

водорастворимыми минералами и водорастворимыми витаминами) функционализированной по гендерному, возрастному статусу и т. д. воды со сбалансированным витаминно-минеральным составом.

Литература

1. Безалкогольный напиток (варианты) : пат. RU 2422052 / О.Г. Костин. – Оpubл. 27.06.2011 г.
2. Способ получения биологически активной пищевой добавки : пат. RU 2452242 / С.А. Шеремет. – Оpubл. 10.06.2012 г.
3. Определение содержания витаминов: В(1) (тиаминхлорида), В(2) (рибофлавина), В(3) (пантотеновой кислоты), В(5) (никотиновой кислоты и никотиламида), В(6) (пиридоксина), В(с) (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой кислоты) методом капиллярного электрофореза : ГОСТ 31483-2012. – введ. РФ 07.01.2013. – М. : Изд-во стандартов, 2013. – 14 с.
4. Вода питьевая. Определение содержания элементов методами атомной спектрометрии : ГОСТ 31870-2012. – Взамен ГОСТ Р 51309-99; введ. РФ 01.01.2014. – М. : Изд-во стандартов, 2014. – 27 с.

ОЦЕНКА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Рыжкова В.В.

магистрантка 1 курса магистратуры по специальности «Радиобиология»

Научный руководитель – д-р тех. наук, канд. хим. наук, доцент Литвяк В.В.

Кафедра экологической медицины и радиобиологии
«Международный государственный экологический институт
им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета,
г. Минск, Беларусь

Актуальность. Стремительно растущее использование ионизирующих излучений (ИИ) в медицине для диагностики и терапии рака, в различных областях науки, промышленности и сельского хозяйства приводит к нерегулируемому повышению естественного радиационного фона на Земле, вызываемое радиоактивным загрязнением биосферы. Поэтому особую важность приобретает исследование биологического действия различных видов ИИ. В частности, знание цитогенетического действия излучений разного качества необходимо для эффективного планирования лучевой терапии, решения проблем радиэкологии и радиационной безопасности

работников атомной энергетики, а также космонавтов при планируемых длительных полетах в дальний космос.

Исследование радиационно-индуцированных биологических эффектов (биомаркеров облучения), для соотнесения их с дозой, является основной задачей биодозиметрии. Наиболее распространенными, апробированными и корректными биологическими маркерами облучения, используемыми в биодозиметрии, остаются специфические радиационно-индуцированные цитогенетические нарушения – стабильные и нестабильные аберрации хромосомного типа.

Цель – изучение цитогенетических эффектов действия γ -лучей, протонов терапевтического пучка фазотрона Объединенного института ядерных исследований на входе в объект и протонов в области модифицированного пика Брегга на лимфоциты периферической крови человека *in vitro*.

Материалы и методы. Образцы цельной крови, полученные от здоровых доноров, были облучены ^{60}Co γ -лучами установки РОКУС-М в диапазоне доз от 0,5 до 5 Гр (с мощностью дозы 0,82 Гр/мин), а также протонами терапевтического пучка фазотрона медико-технического комплекса Лаборатории ядерных проблем им. В. П. Дзелепова, ОИЯИ. Часть образцов цельной крови в пробирках была облучена немодифицированным пучком протонов на входе в объект с энергией 150 МэВ, подготовленного для проведения лучевой терапии пациентов. Средняя величина ЛПЭ и мощность дозы в объеме мишени составили 0,57 кэВ/мкм и 0,7 Гр/мин, соответственно. Вторая часть образцов была облучена в пике Брегга, который с помощью гребенчатого фильтра был дополнительно модифицирован с образованием плато, расширенного до 10 мм. Энергия протонов в этом участке варьировала от 30 до 0 МэВ, ЛПЭ от 0,7 до 3,0 кэВ/мкм с максимальным вкладом при значении 1,4 кэВ/мкм. Мощность дозы составила 1,3 Гр/мин. Во всех экспериментах клетки облучали в диапазоне доз от 0,5 до 5 Гр.

Последующие процедуры культивирования и фиксации лимфоцитов периферической крови человека проводили согласно стандартизированному протоколу, рекомендованному МАГАТЭ. Спектр и частоту радиационно-индуцированных хромосомных аберраций нестабильного типа, обнаруживаемых без кариотипирования, оценивали в первом пострadiационном митозе через 48 часов от начала культивирования.

Результаты и обсуждения. Установлено, что общее число возникающих хромосомных aberrаций нелинейно возрастало с увеличением дозы ИИ и характеризуется степенной зависимостью от дозы, приближающейся к линейно-квадратичной.

Как показал статистический анализ достоверности различий с использованием таблиц сопряженности 2x2, выход радиационно-индуцированных хромосомных aberrаций в клетках, облученных в расширенном пике Брегга достоверно выше показателей, полученных при γ -облучении и облучении протонами с энергией 150 МэВ ($\chi^2=4,269$; $p<0,05$).

Полученные данные свидетельствуют об отсутствии существенных различий в повреждающем действии протонов на входе и γ -лучей. В то время как протоны в области модифицированного пика Брегга являются более эффективными по своему повреждающему действию. Оценка ОБЭ протонов терапевтического пучка, проведенная по соотношению доз протонного и γ -излучения при равных уровнях эффектов, показала, что величина ОБЭ протонов исходного пучка на входе в объект близка к $0,97\pm 0,07$ в диапазоне доз 0,5–5 Гр. При действии протонов в области модифицированного пика Брегга в том же дозовом диапазоне ОБЭ составляла в среднем $1,11\pm 0,01$. Относительная биологическая эффективность, рассчитанная с помощью программы SABAS, составила 1,0 для протонов на входе и 1,1 для протонов в пике Брегга. Полученные данные ОБЭ протонов соответствуют результатам, полученным в других исследованиях действия протонов на клетки человека и млекопитающих [1–3].

Тем не менее, полученные значения ОБЭ отражают различия только физических характеристик исследуемого излучения, поскольку результаты были получены на лимфоцитах периферической крови человека, находящихся в стадии G0 клеточного цикла на момент облучения. Реакция неделящихся лимфоцитов на облучение вполне может быть использована для изучения реакции неделящихся клеток нормальных тканей на пути терапевтического пучка протонов до локализованной опухоли. Однако в опухолевой ткани, характеризующейся процессами активного деления клеток, стоит ожидать более высокой радиочувствительности, а соответственно величина ОБЭ протонов в области пика Брегга в облучаемой опухоли может отличаться.

В настоящее время существует большая неопределенность в значении величин ОБЭ для различных тканей, дозы/фракции, энергии и т.д. Экспериментальные данные *in vitro* и *in vivo*, а также клинические результаты, указывают на целесообразность продолжения использования стандартного значения ОБЭ протонов в пике Брегга равного 1,1 [4].

Выводы:

1. При анализе радиационно-индуцированных хромосомных aberrаций в лимфоцитах, был выявлен высокий уровень ХА обменного типа, а именно дицентрических хромосом. Во всех облученных образцах, независимо от типа используемого излучения, дицентрики составляли около 50% от общего числа хромосомных aberrаций.

2. Был выявлен линейный характер дозовой зависимости частоты образования клеток с хромосомными aberrациями при действии γ -лучей и протонов. Линейная зависимость отмечалась в диапазоне доз до 3 Гр при воздействии протонами и γ -лучами т. е. до уровня 70–80% поврежденных клеток. При последующем увеличении дозы облучения происходило отклонение от линейности с выходом на уровень насыщения. Общее число возникающих хромосомных aberrаций нелинейно возрастало с увеличением дозы ИИ и характеризуется степенной зависимостью от дозы, приближающейся к линейно-квадратичной.

3. Оценка ОБЭ протонов терапевтического пучка, проведенная по соотношению доз протонного и γ -излучения при равных уровнях эффектов, показала, что величина ОБЭ протонов исходного пучка на входе в объект близка к $0,97 \pm 0,07$ в диапазоне доз 0,5-5 Гр. При действии протонов в области модифицированного пика Брегга в том же дозовом диапазоне ОБЭ составляла в среднем $1,11 \pm 0,01$.

Таким образом, в ходе исследования было показано, что выход радиационно-индуцированных хромосомных aberrаций в клетках, облученных в расширенном пике Брегга достоверно выше показателей, полученных при γ -облучении и облучении протонами с энергией 150 МэВ ($\chi^2=4,269$; $p<0,05$), что свидетельствует о более эффективном повреждающем действии протонов в области модифицированного пика Брегга.

Литература

1. Quantitative analyses of normal tissue effects in the clinic (QUANTEC): An introduction to the scientific issues / S.M. Bentzen [et al.] // Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys. – 2010. – № 76. – P. 3–9.
2. Rorvik, E. A phenomenological biological dose model for proton therapy based on linear energy transfer spectra / E. Rørvik, S. Thörnqvist, C. Stokkevåg // Med. Phys. – 2017. – Vol. 44. – P. 94–109.
3. Systematics of relative biological effectiveness measurements for proton radiation along the spread-out Bragg peak: experimental validation of the local effect model / R. Grün [et al.] // Phys. Med. Biol. – 2017. – Vol. 62. – P. 890–908.
4. Relative biological effectiveness of therapeutic proton beams for HSG cells at Japanese proton therapy facilities / M. Aoki-Nakano [et al.] // J. Radiat. Res. – 2014. – № 55. – P. 812–815.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СЕЗОННОГО ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ЗАБОЛЕВАНИЯ У СТУДЕНТОВ ГрГМУ

Савко А.И., Юнцевич В.О.

студент 2 курса педиатрического факультета

Кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии

Научный руководитель: старший преподаватель Саросек В.Г.
УО «Гродненский государственный медицинский университет»

Актуальность. Сезонное эмоциональное заболевание (СЭЗ) – сезонное аффективное расстройство настроения, для которого характерна сезонная периодичность возникновения депрессивных эпизодов, возникающее у больных ежегодно приблизительно в одно и то же время. У одной группы людей расстройство протекает в легкой форме и проявляется чрезмерной раздражительностью, нервозностью, суетливостью, угнетенностью настроения и неспособностью «взять себя в руки» [3].

В группу риска входят люди, у которых у близких родственников были зафиксированы эпизоды СЭЗ. Данная патология больше распространена среди населения регионов, в которых продолжительность зимнего дня очень короткая, и количество естественного солнечного света существенно колеблется в разные сезоны. Так у многих людей, проживающих в северных широтах, с сокращением продолжительности светового дня в осенний и