

1. РАДИОБИОЛОГИЯ

Радиобиология – наука о действии всех видов ионизирующих излучений на организмы и их сообщества. Изыскивает различные средства защиты организма от излучения и путей его пострадиационного восстановления от повреждений, прогнозированием опасности для человечества повышения уровня радиации окружающей среды, поиском новых путей использования ионизирующих излучений в медицине, в сельском хозяйстве, пищевой и микробиологической промышленности. Заложена в 1-ой половине 20 в.

Закономерности биологического действия ионизирующих излучений используются для обоснования мероприятий по обеспечению радиационной безопасности и разработки средств медицинской защиты при лучевых поражениях. Радиобиологические данные - основа для регламентации радиационных воздействий при использовании источников ионизирующих излучений в науке, в медицине, технике, сельском хозяйстве и т.п. Эти аспекты входят в компетенцию смежной научной дисциплины – *радиационной гигиены*.

Для радиобиологических исследований характерен подход, заключающийся в последовательном изучении процессов на всех уровнях биологической организации от молекулярного до организменного, строгом количественном анализе полученных материалов. Исследователь имеет возможность воздействовать излучением как на всю глубину биологического объекта, так и строго локально. Все это определяет высокую надежность и информативность сведений, получаемых радиобиологическими методами.

Существуют три основные области применения радиобиологии :

- 1) защита от вредных эффектов облучения;
- 2) совершенствование методов лучевой терапии;
- 3) радиобиологические методы как инструмент познания общебиологических закономерностей.

1.1. Немного истории

Парацельс в 1567 описал заболевание горняков («Шнеебергская легочная болезнь»), которое позднее было идентифицировано как рак легких. Заболевание шахтеров оказалось связанным с воздействием ионизирующих излучений радиоактивного газа радона и короткоживущих продуктов его распада, накапливающихся в воздухе плохо вентилируемых шахт. В конце 19-го века были открыто рентгеновское излучение (1895) и явление радиоактивности (1896). В последующем изучение свойств рентгеновых лучей и излучений радиоактивных элементов проводилось параллельно. В 1896 И.Р.Тарханов опубликовал полученные им в опытах на лягушках и насекомых данные, свидетельствующие об отчетливом действии ионизирующих излучений на центральную нервную систему и на развитие животных. Он писал: «... влияние лучей должно распространяться и на обмен веществ в сложных организмах, а отсюда и на ход всех функций». И.Р.Тарханов первый сформулировал идею рентгенотерапии: «Х-лучи могут служить не только для фотографирования и для диагноза, но и для воздействия на организм. И мы не удивимся, если в недалеком будущем лучами этими будут пользоваться с лечебной целью». Скоро лучевая терапия заняла ведущее положение среди методов лечения злокачественных новообразований. Одновременно появились сообщения о патогенных свойствах ионизирующих излучений: в 1896 – о дерматитах у лиц, подвергавшихся частому облучению, а в 1902 – о лучевом раке кожи. Так, в 1895 году помощник Рентгена В. Груббе получил радиационный ожог рук при работе с рентгеновскими лучами, а французский ученый А. Беккерель, открывший радиоактивность, получил сильный ожог кожи от излучения радия. В 1903 Е.С.Лондон обнаружил возникновение летальных исходов у мышей под влиянием воздействия на них ионизирующего излучения, а Г. Хейнке обнаружил опустошение кроветворной ткани у животных, погибших в результате облучения. В 1907 было уже 7 случаев смерти от ионизирующей радиации.

Датой рождения радиационной генетики принято считать 1927 год, когда появилась публикация работы Германа Меллера, в которой показано, что рентгеновские лучи вызывают повышенную частоту появления мутантных потомков у дрозофил, родителей которых подвергали облучению. С тех пор ионизирующая радиация стала одним из основных инструментов исследования механизмов действия мутагенных факторов на клетки и целостные организмы, используя который, биологи пытались решить широкий круг проблем - от изучения воздействия излучений на растворы биополимеров до влияния радиации на эволюцию биосферы.

До 1945 исследования были направлены на разработку методов лучевой терапии, а также на выяснение характера вредного действия облучения на профессионалов и обоснование защитных мероприятий. В 1945 впервые применено ядерное оружие: при бомбардировке Хиросимы и Нагасаки погибло 200 тыс. человек. Массовый характер и особенности нового вида поражений человека обусловили необходимость изучения эффектов общего облучения в смертельных дозах и патологических процессов, возникающих в результате действия радиации. Разработка средств и методов диагностики, профилактики и лечения острой лучевой болезни и комбинированных радиационных поражений стали приоритетными практическими задачами радиобиологических исследований с конца сороковых годов. В процессе клинического наблюдения за пострадавшими при авариях ядерных энергетических установок и оказания им медицинской помощи изучены особенности течения различных форм лучевых поражений у человека,

апробированы результаты экспериментальных разработок средств их лечения и разработаны принципы диагностических и лечебных мероприятий, в том числе и на случай возникновения массовых санитарных потерь. Авария на Чернобыльской АЭС показала, что и в мирных условиях возможны радиационные инциденты с тяжелыми последствиями. Тогда же появился целый ряд крупномасштабных проблем, связанных с медицинским обеспечением ликвидации последствий аварии, с радиоактивным загрязнением больших территорий. Одновременно последствия Чернобыльского инцидента показали значимость проблем, связанных с воздействием сравнительно малых доз облучения. Недостаточно разработанными оказались вопросы совместного длительного воздействия внешнего и внутреннего облучения в малых дозах, комбинированного действия малых доз излучения и вредных токсикантов, сочетания с воздействием психологического стресса и др. Открытой оказалась проблема применения средств, способных снизить эффекты длительного воздействия радиации в малых дозах.

1.2. Некоторые понятия и термины

Ионизирующее воздействие фотонов (рентгеновское и гамма-излучение) на биологический материал опосредованно: сами по себе они не могут химически или биологически повредить клетку. Фотоны взаимодействуют с атомами или молекулами, например, с молекулами воды, что приводит к образованию высокоактивных короткоживущих свободных радикалов, которые проникают в критические структуры клетки, такие как ДНК и, возможно, мембраны, и разрушают химические связи.

Чувствительность разных биологических материалов к действию ионизирующего излучения существенно различно.

Радиочувствительность и **радиорезистентность** – понятия, характеризующие степень чувствительности животных и растительных организмов, а также их клеток и тканей к воздействию ионизирующих излучений. Чем больше возникает изменений в ткани под влиянием радиации, тем ткань более радиочувствительна, и, наоборот, способность организмов или отдельных тканей не давать патологических изменений при действии ионизирующих излучений характеризует степень их радиорезистентности, т.е. устойчивости к радиации.

Разные биологические виды, организмы в целом, различные органы и ткани всех растительных и животных организмов обладают разной радиочувствительностью. Наибольшей радиочувствительностью у человека обладают половые клетки (сперматозоиды и яйцеклетки) и белые кровяные тельца (лейкоциты). Очень чувствительны к действию ионизирующей радиации костный мозг, селезенка и лимфатические узлы, т.е. органы кроветворения. Весьма чувствителен также эпителий желудочно-кишечного тракта. Изучение деятельности физиологических систем, в частности, нервной, показало высокую чувствительность центральной нервной системы к действию даже малых доз радиации на организм. Костная и мышечная ткани являются наименее чувствительными к действию ионизирующей радиации, т.е. они наиболее радиорезистентны.

Клеточная радиочувствительность - интегральная характеристика клетки, определяющая вероятность ее гибели после радиационного воздействия.

Повреждающее действие ионизирующих излучений на биообъекты носит дозозависимый характер. Построение графиков типа «доза-эффект» позволяет сравнивать радиочувствительность биообъектов, сопоставить дозы излучения, вызывающие в них равные по величине эффекты, а также оценить способности некоторых веществ («радиомодификаторов») изменять радиочувствительность биологических объектов. В качестве основного показателя радиомодифицирующей эффективности вещества используют отношение доз излучения, вызывающих один и тот же эффект в биообъекте в присутствии и в отсутствии радиомодификатора. Такой показатель получил название *фактора изменения дозы* (сокращенно – *ФИД*).

$$\text{Например: ФИД} = \frac{\text{СД}_{50} \text{ с радиопротектором}}{\text{СД}_{50} \text{ без радиопротектора}}$$

Радиочувствительность клеток зависит от их физиологического состояния; при усилении функциональной активности повышается радиочувствительность. Быстро размножающиеся клетки млекопитающих проходят четыре стадии цикла: митоз, I промежуточный период (G1), синтез ДНК и II промежуточный период (G2). Наиболее чувствительны к облучению клетки в фазах митоза и G2 (которая непосредственно предшествует митозу). У клеток, находящихся в начальной стадии усиленного деления, радиочувствительность резко возрастает. На этом основан принцип лучевого лечения злокачественных опухолей. Максимальная резистентность к радиации наблюдается в период синтеза ДНК. Среди зрелых форм клеточных элементов радиочувствительность тем меньше, чем больше срок жизни клеточного элемента (т.е. чем он старше).

К остро-реагирующим тканям относятся: кожа, слизистая оболочка кишечника, тромбоциты и лейкоциты. Развитие поздней реакции наблюдается в период от нескольких месяцев до года, такая реакция свойственна костям, костному и спинному мозгу, таким внутренним органам, как легкие, печень, почки, молочная железа и половые железы. В коже возникает фиброз.