

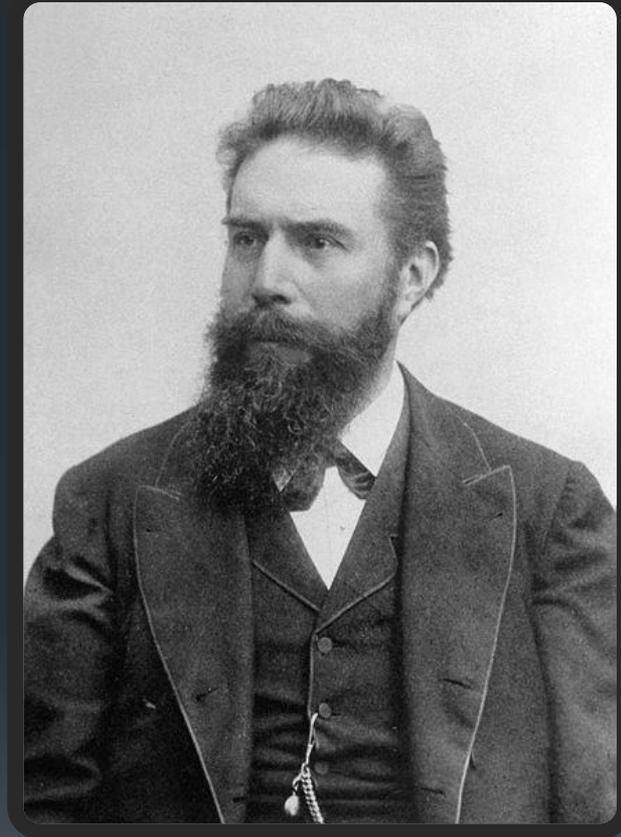


# Принципы лучевой терапии ЗНО. Брахитерапия и сочетано- лучевая терапия

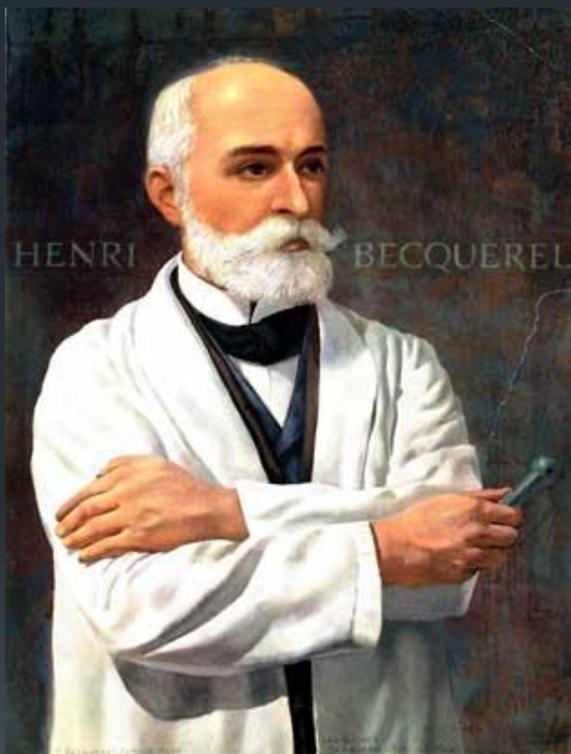
Подготовила:  
Вьюшкова К.Д.  
615 ВОП

# Из истории

- Историю развития компьютерной томографии и лучевой терапии можно начать с 8 ноября 1895 года, когда в лаборатории Вильгельма Конрада Рентгена было сделано открытие излучения, которое впоследствии было названо рентгеновским излучением. Рентгеновские лучи стали предметом пристального внимания учёных и широкой общественности.



# Из истории



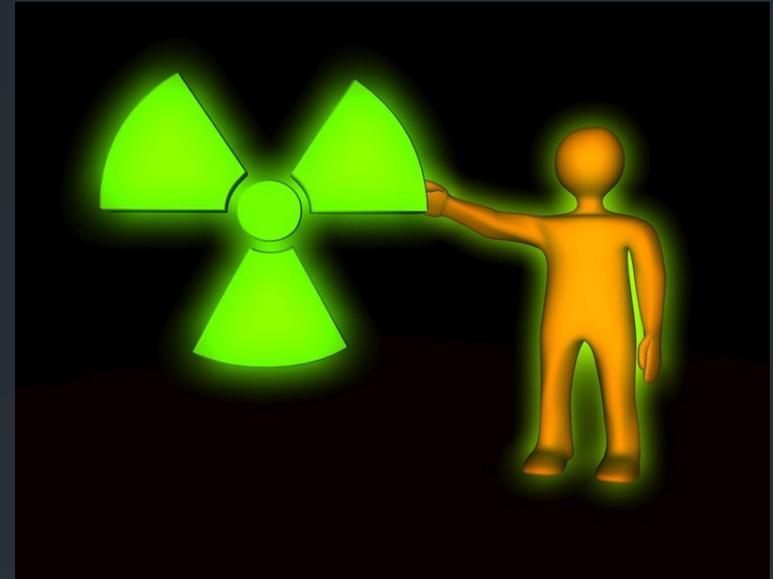
- Всеобщий интерес был обусловлен уникальным свойством нового излучения – проникать через сравнительно плотное вещество. Стали сразу понятными перспективы рентгеновской диагностики. С 1896 г. началось применение рентгеновских лучей в лечении кожных заболеваний, а чуть позже были предприняты попытки их использования и для лечения злокачественных опухолей. В том же году французский физик Анри Беккерель открыл явление радиоактивности солей урана, а в 1898 г. супругам Кюри удалось выделить новые химические элементы – полоний и радий

# Из истории

- В последующие 20 лет были открыты все другие естественные радиоактивные элементы. В 1934 г. супруги Жолио-Кюри впервые получили в лаборатории искусственные радиоактивные изотопы, которые значительно расширили возможность использования ионизирующих излучений как в лучевой диагностике, так и в терапии злокачественных опухолей. Первые попытки применения рентгеновского излучения для лечения злокачественных опухолей основывались на первоначальных сведениях о повреждающем действии этого излучения на ткани. Внедрение в клиническую практику источников высоких энергий, искусственных радиоактивных изотопов существенно расширило возможности лучевого лечения и обеспечило заметное повышение его результативности.

# Радиотерапия – использование с лечебной целью излучений естественных и искусственных радиоактивных веществ.

- Сразу же после открытия радиоактивности было обнаружено ее биологическое действие, а в 1901 французские врачи Э.Бенье и А.Данло применили ее с лечебной целью.
- В результате дальнейших исследований было установлено, что наиболее чувствительными к излучению радия, также как к рентгеновским лучам, являются молодые, быстрорастущие и размножающиеся клетки.
- Это привело к мысли использовать радиоактивные излучения для разрушения злокачественных опухолей, состоящих именно из таких клеток.
- До настоящего времени излучения радиоактивных веществ вместе с рентгенотерапией и хирургическими методами являются наиболее эффективными средствами при лечении злокачественных новообразований.



- 
- В зависимости от локализации болезненного процесса и его характера для лечебных воздействий используют  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -излучения.  $\gamma$ -излучение может проникать в ткани на любую глубину и даже проходить через все тело, в то время как  $\beta$ -частицы могут проникать в ткани только на глубину 20 мм, а  $\alpha$ -частицы – на глубину до 100 микрон.
  - $\alpha$ -излучение возникает при распаде естественных радиоактивных веществ и используется для лечения или на курортах с природными радиоактивными ваннами или в виде радоновых ванн, которые можно делать и вне курортных условий.

- 
- Раньше источниками гамма-излучения служили природные изотопы радий и мезоторий, которые помещали в запаянные платиновые трубочки (иглы) диаметром 1,5 – 3,5 мм и длиной от 1 – 3 см.
  - Такие трубочки располагают на определенное время либо на поверхности тела, либо вводят в полости тела, либо вглубь тканей.
  - Для того чтобы защитить ткани, близко расположенные к препарату, от чрезмерного, порой повреждающего действия, которое имеет место при облучении глубоко расположенных опухолей смешанным излучением радия и мезотория, применяют фильтры, поглощающие  $\alpha$ - и  $\beta$ -излучения и слабое  $\gamma$ -излучение и пропускающие к болезненному очагу только  $\gamma$ -излучение средней энергии.

- 
- Действие ионизирующего излучения связано с образованием свободных радикалов в среде микроокружения клеток.
  - Свободные радикалы и оксиданты взаимодействуют с молекулами ДНК, вызывая большое количество разнообразных нарушений ее структуры.
  - Это ведет к дефектам восстановительных функций клетки и, в конце концов, к ее гибели.
  - Во всех случаях применения лучевой терапии в области онкологии радиационное воздействие направлено на повреждение опухоли, сохранение окружающих здоровых тканей.

- В клинике наиболее часто используются электроны, которые получают в линейном ускорителе.
- Пучок электронов применяется для лечения поверхностных опухолей, тогда как рентгеновские и гамма-лучи - для терапии глубоко расположенных
- Другие частицы - протоны с положительным зарядом, альфа-частицы, ионы с высоким зарядом (углерод, неон, аргон, кремний), пимезоны и нейтроны - используются значительно реже и по особым показаниям



В технике лучевой терапии используются два основных технических подхода - это

- телетерапия
- брахитерапия.

Термин «телетерапия» (tele = дальний) подразумевает, что лечение проводится на расстоянии, с помощью того или иного аппарата.

Брахитерапия (brachy = короткий) проводится, когда источник радиации помещается рядом или внутрь облучаемого объекта. При этом источник может оставаться в ткани (как, например, золото-198 или йод-125) или должен быть удален (цезий-137, иридий-192, кобальт-60).

- Для лечения доброкачественных и злокачественных новообразований наибольшее применение получил  $^{60}\text{Co}$ . По характеру своего излучения он более пригоден для облучения глубоко расположенных очагов; его излучение состоит почти из однородного  $\gamma$  – излучения и  $\beta$ - частиц небольшой энергии (последние легко поглощаются фильтром из никеля). И дает меньше осложнений.
- Радиоактивный кобальт применяется в аппликаторах (путем наложения на поверхность тела) и в иглах, а также в виде телерадиевой терапии. Последняя состоит в том, что для лечения глубоко расположенных болезненных очагов используют облучение от большого количества кобальта, помещенного в кобальтовую пушку. Кобальтовые «пушки» имеют разную интенсивность излучений, например, установка ГУТ-400 по интенсивности излучения соответствует 400 г радия; она позволяет проводить воздействия на опухоль или другой болезненный очаг, располагающийся на глубине до 15 см от поверхности кожи.
- С помощью этой установки лечат больных с опухолями легких, пищевода, с раковыми поражениями женских половых органов.
- Излучение установки ГУТ-20 соответствует излучению 20 г радия. Эта установка используется для лечения поверхностно расположенных опухолей: рака гортани, челюсти, поверхностных лимфотических узлов и других заболеваний.



## Существующие способы облучения больного можно разделить на две основные группы:

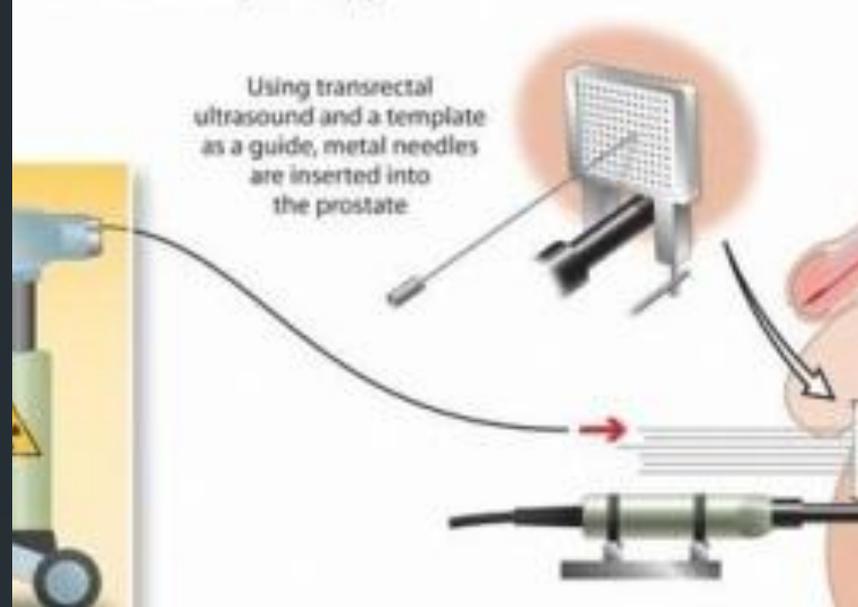
- способы дистанционного, или наружного, облучения;
- способы контактного облучения, при котором источники излучения размещаются либо в полости органа, либо внутри опухолевой ткани (соответственно внутрисполостная или внутритканевая лучевая терапия).

Сочетание двух способов облучения или двух видов излучений принято называть сочетанной лучевой терапией.

- Для дистанционного облучения в настоящее время в мире применяются гамма-излучение искусственных изотопов, нейтронное излучение, жесткое тормозное излучение. Также применяются ускорители электронов, которые дают тормозное или фотонное излучение с энергией от 4 до 20 МэВ и электроны разной энергии, которую подбирают в зависимости от глубины залегания опухоли и, наконец, пучки ускоренных протонов и других ядерных частиц, которые пока находят ограниченное применение.



## Low dose rate brachytherapy



Для контактной лучевой терапии, или, как ее все чаще называют, брахитерапии, имеется серия шланговых аппаратов разной конструкции, позволяющих автоматизированным способом размещать источники вблизи опухоли и осуществлять ее прицельное облучение.

- 
- Различные опухоли по-разному реагируют на облучение, поскольку имеют разную гистологическую природу, степень дифференцировки клеток, содержат разное количество кислорода и активно пролиферирующих клеток, находящихся в разных стадиях митотического цикла.
  - Именно эти параметры в основном и определяют радиочувствительность опухоли, что, несомненно, принимается в расчет при решении вопроса об индивидуальных показаниях к лучевой терапии

# этапы планирования лучевой терапии

- Объект облучения должен быть точно обрисован в ходе. Должна быть учтена чувствительность нормальной ткани к предстоящему облучению.
- Радиолог, лечащий врач и дозиметрист должны разработать несколько конкретных технических вариантов облучения больного, возможно применение компьютерных программ планирования.
- Должно быть проведено моделирование облучения с учетом диагностических рентгенограмм зоны облучения, формы объекта. Область планируемого воздействия должна быть сфотографирована с обозначением номера, размера и ориентации полей облучения.
- Должны быть подготовлены устройства для иммобилизации больного и формирования луча.

# Лучевая терапия назначается следующим образом

- Врач-радиолог записывает в терапевтической карте больного направление на курс лучевой терапии, в котором отражены указания и разрешение на облучение для техника-радиолога, непосредственно проводящего процедуру
- . В нем также указывается область воздействия, доза на фракцию, количество доз в день (для режимов гиперфракционирования) или в неделю, энергия пучка, описание поля облучения и общая доза.
- Часто в направлении даются также указания по наблюдению за состоянием больного (взятие анализов крови, взвешивание)

- В практике лучевой терапии широкое применение получили так называемые блоки.
- Блоками называют предметы, располагаемые между источником излучения и пациентом с целью ограничения поля лучевого воздействия и придания ему формы.
- Использование блоков помогает максимально избежать облучения нормальной ткани организма.
- Сначала локализуют область воздействия с помощью рентгенографии. Врач-радиолог помечает на снимке участки, которые нужно исключить из облучения.
- Снимок становится шаблоном для пенопластового щита, с выемками, которые будут заполнены Cerrobend, легкоплавким сплавом висмута, олова, свинца и кадмия.
- После охлаждения блоки Cerrobend вынимаются из пенопласта и закрепляются на прозрачном держателе с надписанным именем больного и правилами ориентировки.

- 
- Чтобы проверить, что лучевая терапия проводится в соответствии с планом и моделью, необходимо сделать рентгенограммы, подтверждающие правильность размера и положения поля облучения, а также позы больного.
  - Такие рентгенограммы называются проходными, или контрольными, снимками, обычно их делают раз в неделю или в момент изменения характеристик поля облучения и блоков.
  - *Проходные снимки* отличаются от диагностических рентгенограмм тем, что последние получаются при энергии излучения в киловольтном диапазоне, тогда как первые - на ускорителях с энергией в диапазоне мегавольт.
  - На таких высоких энергиях кости и мягкие ткани поглощают излучение в одинаковой степени и проявляются одинаково.

# Облучение больного фракционируют

*Фракционированием* называют разделение тотальной дозы облучения на несколько меньших долей. Известно, что желаемый эффект от облучения может быть получен при разделении общей дозы на ежедневные фракции с одновременным снижением токсичности

Существует два метода фракционирования

- гиперфракционирование
- ускоренное.

- При гиперфракционировании стандартная доза разделяется на меньшие, чем обычные фракции, назначаемые дважды в день; общая продолжительность лечения (в неделях) остается почти прежней.

Смысл такого воздействия в том, что:

- снижается токсичность поздно-реагирующих тканей, которые обычно более чувствительны к размеру фракции;
- увеличивается общая доза, что повышает вероятность уничтожения опухоли.
- Общая доза при ускоренном фракционировании немного меньше или равна стандартной, но период лечения короче. Это позволяет подавить возможность восстановления опухоли за время лечения.
- При ускоренном фракционировании назначают два или больше облучений в день, фракции обычно меньше стандартны

# Методы лучевой терапии

- Основным принципом лучевой терапии является создание достаточной дозы в области опухоли для полного подавления ее роста при одновременном щажении окружающих тканей. В основу классификации методов лучевой терапии положено деление их по виду ионизирующего излучения (гамма-терапия, рентгенотерапия, электронная терапия). Целесообразно рассматривать методы лучевой терапии не только в зависимости от вида ионизирующего излучения, но и от способа его подведения к патологическому очагу.

- *Дистанционные методы облучения* – это такие методы лучевой терапии, при которых источник находится на расстоянии от облучаемой поверхности.

#### 1.1 Дистанционная гамма-терапия

- Статическая: открытыми полями, через решетку, через свинцовый клиновидный фильтр, через свинцовые экранирующие блоки.
- Подвижная: ротационная, маятниковая (секторная), тангенциальная или эксцентричная, ротационно-конвергентная, ротационная с управляемой скоростью.

#### 1.2 Терапия тормозным излучением высокой энергии

- Статическая: открытыми полями, через решетку, через свинцовый клиновидный фильтр, через свинцовые экранирующие блоки.
- Подвижная: ротационная, маятниковая, тангенциальная, ротационная с управляемой скоростью.

#### 1.3 Терапия быстрыми электронами

- Статическая: открытыми полями, через свинцовую решетку, клиновидный фильтр, экранирующие блоки.
- Подвижная: ротационная, маятниковая, тангенциальная.

#### 1.4 Рентгенотерапия

- Статическая: открытыми полями, через свинцовую решетку.
- Подвижная: ротационная, маятниковая, тангенциальная.



2. *Контактные методы* – это такие методы лучевой терапии, когда источник излучения во время лечения находится в непосредственной близости от опухоли или в ее ткани.

2.1 внутрисполостной;

2.2 интратканевый;

2.3 радиохирургический;

2.4 аппликационный;

2.5 близкофокусная рентгенотерапия;

2.6 метод избирательного накопления изотопов;



3. *Сочетанные методы* лучевой терапии – сочетание одного из методов дистанционного или контактного облучения.

4. Комбинированные методы лечения злокачественных опухолей

4.1 лучевая терапия и хирургическое лечение;

4.2 лучевая терапия и химиотерапия.

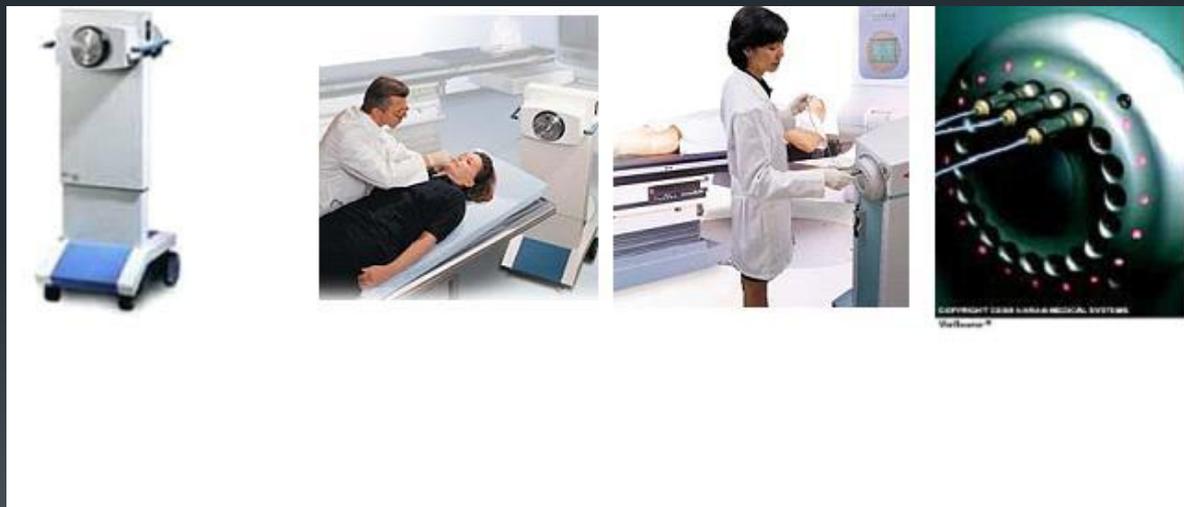
# Брахитерапия

- **Брахитерапия** (контактная лучевая терапия, кюри-терапия (уст.)) — вид радиотерапии, когда источник излучения (Ra-226, Ir-192, I-125, Cs-137, Co-60) вводится внутрь поражённого органа. Преимущество метода заключается в возможности подведения максимальных доз лучевой терапии непосредственно на опухолевый очаг и в зону интереса при минимизации воздействия на критические органы и смежные ткани.
- Широко используется в лечении опухолей шейки матки, тела матки, предстательной железы (простаты), влагалища, пищевода, прямой кишки, языка и др.

- Вскоре после того, как в 1896 году Генри Беккерель открыл явление радиоактивности, ионизирующее излучение было предложено для лечения злокачественных новообразований. В 1901 году Мари и Пьер Кюри предложил д-ру Данлосу в госпитале св. Льюиса (Париж) попробовать вводить в опухоль трубочки с радием, таким образом положив начало принципу брахитерапии. В 1903 году совершенно независимо подобное предложение сделал Alexander Graham Bell, в письме к редактору журнала "Archives Roentgen Ray". В первых опытах было показано, что введение радиоактивных материалов заставляет опухоль уменьшаться.
- В начале XX века основные работы по брахитерапии проводились в институте Кюри (Париж) и в Мемориальном Госпитале (Нью-Йорк). Д-ром William Mayers в Университете штата Огайо были введены в практику брахитерапии некоторые радиоизотопы, в том числе золото-198, кобальт-60, йод-125 и фосфор-32. Подобные работы продолжались на протяжении 1910-1930 годов. Однако введение в практику наружной гамма-терапии для глубоких опухолей и проблемы, связанные с облучением от высокоактивных источников, привело к уменьшению интереса к брахитерапии до 70-х годов.

Установки брахитерапии (внутриполостной терапии) общего назначения (с извлечением источников после облучения) выпускает целый ряд фирм, наиболее известные среди них – Varian (установки серии GammaMed и серии VariSource) и фирма Nucletron (приборы серий Selectron и microSelectron). Начиная с 1978 года по всему миру установлено более 2500 систем Selectron и MicroSelectron.

В таких приборах в качестве источника применяют изотоп иридий-192. Размеры капсул составляют доли миллиметра в диаметре и длина несколько миллиметров. На современном этапе это в основном установки, работающие по принципу «afterloader» с высокой мощностью дозы (HDR).



# Основные применения брахитерапии:

- Внутриполостная брахитерапия с размещением радиоактивных источников в аппликаторах установленных в полостях, т.е. в матку, влагалище и т.д.
- Внутрипросветная брахитерапия – временное размещение радиоактивных источников внутри полости. Это часто используется для лечения опухолей преграждающих отверстие легочного бронха, желчного протока, пищевода и т.д.
- Внутритканевая брахитерапия – временный или постоянный имплантат радиоактивной капсулы или иглы в тело опухоли. Это особенно хорошо при лечении простаты, гинекологии, локально рекуррентного рака. Согласно методике, сначала устанавливается катетер или кондуктор в требующийся объем, а затем вводится радиоактивный источник.

