

***ДВУНАПРАВЛЕННЫЙ БИОЛОГИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ
ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ В ОРГАНИЗМЕ
ЧЕЛОВЕКА И ВЫСШИХ ЖИВОТНЫХ***

В настоящее время защита организма человека от вредного влияния ионизирующей радиации стала очень актуальной и одновременно глобальной проблемой. Поэтому полное научно обоснованное освещение биологического действия этих лучей, в том числе и малоинтенсивного ионизирующего излучения на организм человека приобретает особый смысл.

После накопления в науке к 80-м гг. нашего века огромного фактического материала о влиянии ионизирующей радиации на живые организмы были установлены некоторые закономерности ее действия и изучены определенные механизмы биологического поражения. В результате к настоящему времени выкристаллизовалась

Николай Иосифович ДОРОЖКО, кандидат медицинских наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности БГЭУ.

в научных организациях и довольно широко известна в обществе линейно-беспопороговая концепция, согласно которой: 1) ионизирующие излучения вредны и только вредны для биологических объектов; 2) чем меньше доза облучения, тем меньше вред (меньше поражение), но следы вредного действия проникающей радиации всегда остаются, как бы не была мала полученная доза; 3) основные механизмы действия проникающей радиации на живые организмы, выявленные при облучении их большими дозами и имеющие вероятностный характер, справедливы в любом диапазоне доз и позволяют определять вероятность вреда при облучении сколь угодно малой дозой; 4) нижним уровнем вредного действия проникающей радиации на биоту является природный радиоактивный фон (ПРФ).

Эти положения, как отметил Л. Саган в 1987 г., составляют "парадигму" современной радиобиологии. Их разделяет большинство радиобиологов. Они являются базисной основой в работе МКРЗ и других международных организаций.

В соответствии с названной концепцией и с учетом широкого негативного общественного мнения об атомной энергетике в ряде стран ограничиваются или сокращаются ядерно-энергетические мощности. Например, Швеция заявила о своем намерении отказаться от использования существующих у нее АЭС. Прекращено строительство Крымской и пятого энергоблока Курской АЭС. Закрыты готовые к пуску АЭС в Австрии, а также действующие в Армении и т.д. В результате очень прибыльный ядерно-энергетический экспорт в некоторых странах резко сократился, что породило ряд социально-экономических и политических проблем.

Наряду с этим появились твердые однозначные утверждения, что "необходимость развития атомной энергетики в России не требует аргументации. Атомные электростанции нужны" [1, 30—31]. Некоторые ученые заявляют, что существующая парадигма не учитывает большую чувствительность и своеобразие ответной реакции живых организмов на малые воздействия радиационного фактора, к которому биологические объекты адаптировались в процессе эволюции и без всякого вреда используют его для своего осуществления и развития [1, 30—31; 2, 16—21; 3; 4, 116 и др.].

При проведении исследований в лабораториях Франции, СССР, США (в период 1965—1986 гг.) на парамециях, яйцах дрозофилы, простейших, высших и низших растениях и развивающихся крысятах методом наблюдения за делением клеток, ростом организмов было выявлено, что при снижении проникающей радиации (ПРФ) замедляются названные физиологические процессы. Это замедление полностью снималось в тех же экспериментальных условиях при нормальном ПРФ [2, 16—21; 3; 4, 116].

Итак, исследования на различных биологических объектах показали, что воздействие на них ультрамалых доз (ПРФ) стимулирует деление клеток и рост (развитие) исследуемых организмов. Однако термины "стимуляция" и "ускорение процессов развития" нельзя отождествлять с "полезностью" и "безвредностью" и оценивать с точки зрения хозяйственной деятельности или лечебных процедур, поскольку такая оценка может быть далекой от биологической сущности явления. Например, известно, что ультрафиолетовые лучи способны вызывать возбуждение в биомолекулах и, казалось бы, должны оказывать благоприятное влияние на высокоорганизованные биологические объекты, но организм человека защищается от них (загар), а при значительных воздействиях появляются раковые опухоли.

Кванты ионизирующей радиации обладают огромной энергией, химически не связанной с веществом. Они способны не только вызывать возбуждение биомолекул, но и разрушать (разрывать) любую химическую связь в биологических структурах. В организме человека и высших животных ионизирующая энергия не может быть полезно использована, так как названные организмы не обладают механизмами, обеспечивающими усвоение свободной энергии. Следует заметить, что поражающее действие всегда только частично устраняется репаративными и регенеративными процессами, а необратимая часть повреждения при хроническом облучении постепенно накапливается и через определенный скрытый период (в зависимости от радиорезистентности организма и дозы облучения) проявляется определенным патологическим процессом. Известно, что длительность жизни млекопитающих и человека ограничена определенными временными рамками, что стволовые клетки высокоорганизованных биологических объектов способны делиться в обычных условиях 50 раз за время своего существования, а сами упомянутые био-

логические объекты стареют и дряхлеют. В конечном итоге в результате воздействия различных вредных факторов, в том числе и ионизирующих излучений на ткани высших животных и человека прекращается существование последних из-за существенного отклонения в организме гомеостаза и глубокого нарушения гомеостеза [5].

Таким образом, ионизирующая радиация в любой дозе оказывает вредное действие и одновременно стимулирует, ускоряет количественный рост клеток. Поэтому в малых (лечебных) дозах при определенных патологических процессах ионизирующие излучения (например, радоновые ванны) способны оказать лечебное действие (снять болевые ощущения, увеличить проницаемость тканей, воздействовать на регуляторные процессы) и одновременно они же порождают в организме определенную долю необратимого радиационного поражения.

При воздействии большими дозами проникающей радиации преимущественно проявляется деструктивное, поражающее действие их, а в результате хронического малоинтенсивного облучения — стимуляция деления клеток и репаративных процессов, увеличение проницаемости тканей, изменение метаболизма и регулярных реакций и одновременно накопление необратимых патологических отклонений.

Для иллюстрации сказанного можно привести факты, описанные Н.Н. Петровым, который отмечал, что канцерогенное действие солнечных лучей сначала выявленное в 30-х гг. XX в. в Аргентине онкопатологом Роффо, а несколько позже в Сухуми его сотрудниками (А.В. Водовой и Г.В. Ковтуновичем) проверено и подтверждено в лабораторных условиях [14].

Подопытных животных в широкопетлистых проволочных клетках ежедневно в ясные летние дни выносили в сад на солнце на 5 — 6 ч. Через 3 — 4 мес, когда крысы получали от 600 до 950 ч прямого солнечного облучения, клетки с животными переносились на постоянное содержание в лабораторию. Злокачественные опухоли начали появляться только с февраля следующего года по краям орбиты, на кончике носа, на ушах, иногда на хвосте, т.е. на местах, менее покрытых шерстью.

А. Стьюарт в своих исследованиях, начатых в конце 50-х гг. XX в., проанализировав причины смерти 1300 детей, установила, что у малышек, родившихся от женщин, которые были обследованы рентгенологически во время беременности, лейкемия возникала вдвое чаще, чем обычно. Выводы А. Стьюарт были подтверждены результатами направленного исследования доктора Б. Макмаона из Гарварда, из которых стало ясно, что лейкемия и рак у детей могут вызываться дозами в 100 раз меньшими, чем у взрослых. Позже А. Стьюарт собрала дополнительные данные, которые указывают на то, что опасность возникновения лейкемии у ребенка при облучении матери в первые 3 мес. беременности в 16 раз выше, чем в последующие сроки. Э. Дж. Шернласс, известный физик-ядерщик, профессор Питтсбургского университета, основываясь на данных, полученных А. Стьюарт, сделал обобщающий вывод, что доза, эквивалентная годовому облучению естественным радиационным фоном, которую ранее считали безвредной, удваивает риск заболевания различными формами рака. При этом он придает некоторое значение и несовершенству иммунной системы у молодого поколения [6, 16 — 21].

В 1972 г. А. Петко обнаружил, что мембранный аппарат лейкоцитов, которые участвуют в иммунной защите организма, разрушается гораздо быстрее при длительном воздействии на отмеченные выше клетки малыши дозами ионизирующей радиации, чем при кратковременном облучении той же суммарной дозой. Он выявил, что при малоинтенсивном, длительном облучении превалирует не повреждение ДНК в генах, а разрушение мембран в результате свободнорадикального окисления, которое протекает в 1000 раз интенсивнее в этих условиях.

Что касается влияния больших локальных доз ионизирующих излучений на организм человека, то автор данного сообщения, выполняя диссертационную тему: "Защита кровяной функции организма при лучевой терапии злокачественных опухолей" и изучая протекторное действие амитурона и цистамина (1960 — 1962 гг.) у онкологических больных с учетом инструкций, рекомендуемых АМН СССР, выявил определенные процессы в необлучаемом прямокишечном мозге (стернальном пункте).

На взгляд автора, уместным будет рассмотреть пострадиационные изменения в периферической крови и в необлучаемом прямокишечном мозге (стернальном пунктате), которые наблюдались в контрольной группе (20 чел.).

При лабораторном исследовании онкогинекологических больных отмечено, что в периферической крови у них число эритроцитов изменено недостоверно по сравнению с нормой, количество лейкоцитов увеличено за счет численного нарастания сегментоядерных нейтрофилов (на 36,7 %), лимфоцитов (на 20 %), эозинофилов (на 4,6 %), СОЭ ускорена.

Содержание гемоглобина в эритроцитах достоверно ниже нормы, а численность моноцитов и палочкоядерных нейтрофилов снижена (соответственно на 8,3 и 11,1 %).

Исследовав костномозговое кроветворение и приняв за норму данные Г. А. Алексеева [3], можно было отметить, что при раковом поражении матки число миелокарицитов в стернальном пунктате у онкогинекологических больных выявляется в пределах нормальных величин (52 620 + 3168), костномозговой индекс нейтрофилов 0,7 (норма 0,6 — 0,8), эозинофилов — 0,63 (норма 0,7), индекс созревания эритробластов 0,77 (норма 0,8, 0,9). Лейко/эритро соотношение не нарушено (4:1).

Обнаружено несколько увеличенное процентное содержание лимфоцитов (13,1 % при 1,2 — 11,5 %), плазматических и ретикулоэндотелиальных клеток (соответственно 2,0 % при норме 0,1 — 1,0 % и 2,4 % при норме 0,1 — 1,0 %). Обращает на себя внимание существенный правый сдвиг в нейтрофилограммах (1,4) и эозинофилограммах (1,9), что по-видимому, можно связать с ускоренным старением отмеченных клеточных форм.

Таким образом, у онкогинекологических больных основной патологический процесс протекает с некоторым нарушением в гемопоэзе.

Сочетанная лучевая терапия наблюдаемым больным (рак шейки матки II и III ст.) осуществлялась примерно в одинаковых дозах: внешнее облучение на патологический очаг (рентгено- или телегамматерапия) — от И 000 до 14 000 рентген и внутримолочное — в точке *a* от 7000 до 9600 рентген.

У этих же больных микроскопическое исследование показало, что количество миелокарицитов в стернальном пунктате в конце лучевой терапии достоверно увеличивалось по сравнению с исходным содержанием: 101 364 + 11 240 при $P < 0,001$. Это увеличение происходит за счет нарастания абсолютного числа молодых и зрелых костномозговых клеточных элементов. Однако количество молодых форм в лейкобластическом ростке увеличивается в гораздо большей степени, чем зрелых. Результаты исследований показаны в табл. 1.

Таблица 1. Содержание миелокарицитов в стернальном пунктате и величины костномозговых индексов у онкогинекологических больных до и после лучевого лечения

Названия клеточных элементов и клеточномозговых индексов	Величина показателей до лучевого лечения	Величина показателей после лучевого лечения
Незрелые формы нейтрофилов	23,6%	31,6%
Зрелые нейтрофилы	32,5%	26,12%
Костномозговой индекс нейтрофилов	0,72	1,217
Незрелые формы эозинофилов	1,69%	1,14%
Зрелые эозинофилы	2,7%	2,32%
Костномозговой индекс эозинофилов	0,626	0,92
Содержание миелокарицитов в 1 мм ³ стернального пунктата	52 620 + 3168	101 364 + 11 240

Что касается эритробластических форм, то по сравнению с исходным количеством выявлено абсолютное увеличение их числа на 119,9 %; гемоглобиносодержащихся на ПО % и несодержащих гемоглобин на 153,7 %. Лейко/эритро соотношение не изменено. Индекс созревания эритробластов равен 0,739. Кроме того, увеличивается содержание моноцитов на 85 %, плазматических и ретикулярных клеток соответственно 58,5 и 71,4 % и менее всего лимфоцитов — 18,96 %.

Количественные изменения в клеточном составе периферической крови, в содержании гемоглобина в эритроцитах и скорости их оседания (СОЭ) у онкогинекологических больных в конце лучевой терапии представлены в табл. 2.

Таблица 2. Динамика изменений в клеточном составе и некоторых других показателей в периферической крови в процессе лучевой терапии онкопшекологических больных

Название клеточных элементов и других показателей периферической крови	Количественные данные (М + т)	P по сравнению с нормой	P по сравнению с исходным числом
Эритроциты	3 641 000 + 63 230	0,05	0,05
Гемоглобин	11,46 + 0,12 %	0,001	0,02
Лейкоциты	4500 + 198	0,05	0,001
СОЭ	37,7 + 3,5 мм/ч	0,001	0,001
Тромбоциты	186 000 + 10 489		0,02

Таким образом, при локальном облучении патологического очага у онкогинекологических больных большими дозами ионизирующих излучений наряду с разрушением злокачественных клеток в области прямого действия проникающей радиации, в тканях, непосредственно не подвергнутых прямому облучению, наблюдаются процессы, ярко указывающие на стимуляцию деления (размножения) костномозговых клеток, на торможение (задержку) в некоторой степени созревания более молодых элементов и угнетение вымывания зрелых форм в периферическую кровь.

Выводы

1. Экспериментами в лабораториях и исследованиями в клинике определено, что малые и большие дозы ионизирующих излучений оказывают на высших животных и человека двунаправленный эффект: с одной стороны, они повреждают генетический аппарат клеточных элементов, биомембраны и другие организменные структуры, что в конечном итоге вызывает репродуктивную гибель пораженных клеток, порождает появление наследственных нарушений, вызывает сокращение продолжительности жизни, нарушает регуляторно-метаболические процессы, т.е. приводит к патологическому изменению (отклонению) организменного гомеостаза, а с другой стороны — к стимуляции деления (размножения) клеток, увеличению их количества, торможению дифференцировки, сокращению продолжительности их жизни и т.д., т.е. к усилению и некоторому нарушению непрерывного естественного гомеокинеза.

2. Отмечено, что при облучении высших животных и человека с увеличением дозы и мощности лучевого воздействия возрастает поражающий (деструктивный) эффект проникающей радиации и уменьшается стимулирующее биологическое влияние ее. В условиях хронического действия на названные биологические объекты небольших и ультрамалых доз ионизирующих излучений наиболее отчетливо выступает стимулирующий эффект, а необратимая доля радиационного поражения проявляется только через длительный период накопления структурно-функциональных нарушений (отклонений), возникающих в гомеостазе и гомеокинезе пораженных клеток и тканей.

Литература

1. Ярмоненко С.П. Радиационные катастрофы и их последствия // Воен. знания. 1998. № 12.
2. Кузин А.М. Проблема малых доз и идеи гормезиса в радиобиологии. Радиобиология. М., 1991, т. 31, вып. 1.
3. Кузин А.М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. М., 1977.
4. Кузин А.М. Природный радиационный фон и его значение для биосферы Земли. М., 1991.
5. Дорожко Н.И. К вопросу об интегральных организменных процессах // Весшк Беларускага дзяржаўнага эканамічнага ўніверсітэта. Мн., 2000. № 3.
6. Штеркгласс Э. Дж. Введение. В кн. Питание в атомном веке. С. Шеннон. Мн., 1991.