



РАЗВИТИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КУЛЬТУРЫ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Н.И. ДОРОЖКО

К ВОПРОСУ О РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Понятие “ионизирующее излучение” объединяет разные по своей физической природе радиационные факторы (α - и β -частицы, протоны, γ -лучи и т.д.). Общее между ними заключается в том, что они обладают очень высокой энергией и реализуют свое биологическое действие через эффекты ионизации и возбуждения в тканях и клетках облучаемого биологического объекта. В зависимости от принятой дозы, облучаемой площади организма и мощности лучевого воздействия проявляется соответствующая степень поражения (разрушения) организменных структур человека и высших животных и одновременно включается определенный уровень стимуляции метаболических процессов, защитно-приспособительных реакций и в конечном итоге происходит та или другая степень восстановления пораженного, а при большой дозе облучения — смертельный исход (гибель пораженного).

Следует заметить, что в последние десятилетия XX в. ионизирующие и электромагнитные излучения стали широко применяться в различных сферах жизни современного общества, по различным причинам загрязняются радиоактивными веществами обширные территории на нашей планете. Поэтому проблема хронического воздействия не очень высоких и малых доз ионизирующих излучений на биологические объекты является очень актуальной.

Хроническая лучевая болезнь — одна из форм радиационного поражения, которая проявляется в организме человека при воздействии на него суммарных доз ионизирующей радиации в пределах 70–100 бэр и интенсивности излучения на уровне 0,1–0,5 бэр в день (А.К. Гуськова, Г.Д. Байсоголов, С.П. Ярмоленко).

А.К. Гуськова и Г.Д. Байсоголов рассматривают хроническую лучевую болезнь как очерченный, многообразный клинический синдром, для которого характерна сложная динамика проявлений. Они выделяют 2 клинических варианта хронической лучевой болезни, обусловленных: а) равномерным общим облучением; б) преимущественным облучением определенных органов и сегментов тела или избирательным воздействием. Однако в любом случае это патологический процесс всего организма.

Характерными чертами хронической лучевой болезни являются:

- медленное, охватывающее, как правило, годы (реже месяцы), формирование клинического синдрома;
- возможность поражения всех органов и систем (выраженность и сроки развития анатомических и функциональных изменений в органах определяются в основном общим или преимущественно локальным облучением, интенсивностью его суммарной дозы, а также физиологическими особенностями структуры и жизнедеятельности того или иного органа и анатомо-физиологическими особенностями организма);

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

• длительность и волнообразность течения, отражающее собой сочетание нарастающих эффектов повреждения с весьма отчетливыми защитно-приспособительными и восстановительными реакциями. Выраженность последних зависит как от размеров аккумулированной во времени дозы, так и от индивидуальных особенностей отдельных систем и организма в целом. Наиболее существенными из них являются возраст, предшествующая неполноценность того или иного органа или системы, наличие других отягощающих физиологических и патологических факторов (беременность, роды, хронические соматические заболевания).

В течение хронической лучевой болезни можно выделить:

- период формирования заболевания и его проявления;
- период определенного возможного восстановления, проявляющийся чаще всего по прекращении или при выраженном уменьшении интенсивности лучевого воздействия, достигающего приблизительно физиологических величин;
- период отдаленных последствий и исходов.

При исследованиях было определено, что в тканях и органах, имеющих богатый резерв молодых клеток и интенсивно обновляющих свой клеточный состав в физиологических условиях (эпителий кожи, кишечника, кроветворная ткань и др.), уже при относительно небольших суммарных дозах, на повторные лучевые воздействия возникают ранние повреждения некоторой доли незрелых клеточных элементов и изменяется интенсивность митотического деления, что позволяет длительно поддерживать процессы морфологического восстановления. В отличие от названных тканей системы, не содержащие молодых клеточных элементов или весьма ограниченно регенерирующие в физиологических условиях (нервная, сердечно-сосудистая, эндокринная) на хроническое лучевое воздействие, отвечают преимущественно сложным комплексом функциональных сдвигов, длительно маскирующих медленное нарастание дистрофических и дегенеративных изменений в их структуре. Истинные репаративные процессы в этих органах существенно ослаблены или почти невозможны, а восстановление необходимого объема деятельности происходит за счет компенсаторного усиления и перестройки функционирования относительно сохраненных структур.

Таким образом, сочетание признаков повреждения с комплексом репаративных, защитно-приспособительных механизмов и общих рефлекторно-гуморальных сдвигов формирует сложную клиническую картину хронической лучевой болезни.

В ранние сроки основным клиническим синдромом при сравнительно малых дозах облучения являются многообразные нарушения (отклонения), которые наиболее соответствуют синдрому вегетативно-сосудистой дисфункции или нейроциркулярной дистонии. Позднее возникают признаки отчетливой функциональной недостаточности, а затем и структурного поражения органов и систем.

Наиболее типичными для выявляемой хронической лучевой болезни, обусловленной общим облучением организма, являются регионарные нарушения периферического кровообращения в конечностях, коже, реже в головном мозге, что фиксируется специальными методами исследования. Жалобы на боли в костях, чаще ног (остеоалгия), могут быть основными в субъективной картине хронического лучевого заболевания. При исследованиях находят локально пониженное артериальное давление (АД) с явлениями умеренного венозного застоя, гипотонию вен, вовлеченный в реакцию вторично измененный регуляторный (нервный) аппарат.

Нервная система, обладающая сложной структурной и тонкими механизмами для выполнения своих регуляторных функций, отвечает на облучение комплексом сдвигов, свидетельствующих об ее рефлекторном раздражении. Признаки морфологического повреждения определяют только при воздействии весьма высоких доз радиации.

По мере возрастания суммарных доз ионизирующих излучений, а также интенсивности облучения выявляют 3 последовательно развивающихся неврологических синдрома хронической лучевой болезни:

- синдром нарушения нейровисцеральной регуляции;
- астенический синдром;
- синдром органического поражения центральной нервной системы (редко).

В желудочно-кишечном тракте при хронической лучевой болезни постепенно нарастает подавление секретной функции, угнетение ферментативной активности пищеварительных соков и изменение моторики желудка и кишечника. Сравни-

тельно поздно появляются клинические и рентгенологические симптомы гипо- и анацидного гастрита.

Отклонения от нормы в картине периферической крови, а позже и в состоянии кроветворных органов рассматриваются как главные критерии при оценке поражающего действия ионизирующих излучений, длительно влияющих на организм человека. Определено, что во время длительного интенсивного накопления основной доли суммарной лучевой нагрузки в кроветворных органах облученных преобладают деструктивно-некротические процессы над репаративными. Возникает и прогрессирует цитопения, проявляется неполноценность системы крови.

А.К. Гуськова выделяет 4 степени тяжести хронической лучевой болезни от общего воздействия излучений.

Для легкой (первой) степени тяжести характерными являются нерезко выраженные, преимущественно нервно-регуляторные нарушения в деятельности различных органов и систем (особенно сердечно-сосудистой), неустойчивость пульса, склонность к снижению АД, наличие нестойкой умеренной лейкопении и реже тромбоцитопении.

Хроническая лучевая болезнь средней (второй) степени характеризуется существенным увеличением тяжести регуляторных нарушений: появляются признаки отчетливой функциональной недостаточности, особенно пищеварительных желез, сердечно-сосудистой и нервной систем. В кроветворных органах — нерезко выраженное гипопластическое состояние с наличием стойкой умеренной лейкопении и тромбоцитопении. Выявляются изменения в миелине проводящих путей ЦНС с признаками легкой пирамидной и мозжечковой недостаточности, никогда не доходящей до заметных двигательных расстройств. Возникают нерезко выраженные изменения углеводного и белкового обмена.

При тяжелой (третьей) степени хронической лучевой болезни отчетливо выявляются признаки подавления регенеративных возможностей системы крови (существенно преобладают деструктивные процессы в кроветворной ткани, выявляется анемия). Развиваются атрофические процессы в слизистой желудочно-кишечного тракта (гастрит с пониженной кислотностью), дистрофические микроструктурные изменения в более резистентных органах (стенки сосудов, мышца сердца).

Хроническая лучевая болезнь крайне тяжелой (четвертой) степени в настоящее время маловероятна. Характерными для нее являются разнообразные инфекционно-септические осложнения. Отчетливо проявляются клинические признаки синдрома кровоточивости, выражена циркуляторная недостаточность (отеки, одышка), в ряде случаев развивается понос и истощение.

После устранения облучения или при резком (существенном) снижении его интенсивности при радиационных поражениях легкой и средней степени тяжести, а также в некоторой мере и при тяжелых поражениях постепенно включаются восстановительные процессы, в большей мере выраженные в органах и системах, обладающих высокой физиологической регенерацией.

При хронической лучевой болезни, обусловленной местным облучением ограниченного участка тела или определенной группы органов, избирательно накапливающих тот или иной радиоизотоп или подвергающихся внешнему облучению в наибольшей дозе, клиницисты выявляют следующие существенные особенности в патогенезе и клинической картине. В этих случаях в наблюдаемой симптоматике наиболее очевидно проявляются признаки преимущественно местного поражения ограниченных участков тела, отдельных органов или структур, получивших название “критических”, при слабом развитии и малой выраженности общих рефлекторно-гуморальных сдвигов.

Как и для первого варианта хронической лучевой болезни, А.К. Гуськова и Г.Д. Байсоголов выделяют несколько степеней тяжести поражения человека.

При хронической лучевой болезни легкой степени у больных находят незначительные изменения в структуре критического органа, определяемые уже рентгенологически (пневмосклероз I степени, умеренные явления остеопороза), либо функциональные нарушения, выявляемые клинико-лабораторными исследованиями с применением определенных нагрузок.

Хроническая лучевая болезнь средней (II степени) тяжести проявляется отчетливым клиническим синдромом поражения того или другого критического органа при посредственной функциональной компенсации или даже легкой недостаточности его деятельности (пневмосклероз II степени, с незначительной 0–1 степенью легочной недостаточности).

Для хронической лучевой болезни тяжелой (III) степени характерны грубые и прогрессирующие изменения в структуре основных критических или подвергшихся наибольшему облучению органах. Наряду с функциональной недостаточностью пораженного органа в тяжелых случаях проявляется комплекс вторичных патологических изменений со стороны других органов и систем (“легочное сердце” при лучевом пневмосклерозе, вторичный нейроанемический синдром при гипопластической анемии, обусловленной воздействием радиоактивных веществ и т.д.).

В настоящее время накоплен огромный фактический материал по влиянию ионизирующей радиации, в том числе и малых доз ее (меньше 0,5 Зв) на различные биологические объекты. Разработана, используется в практике и довольно широко известна линейно-беспороговая концепция, согласно которой:

1) ионизирующие излучения вредны и только вредны в целом для биологического объекта;

2) чем меньше доза облучения, тем меньше вред (меньше повреждение), но следы вредного действия проникающей радиации всегда остаются, как бы не была мала полученная доза;

3) основные механизмы действия проникающей радиации на живые биологические объекты, выявляемые при облучении большими дозами и имеющие вероятностный характер, справедливы в любом диапазоне доз и позволяют определять вероятность вреда при облучении живых существ сколь угодно малой дозой;

4) нижним уровнем вредного действия ионизирующей радиации на биоту является природный радиационный фон (ПРФ).

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

Мы еще крайне недостаточно знаем о комплексном повреждающем действии ионизирующих излучений (α - и β -частиц и γ -лучей), радионуклидов совместно с другими вредными (повреждающими) факторами. Например, академик Е.Ф. Конопля в “Экологическом вестнике” (1994. № 40) подчеркнул, что, по имеющимся данным, при действии гамма-облучения и нитросоединений пагубное влияние радиации на организм может возрастать в 6 и более раз. Попутно он отметил, что известные радиационные последствия катастрофы на Чернобыльской АЭС обусловлены нарушением функций важнейших систем организма, что очень важно выполнять Государственную программу для преодоления этих биологических последствий и добиться в республике такой экологической ситуации, чтобы люди, живущие на нашей территории, получали не более предельно допустимой дозы облучения (один миллизиверт в год).

Необходимо также обратить внимание на то, что, как было установлено в трех лабораториях (Франция, СССР, США) в период с 1965 по 1986 гг. на биологических объектах (парамеции, яйца дрозофилы, простейшие, высшие и низшие растения, крысята), воздействие небольших и ультрамалых доз ионизирующей радиации (природный радиационный фон) способно стимулировать деление клеток и рост исследуемых объектов (А.М. Кузин). Наряду с этим известно, что кванты ионизирующей радиации обладают огромной энергией, которая самопроизвольно освобождается и способна разрушать любую химическую связь в биологических структурах. В организме человека и высших животных отсутствуют механизмы, которые могли бы обеспечить постепенное использование этой энергии. Она оказывает разрушающее действие, которое в дальнейшем в определенной степени устраняется репаративными процессами, а необратимая часть поражения при хроническом облучении постепенно накапливается и через определенный скрытый период (в зависимости от радиорезистентности организма и дозы облучения) проявляется определенным патологическим процессом. Кроме того, известно, что длительность жизни человека и млекопитающих ограничена определенными временными рамками, что стволовые клетки высокоорганизованных биологических объектов способны делиться в обычных условиях 50 раз за время своего существования (американские ученые), а сами названные биологические объекты стареют и дряхлеют. По мнению автора статьи, в конечном итоге они в результате влияния различных вредных факторов и привычек и особенно поражающего действия ионизирующих излучений на ткани и организм в целом приводят к смертельному исходу человека и высших животных в результате существенного отклонения в организме гомеостаза и глубокого нарушения гомеостатического процесса.

Итак, тонизирующие излучения в любой дозе вызывают в организме человека и высших животных двунаправленный биологический эффект: при воздействии большими дозами проникающей радиации преимущественно и на первом плане проявляется вредное (деструктивное, поражающее действие их, а в результате хронического малоинтенсивного облучения — стимуляция деления клеток и репаративных процессов, увеличение проницаемости тканей, изменение метаболизма и регуляторных реакций и одновременно накопление необратимых патологических отклонений.

Что касается влияния больших локальных доз ионизирующих излучений на организм человека, то автор статьи, выполняя диссертационную тему “Защита кроветворной функции организма при лучевой терапии злокачественных опухолей” и проводивший клинические испытания амитурона и цистамина в 1960—1962 гг. с учетом инструкций, рекомендуемых АМН СССР, выявил (контрольная группа больных, рак шейки матки II и III степени — внешнее облучение на патологический очаг — рентгено- или гамма-терапия от 11 000 до 14 000 Р и внутриполостное облучение в точке А от 7000 до 9600 Р), что при указанных условиях облучения у больных наряду с полным разрушением злокачественных клеток в области прямого действия ионизирующих излучений в тканях, непосредственно не подвергнутой прямому облучению (стернальный пунктат), наблюдаются процессы, ярко указывающие на стимуляцию деления (размножения) костномозговых клеток, на торможение (задержку) в некоторой степени созревания более молодых элементов и угнетение, вымывание зрелых форм в периферическую кровь.

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 рентгенологически были обследованы во время беременности, т.е. получили совместно с зародышем воздействие малых доз ионизирующих излучений, лейкемия возникала вдвое чаще, чем обычно. Выводы А. Стьюарт были подтверждены результатами направленного исследования доктора Брайана Макмаона из Гарварда, из которых стало совершенно ясно, что лейкемия и рак у детей могут вызываться дозами в 100 раз меньшими, чем для взрослых. Позже А. Стьюарт собрала дополнительные данные, которые указывают на то, что опасность возникновения лейкемии у ребенка при облучении матери в первые 3 месяца беременности в 16 раз выше, чем в последующие сроки.

Э.Дж. Штернгласс, известный физик-ядерщик, профессор Питтсбургского университета, опираясь на данные, полученные 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 значение и несовершенству иммунной системы молодого поколения.

Далее, А. Петко в 1972 г. обнаружил, что мембранный аппарат лейкоцитов, которые, как известно, участвуют в иммунной защите организма, разрушается гораздо быстрее при длительном воздействии на отмеченные выше клетки крови малыми 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 клеточных мембран в результате свободнорадикального окисления, которое протекает в 1000 раз интенсивнее в этих условиях.

Итак, наблюдения показывают, что действие малых доз ионизирующих излучений, скрыто и коварно влияющее на клеточные структуры в период внутриутробного развития плода, часто проявляется в постнатальном периоде тяжелейшими заболеваниями человека (лейкозы, раковые опухоли различных локализаций и т.д.).

Характер отдаленных последствий радиационного воздействия на организм человека во всех случаях, как отмечают А.К. Гуськова и Г.Д. Байсоголов, определяется местной и общей полученной дозой ионизирующих излучений, т.е. тяжестью поражения в период формирования синдрома, а также во многом зависит от клинко-физиологических особенностей облученных органов и организменных структур. По их данным ионизирующие излучения могут вызывать:

1) очаговую гипоплазию в участках наиболее тяжелого повреждения кроветворной ткани и там же относительную пролиферацию стромы костного мозга или лимфатического узла;

2) гиперплазию и активацию регенеративных процессов в участках, подвергшихся относительно меньшему воздействию;

3) повреждения хромосомного аппарата клеток крови, передаваемые последующим поколениям клеточных элементов, что в отдаленном периоде, возможно, имеет существенное значение в патогенезе лейкозов.

Выявлено, что частота лейкемии в Хиросиме до 1962 г. была в 2 с лишним раза выше, чем у необлученного населения, что у облученных преобладали острые формы заболевания над хроническими, что максимальная заболеваемость наблюдалась через 6–8 лет после радиационного облучения. При этом отмечено, что более подвержены лейкозу люди, которые в момент облучения были в детском или подростковом возрасте. Доказана, как подчеркивают А.К. Гуськова и Г.Д. Байсоголов, большая частота мертворождений, уродов и некоторого отставания в развитии детей, подвергшихся влиянию радиационного фактора в антенатальном периоде. Широко известны регионарные изменения сосудов, особенно капилляров, и симптомы нарушения кровообращения в ограниченных участках тела, на которые раньше воздействовали относительно высокие дозы ионизирующих излучений, т.е. проявляются синдромы недостаточности регионарного кровообращения.

Кроме того, с влиянием радиационного облучения связывают сокращение продолжительности жизни человека и высших животных, возникновение злокачественных опухолей практически во всех органах, но наиболее часто новообразования возникают на коже и в яичниках.

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

Замечено, что при облучении человека и высших животных с увеличением дозы и мощности лучевого воздействия возрастает поражающий (деструктивный) эффект ионизирующей 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

- Гуськова А.К. Радиация и здоровье. М., 1966. С. 48.
 Гуськова А.К., Байсоголов Г.Д. Лучевая болезнь человека. М., 1971. С. 384.
 Дорожко Н.И. Клиническое применение цистамина для предупреждения поражения кроветворных органов при сочетанной лучевой терапии рака матки: Тез. докл. БГИДУВ. Мн., 1961. С. 75–76.
 Дорожко Н.И. Применение цистамина для предупреждения повреждений кроветворных органов при лучевой терапии: Тез. докл. VIII республик. конф. по переливанию крови. Мн., 1962. С. 12–13.
 Дорожко Н.И. К вопросу об интегральных организменных процессах // Вестн. БГЭУ. 2000. № 3. С. 74–78.
 Дорожко Н.И. Двунаправленный биологический эффект ионизирующих излучений в организме человека и высших животных // Вестн. БГЭУ. 2000. № 5. С. 88–92.
 Кузин А.М. Проблема малых доз и идеи гормезиса в радиобиологии. М., 1991. Вып. 1. Т. 31. С. 16–21.
 Кузин А.М. Стимулирующее действие ионизирующего излучения на биологические процессы. М., 1977.
 Кузин А.М. Природный радиационный фон и его значение для биосферы Земли. М., 1991. С. 116.
 Штернгласс Э.Дж. Введение. В кн. "Питание в атомном веке", написанной С. Шеннон. Мн., 1991. С. 13–21.
 Ярмоленко С.П. Радиобиология человека и животных. М., 1977. С. 368.