

Реакция зрительного нерва на комбинированное воздействие ионизирующей радиации и яркого света

Потапов А.В.

Reaction of visual nerve to combined influence of ionizing of radiation and bright light

Potapov A. V.

Сибирский государственный медицинский университет, г. Томск

© Потапов А.В.

С целью установления характера модифицирующего влияния ионизирующей радиации на изменения зрительного нерва, вызываемые ярким светом, проведены три серии эксперимента. Крысы 1-й группы ($n = 10$) подвергали равномерному облучению люминесцентными лампами ЛБ-40 (3500 лк, 48 ч). Крысы 2-й группы ($n = 20$) подвергали однократному тотальному рентгеновскому облучению в дозах 10 и 15 Гр, а крысы 3-й группы ($n = 20$) — комбинированному воздействию рентгеновского излучения и света в указанных параметрах с интервалом в 1 ч. Забор материала осуществляли сразу после окончания экспериментального воздействия.

Установлено, что изменения зрительного нерва после ионизирующего (10, 15 Гр), светового и комбинированного воздействий проявляются деструкцией органелл, нейротрубочек и нейрофиламентов в осевых цилиндрах и демиелинизирующими изменениями. Количественный анализ показал, что реакции зрительного нерва при воздействии ионизирующей радиации проявляются в основном демиелинизацией оболочки и носят дозовую зависимость. Комбинация изучаемых факторов вызывает синергический эффект, который характеризуется увеличением числа нервных проводников с дегенеративными изменениями осевых цилиндров и миелиновых оболочек.

Ключевые слова: зрительный нерв, свет, рентгеновское излучение.

Aimed at revealing the character of modifying influence of ionizing radiation on damages of visual nerve caused by bright light, three series of the experiment were performed. Rats of the first group ($n = 10$) were subjected to uniform irradiation by LB-40 luminescent lamps (3500 lk, 48 hours). Rats of the second group ($n = 20$) were subjected to unitary total X-ray radiation in a doses of 10 and 15 Gr, and rats of the third group ($n = 20$) were subjected to combined total influence of x-ray radiation and light of abovementioned parameters with an interval of one hour.

The investigation showed that changes in visual nerve after ionizing (10, 15 Gr), light and combined influences are manifested in destruction of organelles, neuro-tubes and neuro-filamentes in axial cylinders and in demyelinating changes. Quantitative analysis showed that reactions of visual nerve caused by the influence of ionizing radiation are resulted mainly in demyelination of eye coat and are doze dependent. Combination of investigated factors causes synergic effect which is characterized by increased number of nervous conductors with degenerative changes of axial cylinders and mielinic coats.

Key words: visual nerve, light, X-ray radiation.

УДК 617.731:616-001.28/29:616-001.14/15

Введение

Изучение условий, при которых свет различной интенсивности способен вызывать дегенеративные изменения в глазу человека и животных, а также исследование механизмов его повреждающего действия чрезвычайно важны в связи с тем, что в клинике и на производстве очень часто возникают ситуации с возможностью развития фотодегенераций [4, 7—9, 11].

В природе организм подвергается многофакторному воздействию. Освоение космоса, развитие атомной промышленности, испытания ядерного оружия и аварии на реакторах атомных станций способны служить причиной комбинированного поражения организма ионизирующей радиацией и светом [1, 2, 5].

Морфологические исследования изменений зрительного нерва при радиационном и световом облуче-

ниях весьма немногочисленны. Известно, что возникающие после нейтронного облучения альтеративные изменения зрительного нерва носят дозовую и временную зависимость, при этом в большей степени касаются глиального компонента (миелиновой оболочки) и в меньшей — осевого цилиндра [3]. В литературе нет сведений, касающихся изменений зрительного нерва при комбинированном воздействии ионизирующей радиации и света.

Цель настоящей работы — установить характер модифицирующего влияния ионизирующей радиации на изменения зрительного нерва, вызываемые ярким светом.

Материал и методы

Эксперименты проведены на 60 беспородных половозрелых белых крысах обоего пола массой 180—200 г. Животных 1-й группы ($n = 10$) в течение 2 сут подвергали равномерному облучению люминесцентными лампами ЛБ-40. Освещенность крыс составила 3 500 лк. Крыс 2-й группы ($n = 20$) подвергали однократному тотальному рентгеновскому облучению в дозах 10 и 15 Гр с помощью аппарата РУМ-17 (Россия), а крыс 3-й группы ($n = 20$) подвергали комбинированному воздействию рентгеновского излучения и света в указанных параметрах с интервалом в 1 ч. Количество животных на каждую экспериментальную точку — 5. В качестве контроля использовали интактных крыс ($n = 10$), содержащихся в условиях искусственного светового режима (12 ч — день, 12 ч — ночь) с интенсивностью дневного освещения 25 лк. Забор материала осуществляли после декапитации сразу по окончании экспериментального воздействия.

Для ультраструктурного анализа центральные участки задней стенки глаза фиксировали в 2,5%-м глютаральдегиде на какодилатном буфере (рН = 7,4). Материал постфиксировали в 2%-м растворе четырехоксида осмия и заливали в эпон. Ультратонкие срезы контрастировали уранилацетатом и цитратом свинца, просматривали и фотографировали в электронном микроскопе JEM-100 CX-II (Япония). В зрительном нерве под электронным микроскопом подсчитывали содержание дегенеративно измененных осевых цилиндров и процент нервных проводников с явлениями очаговой демиелинизации. При проведении статистической обработки результатов использованы методы

описательной статистики (определение среднего значения M и ошибки среднего m), непараметрический критерий Манна—Уитни. Критический уровень значимости p задавался равным 0,05.

Результаты и обсуждение

После окончания светового воздействия в зрительном нерве наблюдались волокна с дезинтегрированным цитоскелетом осевых цилиндров и частично деформированной миелиновой оболочкой. Изменения астроцитов и кровеносных капилляров проявлялись набуханием митохондрий и расширением цистерн эндоплазматической сети.

По окончании воздействия ионизирующей радиации в дозе 10 Гр изучение структуры зрительного нерва выявило, что в осевых цилиндрах содержатся набухшие митохондрии с единичными кристами, а миелиновые оболочки иногда вдаются в аксоплазму, образуя там вакуолеподобные структуры, заполненные электронно-плотным веществом. Небольшая часть олигодендроглиоцитов обеднена органеллами. В волокнистых астроцитах наблюдались отек цитоплазмы и гипертрофия комплекса Гольджи.

После завершения комбинированного воздействия ионизирующей радиации в дозе 10 Гр и высокоинтенсивного света в осевых цилиндрах нервных волокон наблюдался отек митохондрий, а также уменьшение числа нейрофиламентов и нейротрубочек. В миелиновой оболочке местами были видны крупные вакуоли, вызывающие деформацию аксона, который нередко на поперечных сечениях имел неправильную форму. Отростки астроцитов, располагающиеся вблизи очагов демиелинизации, характеризовались низкой электронной плотностью и наличием фагосом, содержащих фрагменты мембран миелина. В капиллярах зрительного нерва после окончания комбинированного облучения выявлялись отек митохондрий, цистерн эндоплазматической сети и увеличение содержания числа микровезикул в цитоплазме эндотелиоцитов.

После окончания воздействия ионизирующей радиации в дозе 15 Гр в осевых цилиндрах, а также в глиальных клетках и эндотелиоцитах кровеносных капилляров зрительного нерва наблюдалась деструкция митохондрий и вакуолизация цитоплазмы. Единичные олигодендроглиоциты подвергались карнопикнотическим нарушениям. Изменения нервных во-

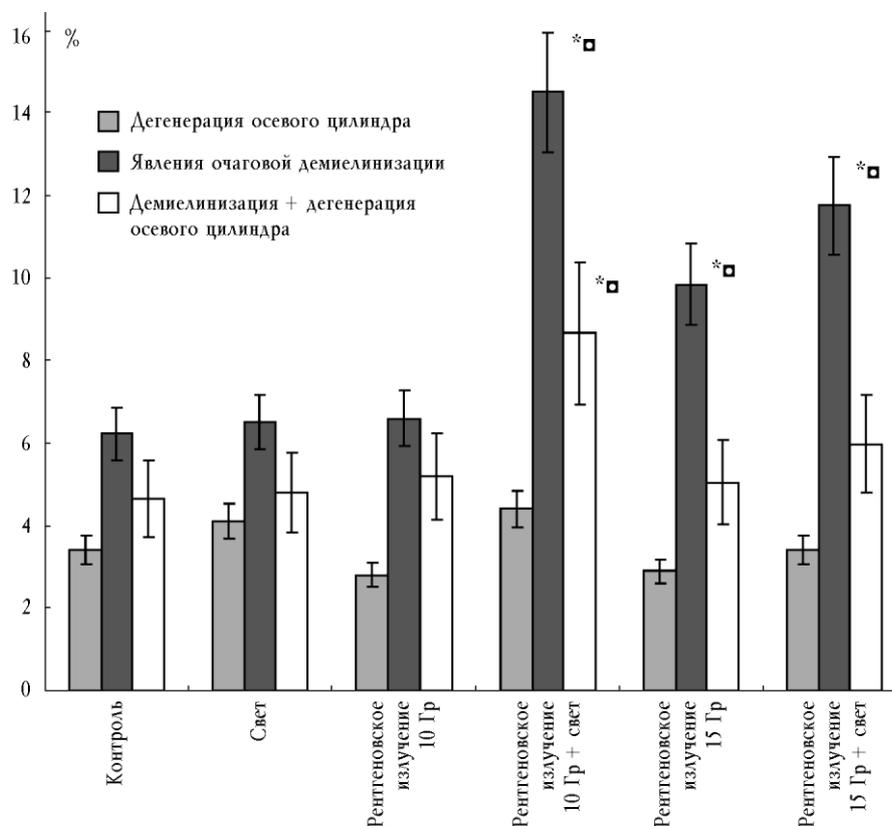
локон заключались в основном в значительном расщеплении миелиновой оболочки по всему диаметру.

После окончания комбинированного воздействия ионизирующей радиации в дозе 15 Гр и высокоинтенсивного света встречались осевые цилиндры, в которых наблюдались деформация или полное отсутствие нейрофиламентов, отек и вакуолизация органелл. В результате интенсивного эндоцитоза миелина в части осевых цилиндров увеличивалось содержание мембранных комплексов и миелиноподобных телец. В цитоплазме олигодендроглиоцитов возрастало количество лизосом и фагосом. Отдельно следует отметить выраженную активизацию лизосомального аппарата в волокнистых астроцитах после окончания комбинированного облучения.

Проведенный количественный анализ показал, что после окончания светового и ионизирующего воздействия в дозе 10 Гр число нервных проводников с дегенеративными изменениями осевых цилиндров и миелиновых оболочек не отличалось от такового в контроле (рисунок) ($p < 0,05$). После окончания комбинированного воздействия ионизирующей радиа-

ции в дозе 10 Гр и высокоинтенсивного света число нервных проводников с дегенеративными изменениями миелиновой оболочки составило ($14,50 \pm 3,42$)% (контроль ($6,21 \pm 1,22$)%), а содержание с дегенеративными изменениями осевых цилиндров и миелиновой оболочки — ($8,66 \pm 2,60$)% (контроль ($4,60 \pm 0,27$)%).

Содержание нервных волокон с дегенеративными изменениями осевых цилиндров после окончания воздействия ионизирующей радиации в дозе 15 Гр достоверно не отличалось от такового при воздействии в дозе 10 Гр ($p < 0,05$). После окончания воздействия ионизирующей радиации в дозе 15 Гр (в 1,6 раза по сравнению с таковым при воздействии в дозе 10 Гр) увеличивалось количество нервных волокон с очаговой демиелинизацией ($p < 0,05$). Не выявлено различий в содержании нервных волокон с дегенеративными изменениями осевых цилиндров и миелиновых оболочек после окончания комбинированного воздействия ионизирующей радиации (10, 15 Гр) и света.



Количественная характеристика изменений зрительного нерва после окончания светового (2 сут, 3 500 лк), ионизирующего (10, 15 Гр) и комбинированного облучения ионизирующей радиацией и светом. Статистически достоверные отличия $p < 0,05$ обозначены при сравнении: * — различных облучений с контролем; ■ — комбинированного и светового воздействий

Заключение

Таким образом, изменения зрительного нерва после ионизирующего (10, 15 Гр), светового (3 500 лк) и комбинированного воздействий проявляются в основном деструкцией органелл, нейротрубочек и нейрофиламентов в осевом цилиндре и демиелинизирующими изменениями. Данные процессы носят неспецифический характер и обнаружены в зрительных нервах крыс с пониженным внутриглазным давлением, содержащихся на бедной марганцем и медью диете [6, 10, 12]. Проведенный количественный анализ показал, что реакции зрительного нерва при воздействии ионизирующей радиации проявляются в основном очаговой демиелинизацией оболочки и носят дозовую зависимость. Комбинация изучаемых факторов вызывает синергический эффект, который проявляется увеличением числа нервных проводников с дегенеративными изменениями осевых цилиндров и миелиновых оболочек.

Литература

1. Василенко И.Я. Радиобиологические проблемы малых доз радиации // Воен.-мед. журн. 1993. № 4. С. 28—32.
2. Котелянская К.Е., Обуховский Г.А. Ангиопатии органа зрения у жителей радиационно пораженных территорий Ровенской области // Офтальмол. журн. 2000. № 5. С. 43—45.
3. Логвинов С.В. Радиация и зрительный анализатор: ней-

- роморфологические аспекты. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. 138 с.
4. Dawson D.G., Edelhauser H.F., Grossniklaus H.E. Long-term histopathologic findings in human corneal wounds after refractive surgical procedures // Am. J. Ophthalmol. 2005. V. 139. № 1. P. 168—178.
5. Demirchoghlian G.G. On the effect of ionizing radiation upon the retina in man and animals // Annu. Rev. Biophys. Biomol. Struct. 2002. V. 31. P. 443—484.
6. Huaqing G., Tsugio A. Optic nerve changes in manganese-deficient rats // Experim. Eye Research. 1999. V. 68. № 3. P. 313—320.
7. Meyer-Rochow V.B. Risks, especially for the eye, emanating from the rise of solar UV-radiation in the Arctic and Antarctic regions // Int. J. Circumpolar Health. 2000. V. 59. № 1. P. 38—51.
8. Michael R., Wegener A. Estimation of safe exposure time from an ophthalmic operating microscope with regard to ultraviolet radiation and blue-light hazards to the eye // J. Opt. Soc. Am. A. Opt. Image Sci. Vis. 2004. V. 21. № 8. P. 1388—1392.
9. Rodriguez-Sains R. Looking at the sun: A danger to the eyes // Prim. Care and Cancer. 2001. V. 21. № 5. P. 34—36.
10. Grozdanic S.D., Kwon Y.H., Sakaguchi D.S. et al. Functional evaluation of retina and optic nerve in the rat model of chronic ocular hypertension // Experim. Eye Research. 2004. V. 79. № 1. P. 75—83.
11. Uhlig C.E., Gerding H. Estimation of safe exposure time from an ophthalmic operating microscope with regard to ultraviolet radiation and blue-light hazards to the eye // J. Opt. Soc. Am. A. Opt. Image. Sci. Vis. 2004. V. 21. № 8. P. 1388—1392.
12. Yoshinori Dake, Tsugio Amemiya. Electron microscopic study of the optic nerve in copper deficient rats // Experimental Eye Research. 1991. V. 52. № 3. P. 277—281.

Поступила в редакцию 14.04.2006 г.