

УДК [575::576.3]:612.014.481.1-092.9

Н. Н. Веялкина¹, Л. А. Беляя², Ю. В. Дворник¹, А. Е. Сусленкова¹

¹Государственное научное учреждение
«Институт радиобиологии НАН Беларуси»
г. Гомель, Республика Беларусь

²Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»
г. Гомель, Республика Беларусь

ЦИТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОБЩЕГО РЕНТГЕНОВСКОГО ОБЛУЧЕНИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Введение

Действие ионизирующего излучения (ИИ) проявляется на всех уровнях биологической организации на уровне макромолекул, клеток, тканей, органов и целостного организма.

В современной радиобиологии повысился интерес к биологическим эффектам вследствие воздействия малых доз радиации [4]. К настоящему моменту взгляд на безопасность малых доз радиации изменился. За время, прошедшее после аварии, появились сотни публикаций, возникли новые журналы и научные общества, которые продолжают обсуждать механизмы и закономерности действия малых доз [2]. Многочисленные исследования в России, Беларуси и Украине показали, что среди облученного населения, ликвидаторов последствий аварии и детей, проживающих на загрязненных территориях, заболеваемость по ряду болезней увеличилась после аварии в несколько раз [3].

Термин «малые дозы» и, соответственно, низкие уровни – довольно условные понятия. Хотя существуют разногласия относительно определения и эффектов малых доз облучения, многие экспериментальные исследования рассматривают дозы от 0,5 Гр и менее как «низкие» [5]. Так же является проблематичным прямой перенос эффектов облучения полученных на лабораторных животных на человека, ввиду разной радиочувствительности организма человека и животных. Тем не менее, экспериментальные модели широко используются для исследования острых и отдаленных эффектов ионизирующего излучения [1].

Цель

Изучить цитогенетические эффекты рентгеновского излучения в низких дозах в эксперименте

Материал и методы исследования

Эксперименты проведены на лабораторных мышах линии С57В1/6 обоего пола в возрасте 2,5–3 месяца. Животных содержали в условиях стационарного вивария Института радиобиологии НАН Беларуси, согласно установленным нормам. Эксперименты выполнялись в соответствии с международными рекомендациями «Европейской конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях».

Мышей подвергали общему однократному, а также фракционированному локальному облучению с помощью рентгеновской установки биологического назначения X-Rad 320 Precision X-ray Inc (напряжение на трубке 320 кВ, сила тока 12,5 мА, мощность дозы 98,8 сГр/мин, фильтр №2 (1,5 мм Al, 0,25 мм Cu, 0,75 мм Sn) расстояние до объекта 50 см). Дозы однократного общего облучения составили 0,5 и 1 Гр, фракционированное локальное облучение проводили пятью равными фракциями в дозе 1 Гр, общая доза об-

лучения составила 5Гр. Локальное облучение грудного отдела животного достигалось экранированием при помощи защитных пластин. Животных выводили из эксперимента на 3-и сутки после облучения на фоне глубокого эфирного наркоза.

Приготовление цитологических препаратов для микроядерного анализа проводили по стандартной методике, и окрашивали красителем Гимза по Романовскому. При помощи светового микроскопа проводили подсчет полихроматофильных эритроцитов (ПХЭ) с микроядрами. Критерием уровня цитогенетического повреждения служит процент ПХЭ костного мозга, содержащих микроядра.

Лимфоциты выделяли из цельной гепаринизированной крови на градиенте плотности HISTORAQUE-1077 (Sigma-Aldrich, США). Кровь, отобранную в объеме 2мл в пробирки с гепарином в качестве антикоагулянта, разводили фосфатно-солевым буфером (ФСБ) в соотношении 1:1 и наслаивали на градиенте плотности HISTORAQUE-1077. Образцы центрифугировали в течение 30 мин при 400g. Слой моноклеаров, содержащий 70-90% лимфоцитов, отбирали с поверхности раздела, дважды отмывали ФСБ центрифугированием в течение 10 мин при 250g.

Уровень ДНК повреждений определяли методом щелочного гель-электрофореза (метод ДНК-комет). Полученные изображения ДНК-комет анализировали с использованием программного обеспечения CometScore. В качестве показателя поврежденности ДНК использовали процентное содержание ДНК в хвосте ДНК-комет.

Статистическую обработку полученного материала проводили с использованием пакета прикладных программ «IBM SPSS Statistics 22». Результаты анализа считались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате эксперимента, было проведено исследование уровня полихроматофильных эритроцитов с микроядрами в костном мозге, уровня повреждения ДНК периферической крови мышей линий С57В1 в норме и после однократного общего облучения рентгеновским излучением в дозах 0,5 и 1,0 Гр, а также фракционированного (пять равных фракций по 1 Гр, общая доза составила 5 Гр) локального облучения грудного отдела мышей.

Уровень полихроматофильных эритроцитов с микроядрами в костном мозге мышей после однократного общего облучения возрастал в зависимости от дозы и составил $0,22 \pm 0,06$ % в контроле, $0,57 \pm 0,19$ % и $1,2 \pm 0,11$ % ($p < 0,05$) при облучении в дозах 0,5 и 1,0 Гр.

При локальном облучении грудного отдела, не смотря на экранирование всего тела животных, передние конечности и грудина частично или полностью оказывались в зоне облучения, что вызывало поражение костного мозга животного. При этом в костном мозге передних конечностей отмечено повышение доли полихроматофильных эритроцитов с микроядрами до $3,4 \pm 0,26$ % ($p < 0,05$).

Исследования показали значимые различия с контролем по уровню фрагментации ДНК в зависимости от дозы облучения животных. Так, у мышей линии С57В1/6 облученных в дозах 0,5, 1,0 Гр наблюдалось значимое повышение содержания уровня повреждения ДНК в лимфоцитах периферической крови по сравнению с контрольной группой $4,88 \pm 0,46$ % и соответственно составило $11,3 \pm 2,87$ % и $14,24 \pm 1,57$ % ($p < 0,05$). Через три дня после фракционированного облучения в дозе 1 Гр 5 раз наблюдали увеличение уровня повреждения ДНК в лимфоцитах периферической крови до $16,91 \pm 6,34$ %.

Заключение

Ионизирующее излучение является чрезвычайно эффективным мощным цитотоксическим фактором. Кроме того, ионизирующее излучение вызывает поражение клеток

и их генетического материала, воздействуя на ДНК, индуцируя структурные aberrации в хромосомах.

Как общее облучение всего организма лабораторных животных, так и локальное облучение отдельных областей тела в дозах, не вызывающих гибели организма, индуцирует значительные эффекты на клеточном и субклеточном уровне. Данные эффекты фиксируются не только в клетках, непосредственно попавших в зону облучения, но и вне ее. Клеточные и субклеточные повреждения, вызванные ионизирующим излучением не проявляются на организменном уровне, но могут являться одним из факторов, влияющих на проявление отдаленных последствий облучения, например канцерогенез.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веселова, М. М.* Воздействие малых доз радиации на организм человека / М. М. Веселова, Д. А. Протасова // Бюллетень Северного государственного медицинского университета. – 2022. – № 1 (47). – С. 13–14.
2. *Гончарова, Р. И.* Генетическая эффективность малых доз ионизирующей радиации при хроническом облучении мелких млекопитающих / Р. И. Гончарова, И. И. Смолич // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2002. – Т. 42, № 6. – С. 654–660.
3. *Ерохин, В. Н.* Спонтанный лейкоз – модель для изучения эффектов малых доз физических и физико-химических воздействий на опухолевый процесс / В. Н. Ерохин, Е. Б. Бурлакова // Радиационная биология. Радиоэкология. – 2003. – Т. 43, № 2. – С. 237–241.
4. *Кострюкова, Н. К.* Биологические эффекты малых доз ионизирующего излучения / Н. К. Кострюкова, В. А. Карпин // Сибирский медицинский журнал. – 2005. – Т. 50. – № 1. – С. 17–22.
5. *Organ-Specific Effects of Low Dose Radiation Exposure: A Comprehensive Review / E. Shin [et al.] // Front Genet.*

УДК 378.6.091-057.875

М. В. Громыко, А. А. Жукова

Учреждение образования

«Гомельский государственный медицинский университет»

г. Гомель, Республика Беларусь

АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНО-ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ВТОРОГО КУРСА МЕДИЦИНСКОГО ВУЗА

Введение

Интенсивное развитие информационных технологий на современном этапе вносит свои коррективы в систему образования, которая претерпевает значительные изменения. Темпы развития информационных и интернет технологий продолжают ускоряться, это неизбежно приводит к возникновению новых способов организации учебно-познавательной деятельности.

Формирование мышления современных студентов происходит в эпоху информационного общества, когда на смену классическим источникам информации, в качестве которых выступали учебники, печатные пособия и лекции, пришли аудиовизуальные, такие как: интернет, современные научные телевизионные программы, аудиокниги, мультимедийные и электронные варианты лекций [1]. В связи с этим существенно изменяется и сам характер воспринимаемой информации. На смену логически структурированному и строго упорядоченному материалу, пришла так называемая клиповая информация, для которой характерна узкая определенность, отрывочность понятий и быстрая смена образов. В результате развивается тенденция формирования у молодежи клипового типа