



ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
медицинский университет»
Министерства здравоохранения РФ

Кафедра мобилизационной подготовки
здравоохранения
и медицины катастроф

Поражения в результате внутреннего радиоактивного заражения

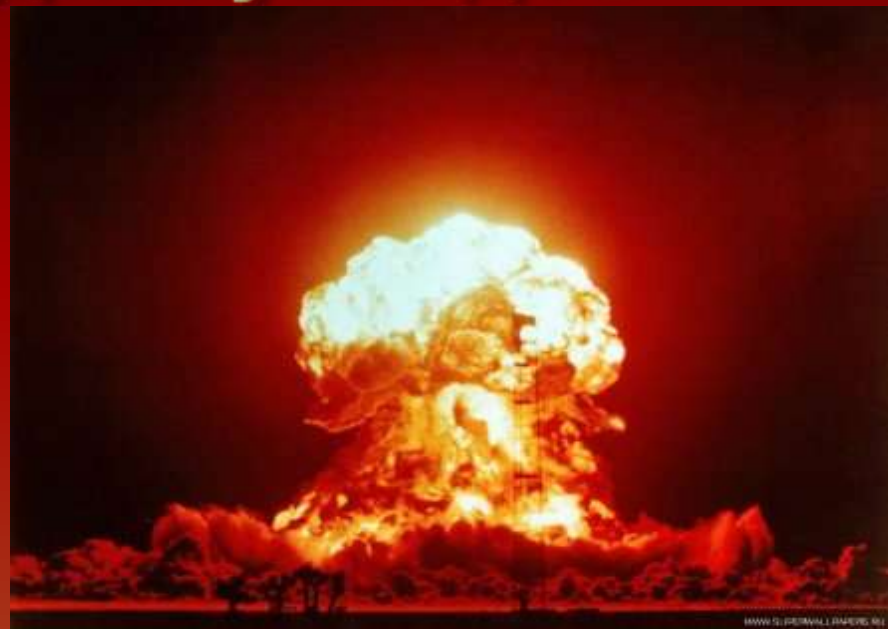
Профессор, д.м.н. С.Н. Линченко



Источники радионуклидов



Ядерные энергетические установки на АЭС



Поражающие факторы ядерного взрыва



Радиоизотопная диагностика и терапия в медицине

Радиоактивность (от лат. *radio* — излучаю, *radius* — луч и *acti-vus* — действенный) — самопроизвольное (спонтанное) превращение неустойчивого изотопа химического элемента в другой изотоп (обычно — изотоп другого элемента). Сущность явления радиоактивности состоит в самопроизвольном изменении состава атомного ядра, находящегося в основном (стабильном) состоянии либо в возбужденном долгоживущем (метастабильном) состоянии.

ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

- ▣ способность к радиоактивному распаду изотопов, существующих в природных условиях

ИСКУССТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

- ▣ радиоактивный распад изотопов, получаемых в результате ядерных реакций

Из общего числа известных радиоактивных веществ (более 2000) лишь около 300 являются природными изотопами, а остальные получены искусственным путем в результате ядерных реакций.

Преобразования радиоактивных веществ сопровождаются **радиоактивным распадом** с испусканием ядрами элементарных частиц либо других ядер, например ядер ${}^2\text{He}$ (α - частиц).

Четыре типа радиоактивного распада:

α -распад

β - распад

спонтанное деление атомных ядер

протонный распад

Продолжительность жизни радиоактивных ядер характеризуют *периодом полураспада* ($T_{1/2}$) — промежутком времени, на протяжении которого число радиоактивных ядер уменьшается в среднем вдвое

$$T_{1/2} = 0,693 \cdot \tau = 0,693/\lambda,$$

где τ — среднее время жизни радиоактивного ядра;

λ — постоянная радиоактивного распада.

λ (лямбда) - характеризует вероятность распада в единицу времени и показывает, какая доля от общего числа атомов изотопа в источнике распадается каждую секунду

Снижение концентрации радионуклида в органе (или организме) после однократного его поступления зависит не только от процессов радиоактивного распада изотопа, но и от интенсивности его **биологического выведения**. Время, за которое из органа выводится половина содержавшегося в нем количества радионуклида, получило наименование *периода биологического полувыведения* ($T_{биол}$).

Однако более важное практическое значение имеет знание *эффективного периода полувыведения* ($T_{эфф}$) — показателя, учитывающего уменьшение содержания радионуклида в органе за счет совместного влияния как радиоактивного распада конкретного изотопа ($T_{1/2}$), так и его биологического выведения:

$$T_{эфф} = T_{1/2} \cdot T_{биол} / (T_{1/2} + T_{биол})$$

Классификация радионуклидов по органотропности

▣ - радионуклиды, избирательно откладывающиеся в костях (остеотропные)

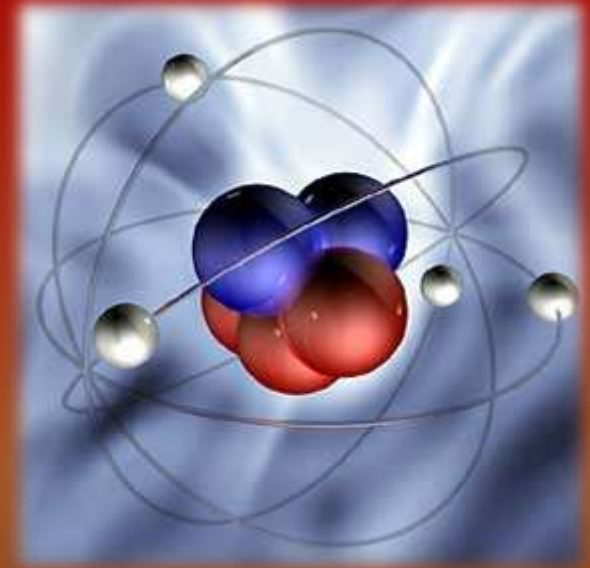
- Это щелочноземельные элементы: *радий, стронций, барий, кальций*. Остеотропность проявляют некоторые *соединения плутония*. Поражения характеризуются изменениями, прежде всего, в кроветворной и костной системах.
- В **начальные сроки** после массивных поступлений патологический процесс может напоминать острую лучевую болезнь от внешнего облучения. В более **поздние сроки**, в том числе и после инкорпорации сравнительно небольших активностей, обнаруживаются костные опухоли, лейкозы



Классификация радионуклидов по органотропности

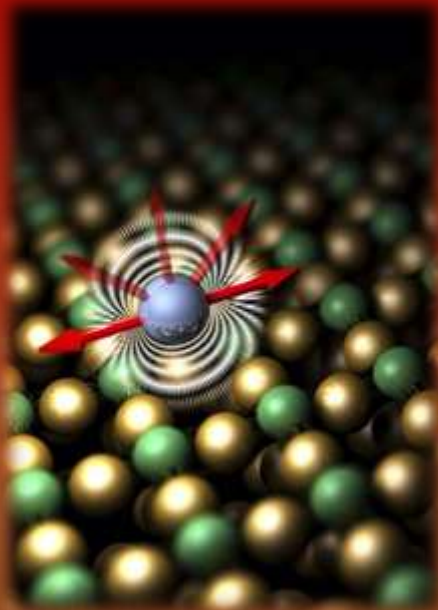
▣ - радионуклиды, избирательно накапливающиеся в органах, богатых элементами ретикулоэндотелиальной системы (**Гепатотропные**)

- Это изотопы редкоземельных элементов: *лантана, церия, прометия, празеодима, а также актиний, торий*, некоторые соединения *плутония*.
- При их поступлении наблюдаются поражения печени, проксимальных отделов кишки (эти элементы, выделяясь с желчью, реабсорбируются в кишечнике и поэтому могут неоднократно контактировать со слизистой тонкой кишки).
- В более поздние сроки наблюдаются циррозы, опухоли печени. Могут проявиться также опухоли скелета, желез внутренней секреции и другой локализации



Классификация радионуклидов по органотропности

▣ - радионуклиды, равномерно распределяющиеся по организму



- Это изотопы щелочных металлов: *цезия, калия, натрия, рубидия; изотопы водорода, углерода, азота, полония.*
- Поражения носят диффузный характер: атрофия лимфоидной ткани, в том числе селезенки, атрофия семенников, нарушения функции мышц (при поступлении радиоактивного цезия).
- В поздние сроки наблюдаются опухоли мягких тканей: молочных желез, кишечника, почек и т.п.

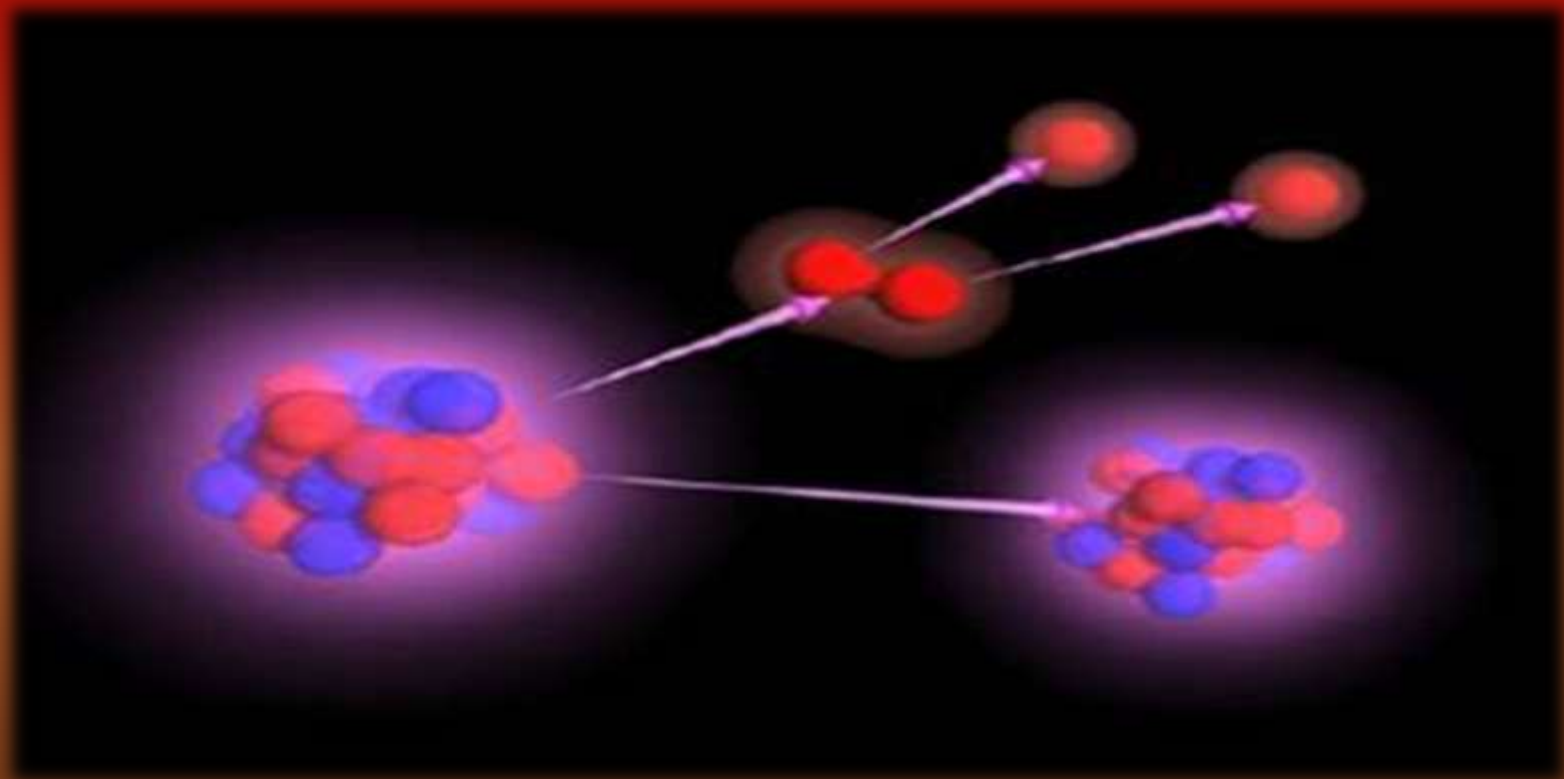
Классификация радионуклидов по органотропности

- ▣ - в отдельную группу выделяют **радиоактивные изотопы йода**, избирательно накапливающиеся в щитовидной железе. При их поступлении в большом количестве вначале наблюдается стимуляция, а позже угнетение функции щитовидной железы. В поздние сроки развиваются опухоли этого органа;
- ▣ - **плохо резорбирующиеся радионуклиды** являются причиной возникновения местных процессов, локализующихся в зависимости от путей поступления РВ.
- ▣ В зависимости от физико-химической формы соединения, в состав которого входит радионуклид, особенно от его растворимости, в роли **критических** могут выступать разные органы. Так, при **ингаляционном поступлении** нерастворимых соединений элементов из группы остеотропных или равномерно распределяющихся по телу **критическим органом оказываются легкие**. В разные сроки после поступления радионуклида в организм распределение его по органам может быть различным, т.е. роль критических могут выполнять различные органы.

ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ПОРАЖЕНИЯ АКТИВНОСТИ ИНКОРПОРИРОВАННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИХ ПРЕБЫВАНИЯ В ОРГАНИЗМЕ

- ▣ Характер патологического процесса при внутреннем заражении РВ существенно зависит от **количества поступившей активности и времени пребывания** ее в организме.
- ▣ Темп накопления поглощенной дозы определяется как **режимом поступления** радионуклида (однократное, длительное), так и **периодом эффективного полувыведения**.
- ▣ Если инкорпорация радионуклидов произошла в количествах, обеспечивающих накопление в течение короткого срока (несколько дней) среднетканевой дозы, эквивалентной 1 Гр гамма облучения и выше, развивается **острое лучевое поражение**.

ПОРАЖЕНИЯ ПРИ ИНКОРПОРАЦИИ НЕКОТОРЫХ РАДИОНУКЛИДОВ



Цезий-137, цезий-134 (^{137}Cs , ^{134}Cs)

- ▣ **^{137}Cs - смешанный β, γ - излучатель** с периодом полураспада около 30 лет. Максимальная энергия β -частиц составляет 0,51 МэВ; энергия γ -квантов - 0,662 МэВ. Основное количество ^{137}Cs поступает в организм человека с пищей, до 25% - через органы дыхания.
- ▣ Большинство солей цезия хорошо растворимы, и поэтому всасывание их из легких и желудочно-кишечного тракта осуществляется быстро и практически полностью. Распределение в организме ^{137}Cs сравнительно равномерное. До 50 % этого радионуклида концентрируется в мышечной ткани, причем, чем интенсивнее работает мышца, тем больше в ней откладывается радиоактивных изотопов цезия. **Наибольшее содержание ^{137}Cs обнаруживается в миокарде.** В более поздние сроки довольно большое количество ^{137}Cs содержится в печени и почках. В скелете задерживается не более 5 % поступившего в организм изотопа.

Характер распределения радиоцезия в организме во многом определяет **клиническую симптоматику** при его поступлении.

При достижении определенной дозы вначале обнаруживаются общие реакции со стороны системы крови, нервной системы.

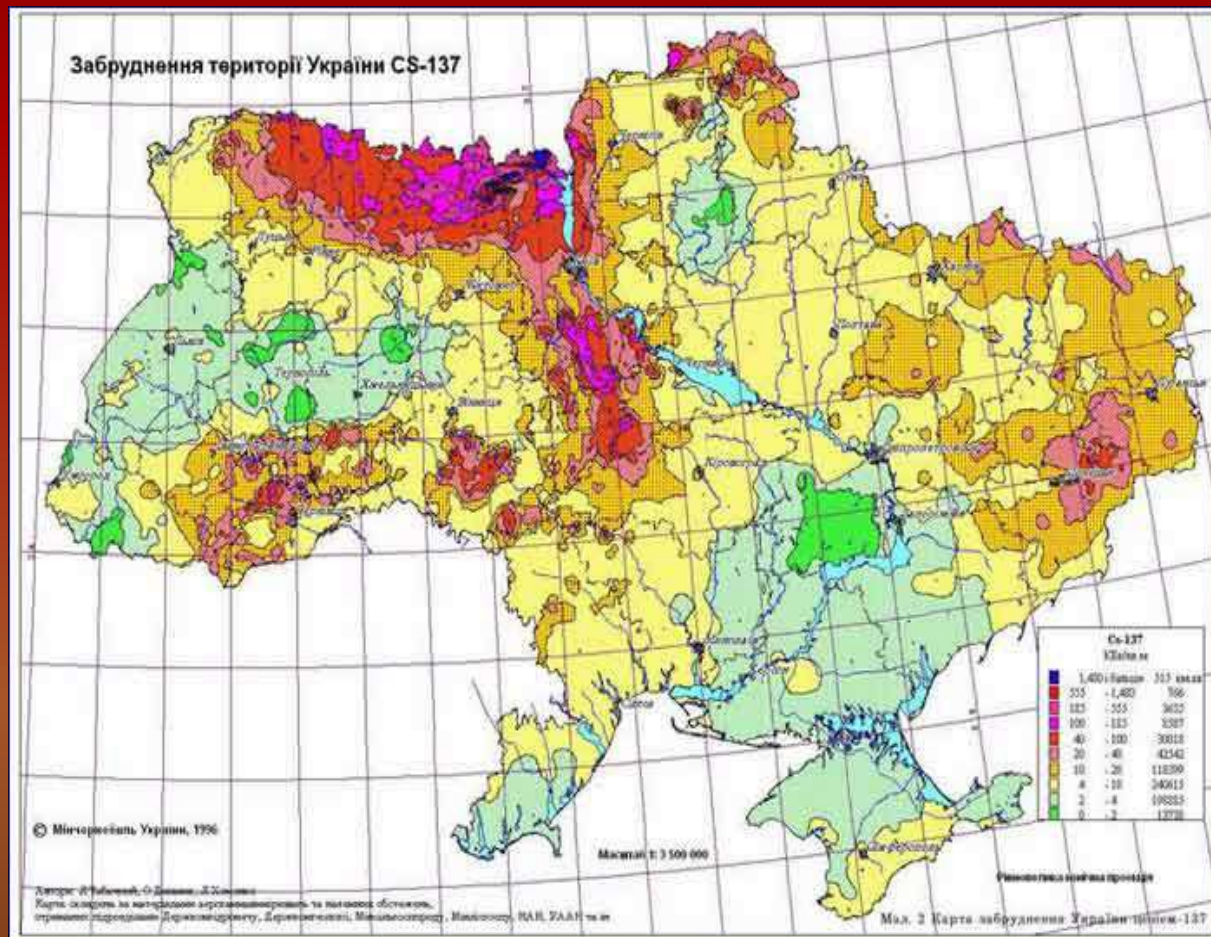
Позже присоединяются нарушения функций критических органов: мышц, печени. Они проявляются нарушениями некоторых ферментных систем в клетках этих органов, изменениями ЭКГ, электромиограммы.

- ▣ При одновременном поступлении в организм цезия и калия **калий** накапливается в 3 раза быстрее и может вытеснять цезий.
- ▣ В связи с этим при лечении поражений радиоактивным цезием применяется **метод изотопного разбавления**. Повышение содержания **калия** в пище и интенсификация водного обмена способствуют выведению цезия из организма.
- ▣ Изотопы цезия включаются в биологический круговорот и свободно мигрируют по **биологическим цепочкам**.
- ▣ Вследствие ядерных испытаний и радиационных аварий) ^{137}Cs повсеместно обнаруживают в организмах животных и человека.

Карты радиационного загрязнения по ^{137}Cs после аварий на АЭС: от Чернобыля до Фукусимы



Аварийный энергоблок № 4 Чернобыльской атомной электростанции (1986 г.)



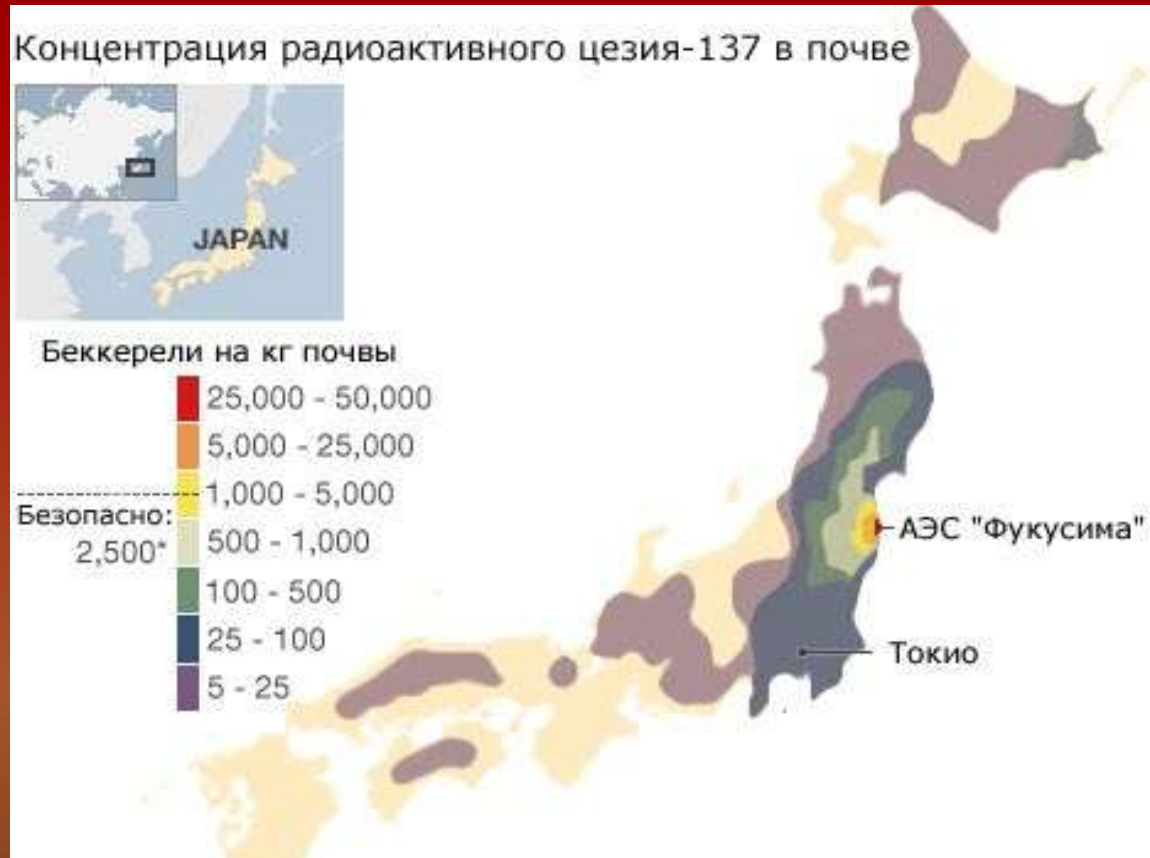
Карта радиационного загрязнения по цезию-137 территории Украины / На 1996 год

Карты радиационного загрязнения по ^{137}Cs после аварий на АЭС: от Чернобыля до Фукусимы



Авария на АЭС
«Фукусима-1» (2011 г.)

Концентрация радиоактивного цезия-137 в почве



*По японским законам, концентрация цезия в 5 тыс. беккерелей на килограмм почвы считается безопасной.

Источник: Teppel J. Yasunari/Universities Space Research Association in Columbia, US

Стронций-90 (^{90}Sr)

- ▣ ^{90}Sr - β -излучатель с периодом полураспада 28,6 лет. Энергия испускаемых при его распаде β -частиц составляет 0,54 МэВ. В результате распада ^{90}Sr образуется ^{90}Y , тоже β -излучатель с максимальной энергией β -частиц 2,18 МэВ. Период полураспада ^{90}Y составляет 64,2 ч.
- ▣ Выпадающие на поверхность Земли изотопы стронция мигрируют по биологическим цепочкам и, в конце концов, могут поступить в организм человека.

- ▣ Степень и скорость всасывания радиоактивного стронция из желудочно-кишечного тракта зависит от того, в состав какого химического соединения он входит, от возраста человека и функционального состояния организма, от состава пищевого рациона.
- ▣ Так, у лиц молодого возраста стронций всасывается быстрее и полнее.
- ▣ Увеличение содержания в диете солей кальция снижает всасываемость соединений стронция.
- ▣ При потреблении молока всасываемость стронция повышается.
- ▣ В разных условиях всасываемость стронция из желудочно-кишечного тракта человека колеблется от 11 до 99 %.

При длительном поступлении радиостронция и подостром течении болезни постепенно развивается анемия, наблюдается угнетение спермато- и овогенеза, нарушения иммунитета, функции печени и почек, нейроэндокринной системы, сокращается продолжительность жизни.

В отдаленные сроки развиваются гипер- или гипопластические процессы в костном мозге, лейкозы, саркомы кости. Реже наблюдаются новообразования в гипофизе и других эндокринных органах, в яичниках, молочной железе.

Большой период полураспада ^{90}Sr определяет длительное сохранение высоких уровней загрязнения территорий и объектов среды после загрязнения этим радионуклидом.

Йод-131 (^{131}I)

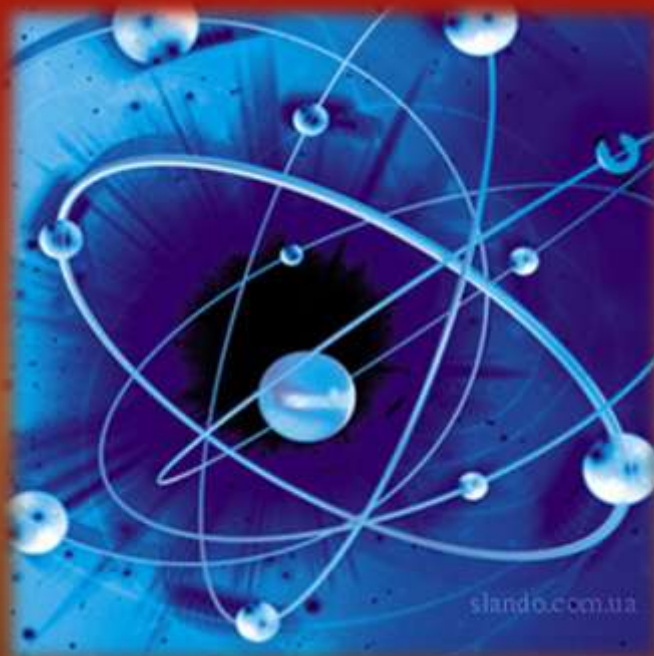
- ▣ ^{131}I - β - γ -излучатель с периодом полураспада 8,05 сут. Энергия β -частиц составляет 0,25-0,812 МэВ, энергия γ - квантов - 0,08-0,722 МэВ. Соединения йода хорошо растворимы, и при алиментарном и ингаляционном поступлении поступлении практически полностью всасываются в кровь.
- ▣ 30 % поступившего в кровь йода откладывается в щитовидной железе и выводится из нее с биологическим периодом полувыведения 120 сут. Эффективный период полувыведения из щитовидной железы равен 7,5 сут. Остальные 70% равномерно распределяются по остальным органам и тканям. Биологический период полувыведения составляет 12 сут; эффективный - 4,8 сут. 10 % выводится с калом. Основное количество радиоактивного йода выводится с мочой. Незначительное количество - через легкие, а также с потом, слюной, молоком.

- ▣ Пороговой дозой для развития гипотиреоза у человека называют 45 Гр. Эта доза соответствует результату однократного поступления в организм примерно 3 мКи ^{131}I .
- ▣ Наибольшая опасность при поступлении в организм радиоактивного йода связана с возможностью возникновения рака щитовидной железы.
- ▣ Коэффициент риска развития рака после радиационного воздействия составляет $5 \times 10^{-4} \text{ Зв}^{-1}$

Плутоний-239 (^{239}Pu)

- ▣ ^{239}Pu - трансурановый элемент, обладающий высокой радиотоксичностью. Это смешанный α - и γ - излучатель. Энергия α - частиц составляет 5,5 МэВ, а γ - квантов - 0,01-0,4 МэВ. Период полураспада ^{239}Pu - 24360 лет.
- ▣ Среди продуктов, участвующих в формировании зон радиоактивного заражения после ядерных взрывов или аварий ЯЭУ, присутствует часть нераспавшегося ядерного горючего или заряда, в частности, плутоний. Обычно его количества мало значимы, однако в случаях механического разрушения ядерных боеприпасов заражение плутонием может быть достаточно существенно.
- ▣ Внешнее облучение ^{239}Pu не опасно для человека. Поступление внутрь организма алиментарным, ингаляционным путем или через поврежденную и даже неповрежденную кожу требует проведения немедленных активных лечебных мероприятий.

ТОКСИКОКИНЕТИКА РАДИОНУКЛИДОВ В ОРГАНИЗМЕ



Пути поступления радионуклидов в организм

- ▣ Во внутреннюю среду РВ могут попасть *ингаляционно*, через стенки *желудочно-кишечного тракта*, через *травматические и ожоговые повреждения*, через *неповрежденную кожу*. Всосавшиеся РВ через лимфу и кровь могут попасть в ткани и органы, фиксироваться в них, проникнуть внутрь клеток и связаться с внутриклеточными структурами.
- ▣ Знание пути поступления радионуклида в организм важно в практическом отношении. У ряда РВ характер всасывания, распределение по органам и тканям, выведение и биологическое действие существенно зависят от пути поступления.

Ингаляционное поступление радиоактивных веществ

- ▣ При контакте, особенно профессиональном, с аэрозолями РВ, радиоактивными газами и парами ингаляционный путь заражения является основным.
- ▣ Около 25 % попавших в органы дыхания частиц радионуклидов в чистом виде, а также входящих в состав определенных химических соединений, выдыхается.
- ▣ Если оставшиеся после выдоха РВ принять за 100%, то 50% из них подвергаются ретроградному выносу со слизью в результате деятельности мерцательного эпителия в глотку с последующим заглатыванием (отчасти, отхаркиванием).

- ▣ Около 25% резорбируются в кровь через альвеолярные мембраны. Резорбции подвергаются по преимуществу растворимые частицы. Степень резорбции одного и того же радионуклида в значительной степени зависит от химической формулы соединения, в состав которого он входит.
- ▣ Приблизительно 25% частиц фагоцитируются макрофагами. Это нерастворимые частицы и коллоидные формы радионуклидов.
- ▣ Часть захвативших их фагоцитов возвращается в глотку и заглатывается или отхаркивается. Таким путем удаляется около 15% РВ.
- ▣ Фагоциты, захватившие оставшиеся 10 % РВ, перемещаются через альвеолярную мембрану.

Поступление радиоактивных веществ через желудочно-кишечный тракт

- ▣ **Желудочно-кишечный тракт - второй основной путь поступления РВ в организм.** Поражающее действие связано как с лучевой нагрузкой на стенку пищеварительного тракта, так и с всасыванием РВ в кровь и лимфу.
- ▣ Резорбция РВ зависит от химических свойств вещества (главным образом, растворимости), физиологического состояния желудочно-кишечного тракта (рН среды, моторная функция), состава пищевого рациона.
- ▣ Резорбция радионуклидов снижается при увеличении содержания в пище стабильных изотопов этих же элементов и наоборот.

Поступление радиоактивных веществ через неповрежденную кожу, раневые и ожоговые поверхности

- ▣ Большинство радиоактивных веществ не проникают через неповрежденную кожу. Исключение составляют *окись трития, йод, нитрат и фторид уранила, полоний*. Коэффициенты их резорбции составляют сотые и тысячные доли единицы.
- ▣ Проникновение РВ через кожный покров зависит от плотности загрязнения, от площади загрязненного участка, от физико-химических свойств самого элемента или соединения, в состав которого он входит, растворимости в воде и липидах, рН среды, от физиологического состояния кожи.
- ▣ Всасывание радионуклидов увеличивается при повышении температуры среды вследствие расширения кровеносных и лимфатических сосудов, раскрытия сальных и потовых желез.

Выведение радионуклидов из организма

- ▣ Попавшие в организм РВ могут выводиться через *почки, желудочно-кишечный тракт (в т.ч. с желчью), со слюной, молоком, потом, через легкие*. В большинстве случаев основные количества радиоактивных веществ *экскретируются с калом и мочой*.
- ▣ С калом преимущественно выводятся РВ, поступившие алиментарным путем, а также при ингаляционном заражении и вторичном заглатывании частиц, вынесенных ретроградно в глотку.
- ▣ Некоторые растворимые радионуклиды могут выделяться с желчью и другими пищеварительными соками и также выводиться с калом.
- ▣ В желудочно-кишечном тракте процессы экскреции РВ постоянно сопровождаются процессами их реабсорбции.

При выведении радионуклидов преимущественно с мочой, высокая доза облучения может быть получена почками.

Выведение с выдыхаемым воздухом имеет существенное значение для

- ▣ *трития, паров окиси трития,*
- ▣ *радона,*
- ▣ *торона,*

образующихся при распаде поступивших в организм *радия и тория.*

Этапы токсикокинетики радионуклидов

- ▣ образование на месте поступления **первичного депо** (кожа, раны, слизистые желудочно-кишечного тракта, верхних дыхательных путей);
- ▣ **всасывание (резорбция)** с мест поступления в кровь или лимфу;
- ▣ **инкорпорирование** в критическом органе (образование вторичных депо);
- ▣ **выведение** различными путями, в том числе и с явлениями рециркуляции.

МЕДИЦИНСКИЕ СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ И РАННЕГО (ДОГОСПИТАЛЬНОГО) ЛЕЧЕНИЯ ПРИ ВНУТРЕННЕМ ЗАРАЖЕНИИ РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ



Медицинские средства защиты от поражающего действия РВ и специальные средства раннего (догоспитального) лечения пострадавших представлены препаратами трех групп. Это:

- ▣ *а) сорбенты,*
- ▣ *б) препараты, затрудняющие связывание РВ тканями,*
- ▣ *в) препараты, ускоряющие выведение РВ*

Сорбенты

- ▣ *Сульфат бария*, применяемый в рентгенодиагностике как контрастное средство, при приеме внутрь активно адсорбирует ионы радиоактивных стронция, бария, радия.
- ▣ Более эффективной лекарственной формой является *адсобар* - активированный сернокислый барий со значительно увеличенной адсорбционной поверхностью.
- ▣ Применение адсобара снижает всасывание радиоактивного стронция в 10 - 30 раз.
- ▣ При введении обычного сернокислого бария всасывание этого радионуклида снижается всего в 2-3 раза

Сорбенты

- ▣ *Альгинат кальция* - слабокислый природный ионообменник.
- ▣ В его составе имеются соли Д-маннуроновой и Д-галактуроновой кислот, с которыми стронций, помимо ионного обмена, образует более устойчивые, чем кальций комплексные соединения.
- ▣ Альгинаты несколько менее эффективны, но лучше переносятся, чем препараты сернокислого бария, и могут применяться в течение длительного времени.

Сорбенты

- ▣ *Вокацит* - препарат высокоокисленной целлюлозы.
- ▣ В процессе окисления целлюлозы в ней образуются карбоксильные группы, и происходит размыкание колец в отдельных мономерах.
- ▣ Свободные концы разомкнутых колец представляют собой карбоксильные остатки, с которыми связываются ионы стронция. При этом кольца замыкаются и образуются соединения клешневидного типа.
- ▣ Катионы большей валентности образуют комплексы в виде внутри- или межмолекулярных циклических форм

Сорбенты

- ▣ Существенным недостатком перечисленных средств является необходимость приема больших количеств препарата: разовые дозы и альгината, и вокацита, и адсобара составляют по 25,0- 30,0 г (в 1/2 - 3/4 стакана воды).
- ▣ В меньших дозах (4,0 - 5,0) применяют *полисурьмин* - натриевую соль неорганического ионообменника - кремний-сурьмянокислого катионита.
- ▣ **Адсобар, альгинат, вокацит, полисурьмин** при профилактическом применении или введении в течение ближайших 10 - 15 мин после заражения снижают всасывание радиоизотопов стронция и бария в 10 и более раз. Они мало эффективны по отношению к одновалентным катионам, в частности, к цезию.

Сорбенты

- ▣ Берлинская лазурь и другие соли переходных металлов и ферроцианида обладают хорошей способностью связывать цезий.
- ▣ Относящийся к этой группе препарат *ферроцин* рекомендуется принимать по 1,0 г 2 - 3 раза в день.
- ▣ При раннем применении ферроцина резорбция ^{137}Cs из желудочно-кишечного тракта снижается на 92-99%.
- ▣ При уже состоявшейся инкорпорации этого радионуклида период его полувыведения у человека при лечении ферроцином снижается вдвое.

Калия йодид

- ▣ В основе применения калия йодида при инкорпорации радиоактивного йода лежит **принцип изотопного разбавления**.
- ▣ Если радиоактивное вещество уже попало во внутреннюю среду, препятствовать процессу связывания его тканями, а иногда и способствовать освобождению уже связанного радионуклида может введение в организм стабильного изотопа того же элемента или другого элемента той же группы таблицы Менделеева, которые химически замещают попавшие в организм РВ.

Препараты, применяемые с целью предупреждения связывания тканями и ускорения выведения радионуклидов, проникших во внутреннюю среду организма

- ▣ Препарат выпускается в таблетках по 0,125 для приема по 1 табл. в сутки.
- ▣ При профилактическом применении поглощение щитовидной железой радиоактивного йода удается снизить на 95-97 %.
- ▣ Прием стабильного йода после окончания поступления в организм радиоактивного изотопа этого элемента значительно менее эффективен, а через 4 часа уже практически бесполезен.
- ▣ Однако, при длительном поступлении радиоактивного йода эффект достигается, даже если прием стабильного йода начат с запозданием

Препараты, применяемые с целью предупреждения связывания тканями и ускорения выведения радионуклидов, проникших во внутреннюю среду организма

- ▣ При отсутствии йодистого калия показан прием **внутри йодной настойки** в молоке или даже воде (44 капли 1 раз в день или по 22 капли 2 раза в день после еды в 1/2 стакана жидкости), **раствора Люголя** (22 капли 1 раз в день после еды в 1/2 стакана молока или воды), а также смазыванием кожи предплечья, голени настойкой йода.
- ▣ Защитный эффект наружного применения йода сопоставим с эффектом приема такого же его количества внутрь.

Препараты, применяемые с целью предупреждения связывания тканями и ускорения выведения радионуклидов, проникших во внутреннюю среду организма

Пентацин

- ▣ тринатрийкальциевая соль диэтилентриаминпентауксусной кислоты (ДТПА) представляет собой препарат, относящийся к группе комплексонов или хелатов.
- ▣ благодаря своей молекулярной конфигурации и наличию электроннодонорных атомов в молекуле способен образовывать прочные комплексы с 2- и 3-валентными металлами.
- ▣ для **связывания РВ в организме** пригодны хелатные препараты, комплекс которых с металлом не разрушается в организме и быстро выводится из него.
- ▣ Пентацин образует прочные комплексы со Sc, Cr, Vn, Fe, Zn, Y, Zr, Ru, Cd, In, Pb, Th, лантанидами, U и трансураниевыми элементами.
- ▣ Препарат в организме человека стабилен и очень быстро (в течение 6 ч) выводится, в основном, с мочой.

Препараты, применяемые с целью предупреждения связывания тканями и ускорения выведения радионуклидов, проникших во внутреннюю среду организма

- ▣ Пентацин связывает РВ не только в крови, но частично и проникшие в органы.
- ▣ Рекомендуемая доза пентацина составляет до 1 г в сутки.
- ▣ Введение проводится либо путем внутривенного вливания в течение от 1/2 до 3 ч, либо очень медленно струйно.
- ▣ При поступлении радионуклидов, особенно, плутония, через органы дыхания применяют ингаляции аэрозолей растворов пентацина.
- ▣ Возможно введение препарата через рот. Эффективность препарата в значительной мере зависит и от времени, прошедшего с момента инкорпорации до введения пентацина. Особенно это относится к остеотропным радионуклидам.

Препараты, применяемые с целью предупреждения связывания тканями и ускорения выведения радионуклидов, проникших во внутреннюю среду организма

- ▣ ***Соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТА):*** кальций-динатриевая соль (тетацин-кальций) и динатриевая соль (трилон Б) действуют во многом аналогично пентамину, но менее эффективны и несколько хуже переносятся.
- ▣ ***Триметацин*** рекомендуется в качестве средства первой помощи при отравлениях ураном и бериллием. После введения препарата ускоряется также выведение плутония, иттрия, церия, циркония, ниобия.

Разовая доза триметацина содержится в виде лиофилизированного порошка во флаконах и разводится перед внутривенным введением 2,5% раствором кальция хлорида для инъекций.

Препараты, применяемые с целью предупреждения связывания тканями и ускорения выведения радионуклидов, проникших во внутреннюю среду организма

Унитиол

для внутривенного введения по 10мл 10% раствора 1-2 раза в сут.

- ▣ Применяют при инкорпорации полония-210, выведение которого не удастся ускорить с помощью пентацина.
- ▣ Полоний связывается сульфгидрильными группами унитиола. Образовавшиеся комплексы выводятся с мочой.
- ▣ Применение комплексонов, содержащих сульфгидрильные группы, значительно эффективнее по сравнению с пентацином также при связывании ионов кобальта, меди, ртути.

Воздействие ионизирующей радиации на биологические объекты



«Рыжий лес» – легенда Чернобыльской зоны отчуждения. После аварии на ЧАЭС радиоактивному заражению подверглись около 10 км² хвойных деревьев. Во время работ по дезактивации территории лес был снесен бульдозерами и захоронен.