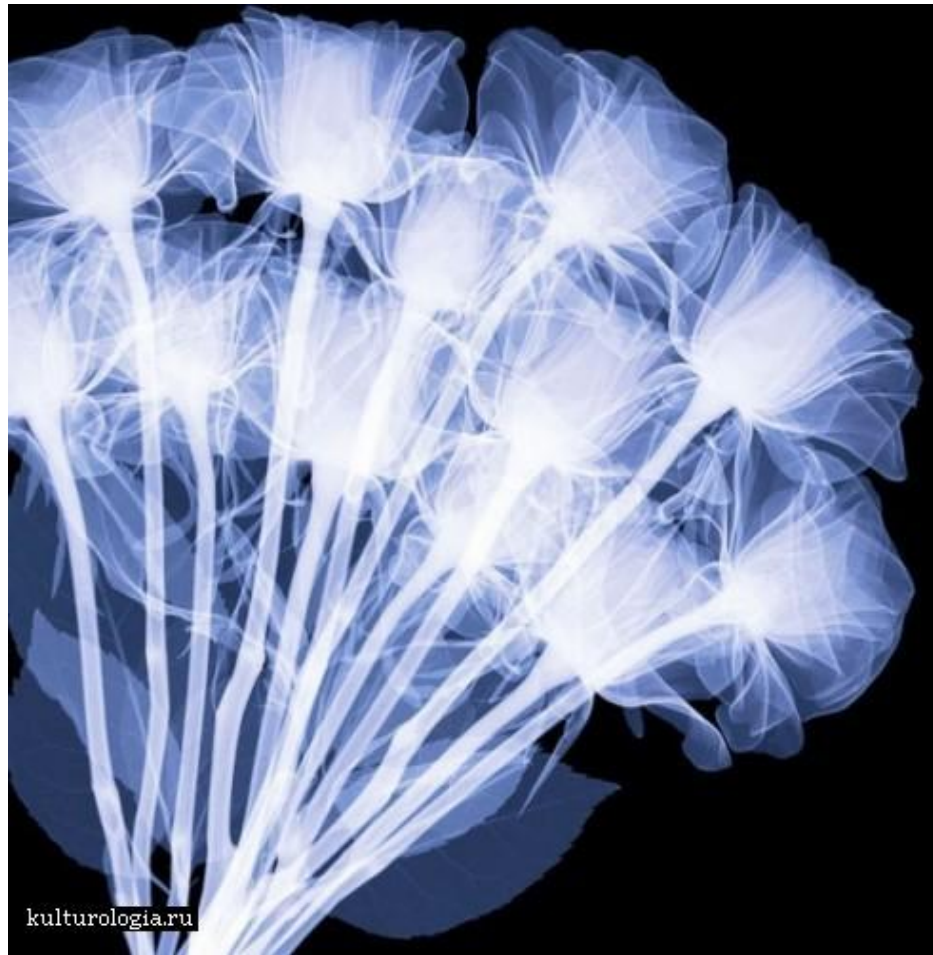


Влияние рентгеновских лучей на организм



термин «ионизирующие излучения»

- Это разные по своей физической природе виды излучений, обладающие высокой энергией, разрывая химические связи молекул вызывают биологические изменения и оказывают опасное влияние на организм.
- Действие ионизирующего излучения происходит на атомном и молекулярном уровне.

Ионизирующие излучения

не воспринимаются органами чувств человека:

- мы не видим его,
- не слышим
- не чувствуем тактильного воздействия на наше тело.

ВИДЫ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ

- 1) **ФОТОННОЕ**
(=ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ), к которому относятся рентгеновское и γ (гамма)-излучение
- 2) КОРПУСКУЛЯРНОЕ, или излучение разного рода ядерных частиц (альфа-, бета-излучение и нейтронное излучение).

- **Рентгеновское и γ -излучение** принадлежат к широкому спектру электромагнитных излучений и располагаются в нем вслед за радиоволнами, видимым светом, ультрафиолетовыми лучами.

Солнце как источник радиации

- Солнечная радиация- это **электромагнитное** и **корпускулярное** излучение
- *Электромагнитная* составляющая солнечной радиации распространяется со скоростью света и проникает в земную атмосферу.
- *корпускулярная составляющая* солнечной радиации, - это протоны, движущихся от Солнца со скоростями 300—1500 км/с, так называемый «Солнечный ветер»

Ионизирующие излучения

- Все эти виды излучений различаются длиной волны. Наиболее короткой длиной волны и наибольшей частотой электромагнитных колебаний в этом спектре обладают рентгеновское и γ -излучение.
- Чем меньше длина волны, тем выше энергия излучения и больше его проникающая способность.

Ранние наблюдения воздействия ионизирующего излучения

- 1895 Рентгеновские лучи открыты Рентгеном
- 1896 Зарегистрированы первые ожоги кожи
- 1896 Первое использование рентгеновских лучей в лечении рака
- 1896 Беккерель: открытие радиоактивности
- 1897 Зарегистрированы первые случаи повреждения кожи
- 1902 Первое сообщение о раке, индуцированном рентгеновским излучением
- 1911 Первое сообщение о лейкозе и раке легких, вызванных профессиональным облучением
- 1911 Зарегистрированы 94 случая раковых опухолей в Германии (из которых 50 - у врачей радиологов)

Радиационное излучение воздействует на основу жизни - клетку



Часть 1. Биологические эффекты ионизирующего излучения

проникающая способность рентгеновского излучения

-Это способность лучей
беспрепятственно проникать
сквозь изучаемые органы и
ткани

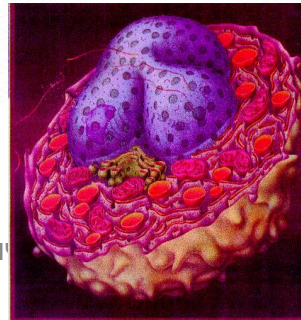
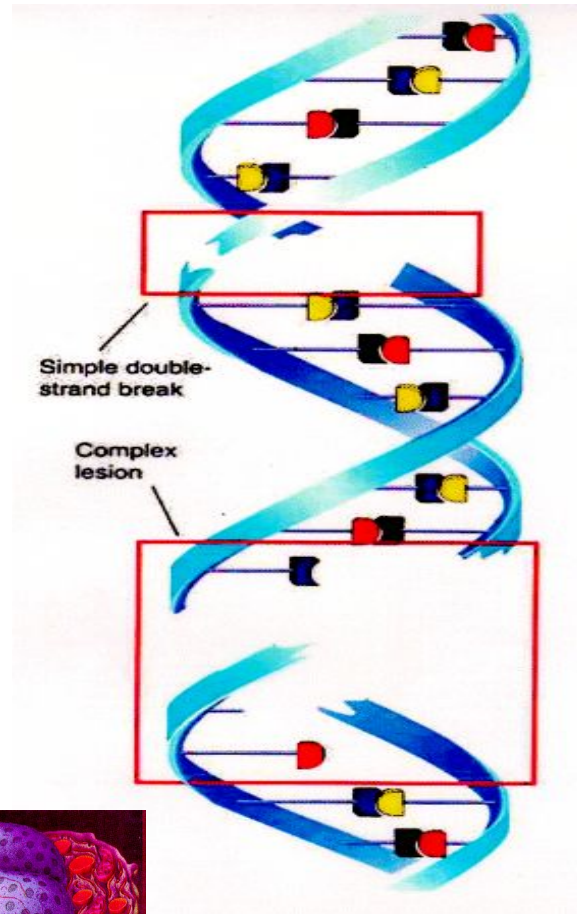
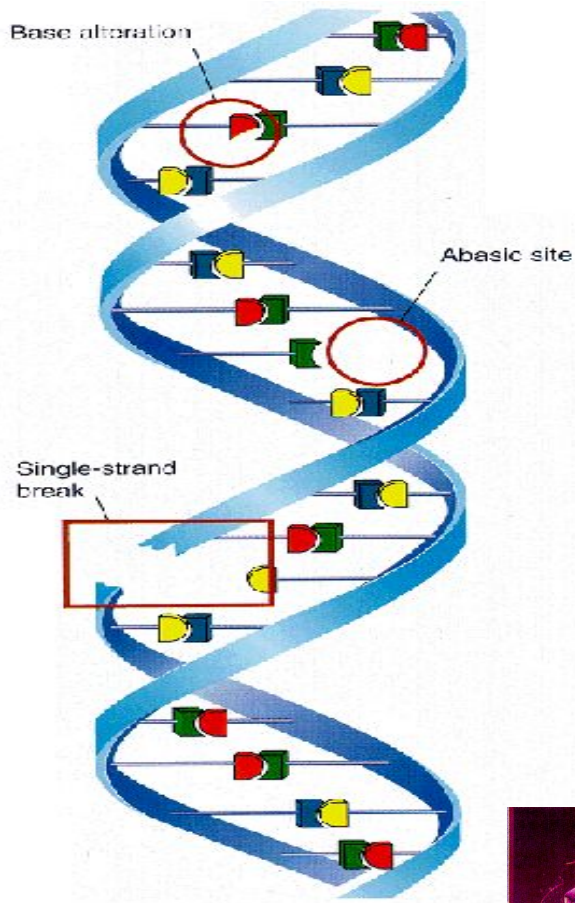
организма, ионизируя
молекулы веществ, что
приводит к нарушению
первоначальной структуры
молекулярного строения
клеток.

Тем самым формируются
ионы (положительно или
отрицательно заряженные
частицы), а также молекулы,
которые становятся
активными - свободные
радикалы!!!.

Проникающая способность Р.И.

- Свободные радикалы
вызывают повреждение
клетки.

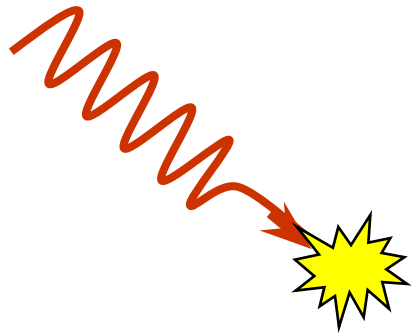
Повреждение ДНК



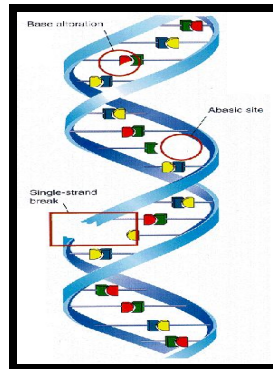
Часть 1. Биология
излучения

изирующего

Облучение клетки



**излучение
попадает в
ядро клетки!**



ОСНОВНЫЕ ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЗМА

***1) Детерминированные
эффекты облучения***

***2) Стохастические эффекты
облучения***

ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ

– клинически выявляемые вредные биологические эффекты облучения (лучевая болезнь, лучевой ожог, лучевая катаракта, лучевое бесплодие, аномалии в развитии плода и др.), в отношении которых предполагается существование порога излучения, выше которого **тяжесть эффекта** **зависит от дозы.**

СТОХАСТИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ОБЛУЧЕНИЯ

- вредные биологические
эффекты облучения
(злокачественные опухоли,
лейкозы, наследственные
болезни), не имеющие дозового
порога, вероятность
возникновения которых
пропорциональна дозе, а
тяжесть их проявления не
зависит от дозы.

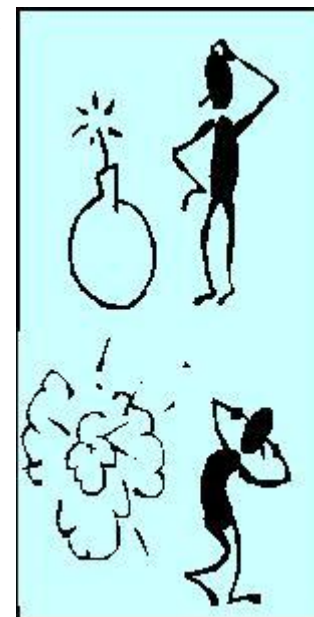
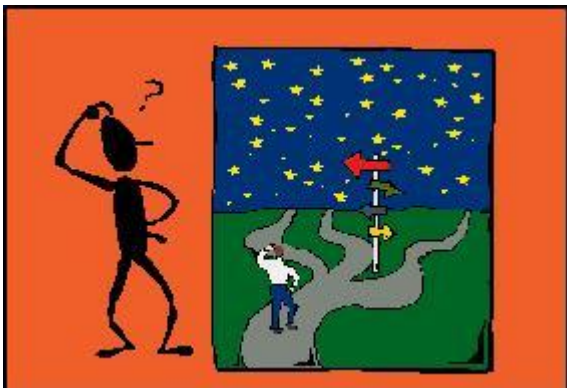
Биологические эффекты ионизирующего излучения

- **Детерминированный**

- Например, помутнение хрусталика глаза, поражения кожи
- бесплодие.

- **Стохастический**

- Рак, генетические эффекты



ВИДЫ ОБЛУЧЕНИЯ

- **1) от техногенных источников**
- **2) от природных источников**
- **3) медицинское облучение**
- **4) в результате радиационных аварий**

Облучение от техногенных ИСТОЧНИКОВ

Это облучение от техногенных источников как в нормальных, так и в аварийных условиях, за исключением медицинского облучения пациентов (например, предприятия атомной энергетики, добычи и обогащения урановой руды, строительные материалы, отличающиеся повышенной радиоактивностью; среди таких материалов — некоторые разновидности гранитов, пемзы и бетона) ,Отходы промышленности, используемые в строительстве : напр., доменный шлак,

ОБЛУЧЕНИЕ ОТ ПРИРОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Природные источники ионизирующего излучения, формирующие естественный радиационный фон, подразделяются на следующие источники:

- внешние внеземного происхождения (космическое излучение, приходящее из Космоса, составляет 50% от всего иониз. излучения, действующего на человека);
- внешние земного происхождения, т.е. радионуклиды, присутствующие в земной коре, воде, воздухе (в том числе газ радон);
- внутренние, т.е. радионуклиды естественного происхождения, содержащиеся в организме человека;

Источники И.И. внеземного происхождения

- чем выше человек поднимается над уровнем моря, тем сильнее становится облучение, т.к. толщина воздушной прослойки и ее плотность по мере подъема уменьшается, а следовательно, падают защитные свойства!!.

СОЛНЕЧНАЯ РАДИАЦИЯ И РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС



МЕДИЦИНСКОЕ ОБЛУЧЕНИЕ

Медицинское облучение - это облучение пациентов вследствие медицинских обследований или лечения, а также добровольцев.

Медицинское облучение **направлено** только **на достижение** очевидной **пользы** для конкретного человека (пациента) или общества в виде получения необходимой диагностической, научной информации или терапевтического эффекта.

**ОБЛУЧЕНИЕ В
РЕЗУЛЬТАТЕ
РАДИАЦИОННОЙ АВАРИИ**
облучение населения или персонал
а, обусловленные аварией, превыш
ающее пределы доз,
установленные для нормальной экс
плуатации техногенных источников
ионизирующего излучения.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ 1

1- облучение должно быть обоснованным и назначено только врачом для достижения полезных диагностических и терапевтических эффектов, которые невозможно получить другими методами диагностики и лечения (принцип оправданности);

);

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ - РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

2 - коллективные дозы,
получаемые населением при
проведении рентгенологических
и радиологических процедур,
должны быть настолько
низкими, насколько это разумно
достигается с учетом
экономических и социальных
факторов (принцип
оптимизации)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ

3

3 - величина дозы облучения устанавливается только врачом индивидуально для каждого пациента, исходя из клинических показаний, и должна учитывать необходимость предотвратить возникновение детерминированных эффектов в здоровых тканях и в организме в целом (принцип неперевышения).

степень поражения
рентгеновским излучением прямо
пропорциональна поглощенной
дозе облучения:

**Чем мощнее
рентгеновский луч и чем
длительнее воздействие,
тем выше риск
получения негативных
эффектов.**

в клинической практике
применяется весьма короткий
промежуток времени облучения
при условии, что
потенциальная польза от
получения данных о состоянии
организма, полученная при
помощи рентгеновского
исследования, значительно
выше его потенциальной
опасности!!!

в современной рентгенологии
используются приборы,
которые обладают очень
маленькой энергией луча.
Считается, что риск развития
онкологических заболеваний
после проведения одного
стандартного рентгеновского
исследования крайне мал и не
больше 0,001%.

обязательные меры защиты

**1) управление рентген-установкой
происходит из другого,
защищенного
помещения**

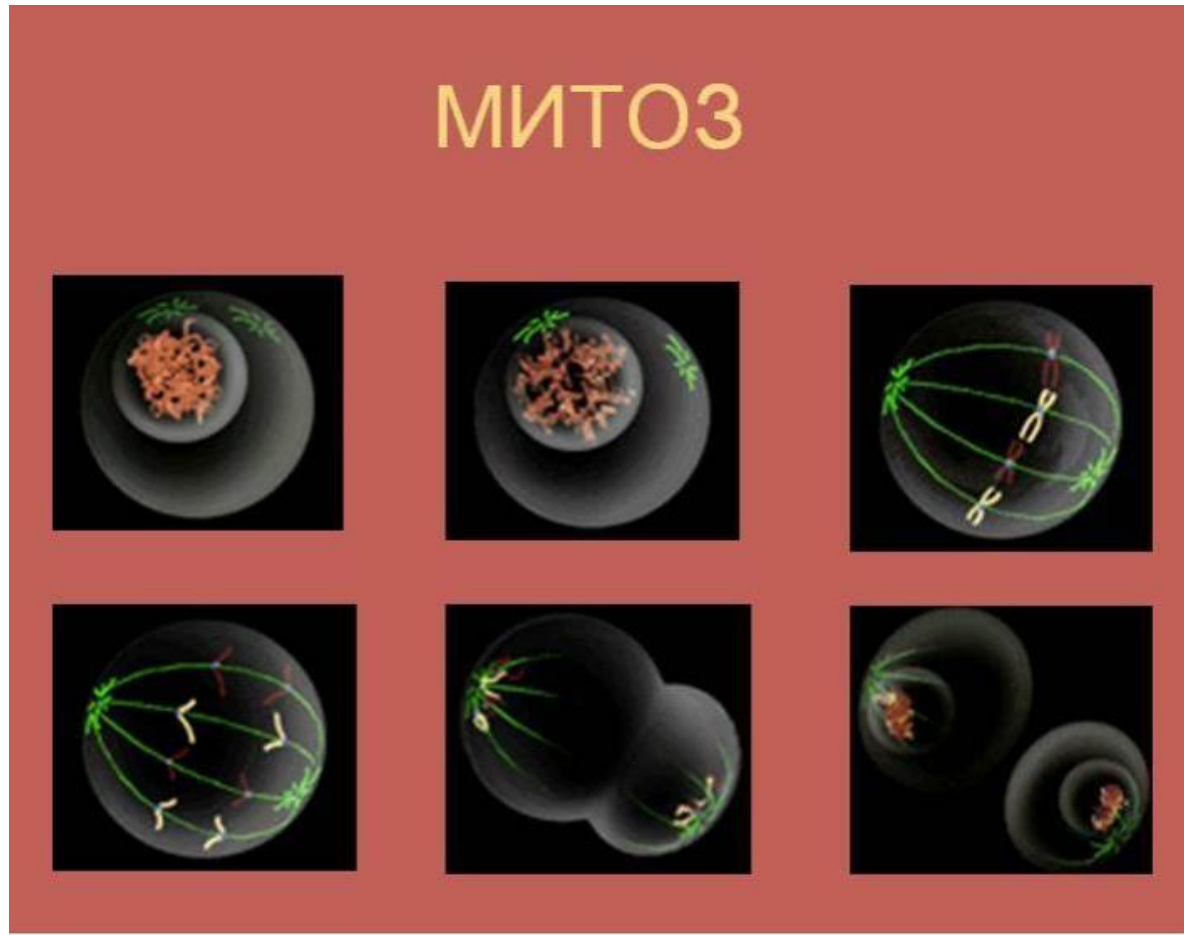
**2)интраоперационно
применяются защитные
фартуки и другие средства
защиты**

3)Индивидуальные дозиметры

Два механизма лучевого поражения клетки

- 1) Прямое действие радиации
возникающее в результате
поглощения радиации
молекулами клетки.**
- 2) Косвенное действие –
изменение молекул в растворе,
вызванные продуктами
радиационного
разложения (*радиолиза*) воды
или растворенных веществ.**

МИТОЗ КЛЕТКИ- основной способ деления клеток, при котором сначала происходит удвоение, а затем равномерное распределение между дочерними клетками наследственного материала.

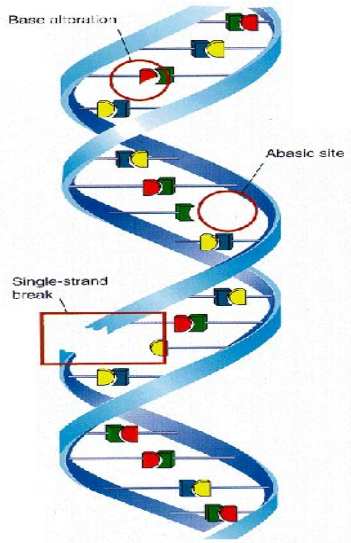


МИТОЗ(-это ЦИКЛ ДЕЛЕНИЯ КЛЕТКИ)

В активно обновляющихся тканях (эпителий ворсинок тонкого кишечника, костный мозг, кожа и др.), а также в быстрорастущих опухолях и клеточных культурах продолжительность цикла митоза составляет от 10 до 48 ч, а самый кратковременный период — митоз — завершается в большинстве случаев в течение 30 — 60 мин.

В медленнообновляющихся тканях большинство клеток находятся в периоде покоя, длительность цикла деления измеряется неделями, а иногда месяцами и даже годами (например, в ЦНС),

Результаты облучения клетки



Мутация ДНК



Жизнеспособная
клетка



Нежизнеспособная
клетка



Рак?

РЕАКЦИЯ КЛЕТКИ НА ОБЛУЧЕНИЕ

В результате облучения, повреждающего абсолютно все внутриклеточные структуры, в клетке можно зарегистрировать множество самых разнообразных реакций — **задержку деления, угнетение синтеза ДНК, повреждение мембран и др.** Степень выраженности этих реакций зависит от того, на какой стадии жизненного цикла клетки произведено облучение.

1. Физиологический или кумулятивный эффект облучения.

**-это способность клетки легко
и быстро восстанавливать
поврежденные структуры
после облучения, утрата
которых просто остается
незамеченной.**

2. временная задержка (угнетение) клеточного деления

-ЭТО радиационное
блокирование митозов, т. е. -
снижение числа делящихся
клеток, что послужило одним из
оснований к применению этих
лучей для подавления
опухолевого роста (лучевая
терапия).

**длительность задержки деления
зависит от дозы ионизирующего
облучения и проявляется у всех
клеток облученной популяции,
независимо от дальнейшей
судьбы той или иной клетки —
выживет она или погибнет.**

**Однако продолжительность этого
эффекта различна у разных
объектов(биологических видов)**

*3. Клеточная
гибель или летальный
эффект облучения*

**утрата клеткой способности к
пролиферации(размножению)
после облучения в результате
необратимых структурных
изменений ДНК .**

Радиочувствительность тканей, органов, организмов

**Закономерности поражения
целостного организма
определяются двумя факторами:**

**1) радиочувствительностью
тканей, органов и систем,
существенных для выживания
организма;**

**2) величиной поглощенной дозы
облучения и ее распределением в
пространстве и времени.**

вышеуказанные факторы

определяют :

1) *преимущественный тип
лучевых реакций* (местные или
общие)

2) *специфику и время
проявления* (непосредственно
после облучения, вскоре после
облучения или в отдаленные
сроки)

3) *значимость лучевых реакций
для организма.*

Радиочувствительность(РЧ)

– это чувствительность биологических объектов и тканей к действию ионизирующих излучений. Различные виды живых организмов существенно различаются по своей радиочувствительности. Выявлена общая закономерность: **чем сложнее организм, тем он более чувствителен к действию радиации.**

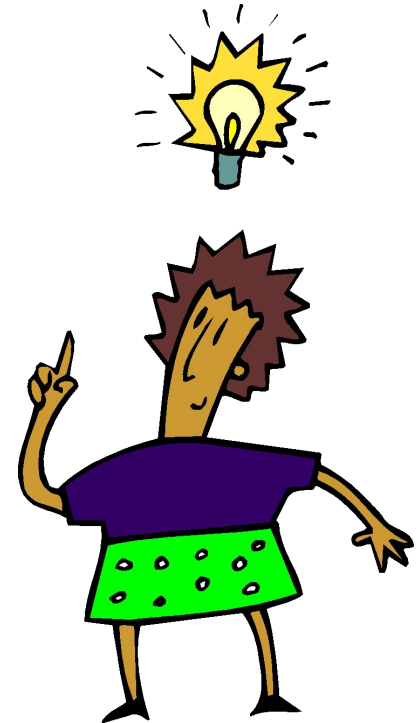
РЧ

- По степени возрастания чувствительности к ионизирующим излучениям живые организмы располагаются в следующем порядке: вирусы, амеба, черви, кролик, крыса, мышь, обезьяна, собака, человек.
- Степень радиочувствительности варьирует не только в пределах вида. В пределах одного организма клетки и ткани также различаются своей радиочувствительностью.

Гибель клетки

Радиочувствительность

- Радиочувствительность (РЧ) = это вероятность повреждения клетки, ткани или органа в результате облучения на единицу дозы.
- Бергонье и Трибондо (1906): "законы радиочувствительности": РЧ будет больше, если клетка:
 - Имеет продолжительную фазу митоза.
 - Менее дифференцирована.



ВИДЫ РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ТКАНЕЙ

- 1) радиочувствительные ткани со свойственной им активностью физиологической пролиферации (КРОВЕТВОРНЫЕ ТКАНИ: костный мозг, печень, селезенка, половые железы)
- 2) Радиорезистентные ткани (ЦНС — яркий пример непролиферирующих высокодифференцированных клеточных систем_)

Уровни радиочувствительности

- 1) На клеточном уровне

радиочувствительность зависит от ряда факторов: организации генома, состояния системы репарации ДНК, содержания в клетке антиоксидантов, интенсивности окислительно-восстановительных процессов.

Уровни Радиочувствительности

- 2) На тканевом уровне выполняется правило Бергонье–Трибондо: радиочувствительность ткани прямо пропорциональна пролиферативной активности и обратно пропорциональна степени дифференцировки составляющих ее клеток.

- 3) На уровне органов

радиочувствительность зависит не только от радиочувствительности тканей, составляющих данный орган, но и от его функций.

КОСТНЫЙ МОЗГ

- Основное назначение костного мозга – продукция зрелых, высокодифференцированных клеток крови из стволовой клетки, где костный мозг является «фабрикой», производящей клетки крови; а периферическая кровь – «службой сбыта», доставляющей органам, тканям и клеткам зрелые форменные элементы крови – лейкоциты, эритроциты, тромбоциты.

РЧ

- **Кроветворные органы** являются критическими (жизненно важными органами), при воздействии ионизирующей радиации в диапазоне поглощенных доз от 0,25 до 10 Гр. При этом развивается костно-мозговой (кроветворный) синдром различной интенсивности – от лучевых реакций до острой лучевой болезни различной степени тяжести

РЧ

- наибольшей радиочувствительностью обладают делящиеся стволовые кроветворные клетки и дифференцирующиеся в специализированные линии клетки (клоны),
- а зрелые клетки периферической крови более радиорезистентны. Исключение: наиболее радиочувствительные клетки периферической крови – лейкоциты!

Красный костный мозг

- и другие элементы кроветворной системы наиболее уязвимы и теряют способность нормально функционировать уже при дозах облучения 0,5– 1 Гр.

Желудочно-кишечный тракт.

- Желудочно-кишечный синдром, приводящий к гибели при облучении дозами 10–100 Гр, обусловлен в основном радиочувствительностью **ТОНКОГО КИШЕЧНИКА.**

Репродуктивные органы

Клетки семенников находятся на разных стадиях развития.

Наиболее радиочувствительные клетки – сперматогонии(-мужские половые клетки в период размножения),
наиболее радиорезистентные (устойчивые) – сперматозоиды.

Орган зрения

- Наиболее уязвимой частью глаза является **хрусталик**. Погибшие клетки становятся непрозрачными, а разрастание помутневших участков приводит сначала к **катаракте**, а затем и к слепоте.

Нервная система

- Нервная ткань высоко специализирована и, следовательно, радиорезистентная (устойчивая).
- Гибель нервных клеток наблюдается при дозах облучения свыше 100 Гр.

Органы дыхания

- Легкие взрослого человека – стабильный орган с низкой пролиферативной активностью, поэтому последствия облучения легких проявляются не сразу.

Костно-мышечная система

- У взрослых костная, хрящевая и мышечная ткани радиорезистентные. Однако в пролиферативном состоянии (в детском возрасте или при заживлении переломов) радиочувствительность этих тканей повышается. Наибольшая радиочувствительность скелетной ткани характерна для эмбрионального периода (38–85 сутки внутриутробного развития).

На уровне популяции РФ

зависит

- 1) особенностей генотипа (в человеческой популяции 10–12% людей отличаются повышенной радиочувствительностью);
- 2) физиологического (например, сон, бодрствование, усталость, беременность) или
- 3) патофизиологического состояния организма (например, хронические заболевания, ожоги, механические травмы);
- 4) пола (мужчины обладают большей радиочувствительностью);
- 5)

РАДИОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ

Высокая РЧ	Средняя РЧ	Низкая РЧ
Костный мозг Селезенка Тимус Лимфатические узлы Гонады Хрусталики глаз Лимфоциты (исключение из законов РЧ)	Кожа Мезодермальные органы (печень, сердце, легкие ...)	Мышцы Кости Нервная система

Лучевая болезнь

Разнообразные проявления поражающего действия ионизирующих излучений на человека . Ионизация живой ткани приводит к разрыву молекулярных связей и изменению химической структуры соединений. Нарушаются биохимические процессы и обмен веществ. Тормозятся функции кроветворных органов, происходит увеличение числа белых кровяных телец (лейкоцитов), расстройство деятельности желудочно-кишечного

Лучевая болезнь

- При облучении страдают все органы и ткани, но ведущим для организма является поражение одного или нескольких критических органов.
- В зависимости от пораженного критического органа выделяют **три типа радиационных синдрома:**

1) Костно-мозговой синдром

- развивается при облучении в диапазоне доз 1–10 Гр. Средняя продолжительность жизни при нем не более 40 суток, на первый план выступают нарушения кроветворения.

2) Желудочно-кишечный синдром

развивается при облучении в диапазоне доз 10–80 Гр. Средняя продолжительность жизни составляет около 8 суток, ведущим является поражение тонкого кишечника. Синдром включает клеточное опустошение ворсинок и крипт кишечника, инфекционные процессы, поражение кровеносных сосудов, нарушение баланса жидкости и электролитов, нарушение секреторной, моторной и барьерной функций.

3) Церебральный синдром

- развивается при облучении в дозах более 80–100 Гр. Продолжительность жизни составляет менее 2 суток, развиваются необратимые изменения в ЦНС, которая состоит из высокодифференцированных неделящихся клеток, отличающихся высокой радиорезистентностью, поэтому при облучении пораженных клеточных потерь не бывает. Гибель нервных клеток происходит при огромных дозах порядка сотен Гр. В летальном исходе важную роль играет

Дозы, вызывающие развитие ЛБ, полученные однократно

Облучение 0,25-0,5 **Зв** (25-50Р) -
незначительные изменения состава
крови.

0,8 - 1 **Зв** (80-100Р) - начало развития
лучевой болезни.

2,7 - 3,0 **Зв** (270-300Р) - острая лучевая
болезнь.

5,5 - 7,0 **Зв** (550-700Р) - летальный исход.

Опасность облучения плода

- Существует **опасность** облучения во время беременности, которая **зависит от стадии беременности и поглощенной дозы**
- **Опасность облучения** является **наиболее серьезной во время органогенеза и в период раннего развития плода**; она несколько меньше во 2-ом триместре и еще меньше в третьем триместре.



Радиационные пороки развития

- Пороки развития имеют **пороговую дозу 100-200 мГр или выше** и, как правило, связаны с центральной нервной системой
- Дозы на плод в 100 мГр не достигаются даже при проведении 3-х тазовых КТ или 20 обычных диагностических рентгеновских исследований
- Эти уровни **могут** быть достигнуты при рентгеноскопических интервенционных процедурах таза и при лучевой терапии



