

Методы лучевой терапии

Лекция 3

**ЛЕКТОР: ЗАВ. КАФЕДРЫ
ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКИ, ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ,
К.М.Н., ДОЦЕНТ**

КАДЫРОВА АЛИЯ ИШЕНБЕКОВНА

- **целью лучевой терапии на протяжении всего периода ее применения является соблюдение основного радиотерапевтического принципа: максимальное повреждающее действие на опухоль и уменьшение лучевой нагрузки на окружающие здоровые ткани.**
- **Согласно заключению экспертов ВОЗ, успех лучевой терапии примерно на 50% зависит от радиочувствительности опухоли, на 25% — от аппаратного оснащения и на 25% — от выбора рационального плана лечения и точности его воспроизведения от сеанса к сеансу облучения**

Клиническая топометрия

- **Определение размеров патологических образований ее ориентация в теле пациента**
- **Площади**
- **Объема**
- **Взаимное расположение (синтопия)**
- **Расстояние между «таргетом» и «критическими органами»**

Топометрическое оборудование

- Рентгеновский симулятор
- Рентгеновский компьютерный томограф
- МРТ
- ПЭТ/КТ

Топометрическое оборудование



Методы лучевой терапии:

1. По энергии различают орто-, мега- и супервольтные излучения:

- ортовольтное излучение имеет энергию от 40 до 400 кэВ,
- мегавольтное – от 1 до 15 МэВ и
- супервольтное – свыше 15 МэВ.

2. По виду излучения

При применении квантовых излучений выделяют рентгенотерапию, гамма-терапию;

При использовании корпускулярных излучений – электронную, нейтронную терапию и терапию тяжелыми заряженными частицами (протонами, пи-мезонами, альфа-частицами).

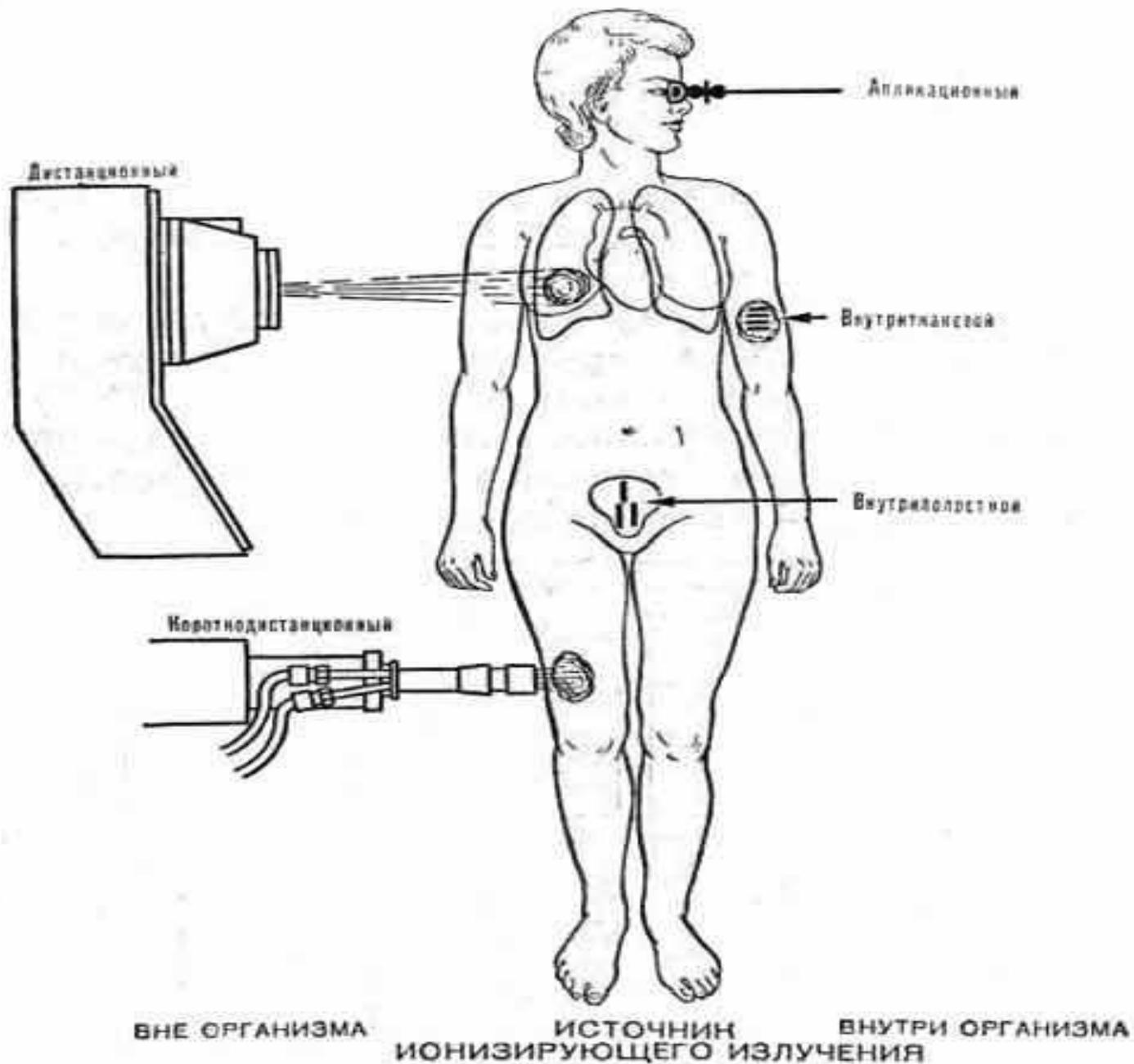
3. По способу подведения энергии к очагу.

В практике лучевой терапии имеется разделение по способу облучения на наружные и контактные методы.

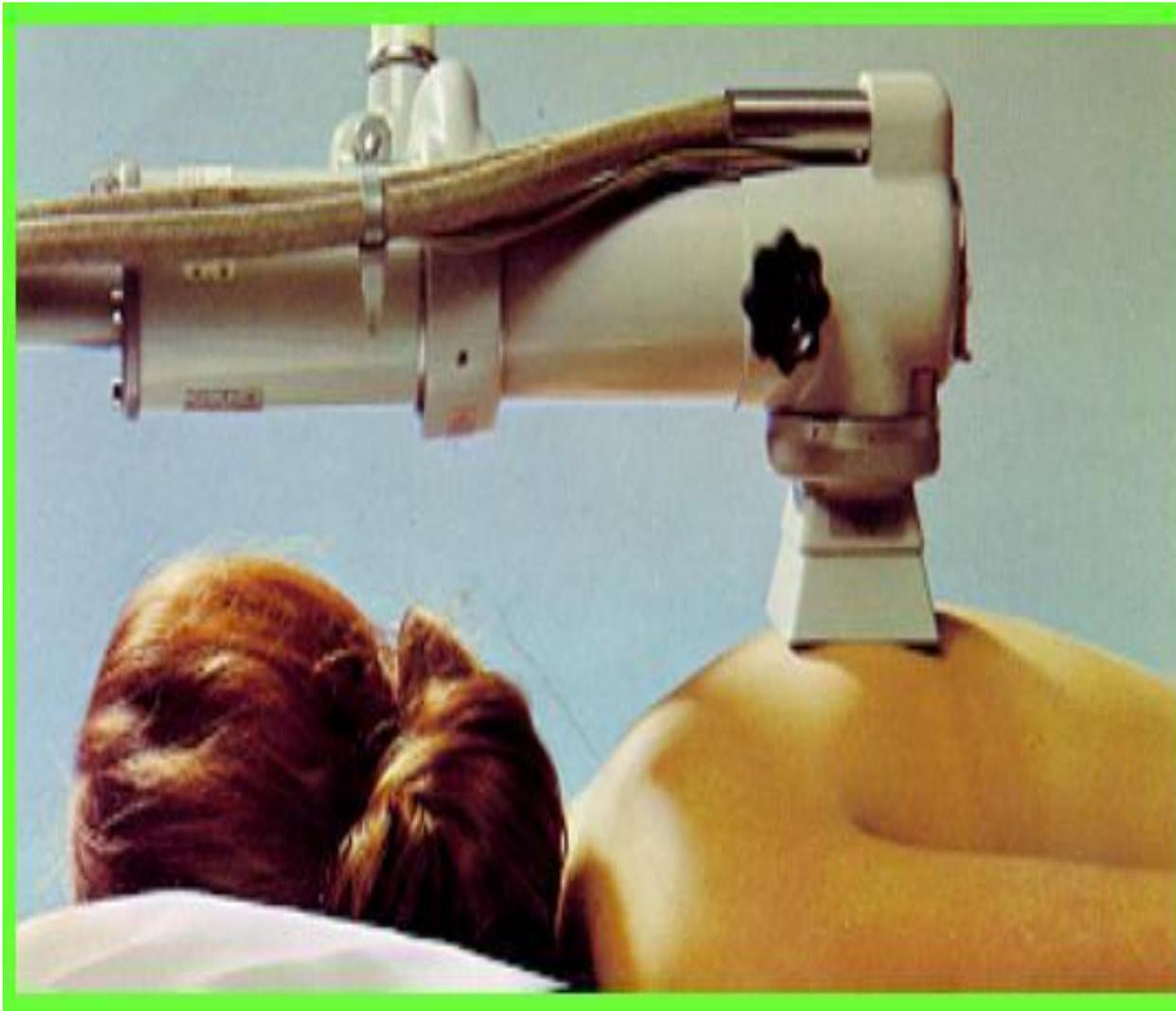
- **Ортовольтное рентгеновское излучение**
(с энергией фотонов 400-600 кэВ)
поглощается главным образом
поверхностными тканями, в связи с чем
применяется для лечения злокачественных
опухолей кожи
- **Мегавольтное рентгеновское излучение**
(с энергией фотонов свыше 1 МэВ)
применяют для лечения глубоко
расположенных опухолей, поскольку оно
слабо поглощается поверхностными
тканями и щадит кожу.

Методы лучевой терапии

I. Дистанционные	II. Контактные
<p>1. Дальнедистанционное Режимы облучения: а) Статические (однопольное, встречными полями) б) Подвижные (многопольное, ротационное, секторное, касательное облучения)</p> <p>2. Короткодистанционное</p>	<p>1. Брахитерапия</p> <p>2. Системная лучевая терапия</p>
<p>III. Сочетанный метод лучевой терапии</p>	
<p>Комбинация двух групп</p>	



Близкофокусная рентгенотерапия



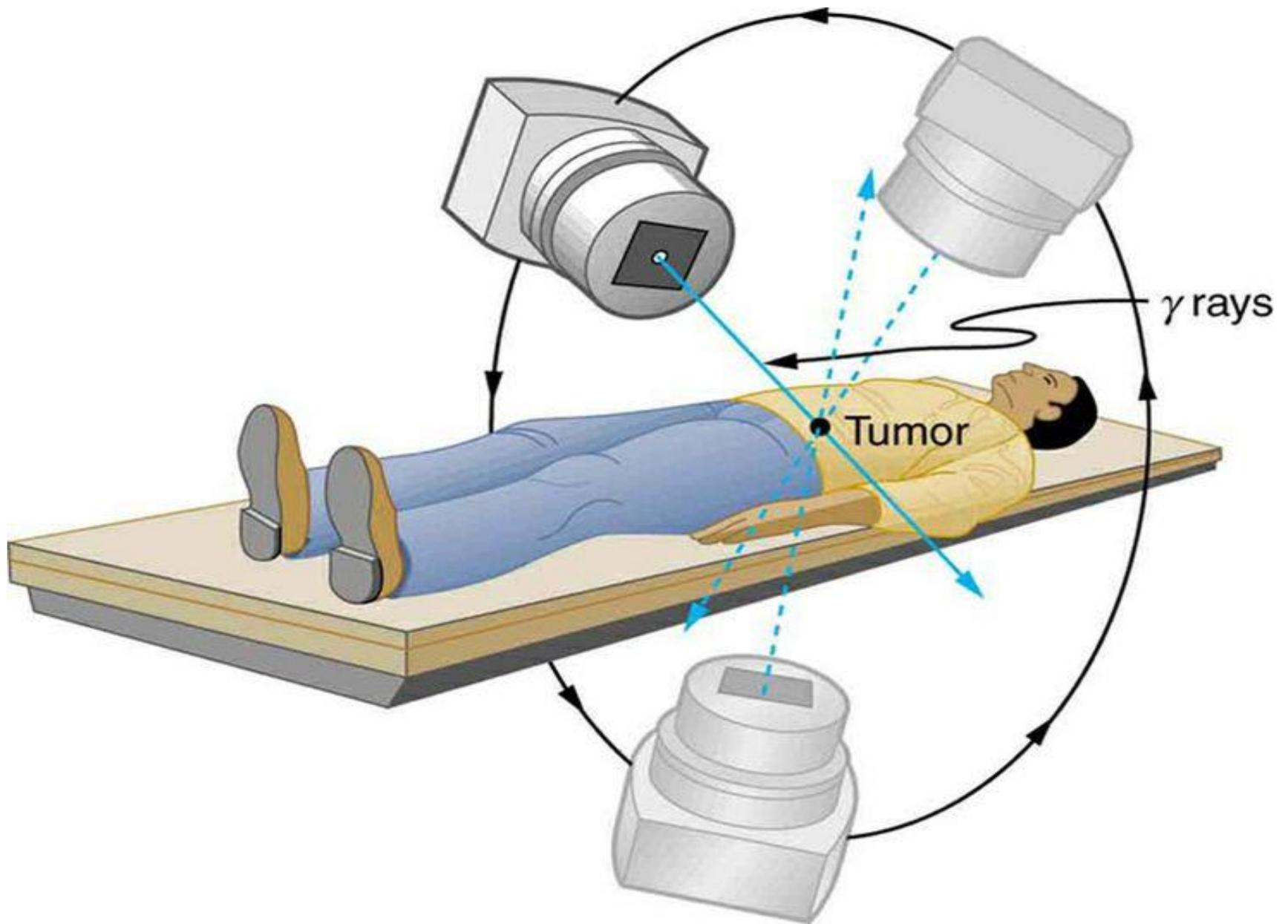
- Для лечения эпителиальных новообразований кожи наиболее широко применяется фракционная близкофокусная рентгенотерапия, которая осуществляется путем ежедневного воздействия на очаг; поглощенная разовая доза составляет 3-5 Гр, общая суммарная доза

Близкофокусная рентгенотерапия

- применяется как самостоятельный метод лечения опухолей кожи (кератоакантомы, ангиомы, рак, и др.)
- реже, как составная часть комбинированного лечения опухолей полостных органов (рак полости рта, прямой кишки и др.).

Противопоказания:

- 1. Глубокие поражения кожи (рак на рубцах после ожога, волчанки, сифилиса, рецидив рака кожи после лучевой терапии).
- 2. Поражение глубже 12 мм; здесь предпочтительнее дистанционные методы облучения.



современные линейные ускорители оснащаются устройствами с 120-180 лепестками, в том числе варьирующими по ширине от 1см до

2,5-5 мм.



- **Для достижения наиболее адекватной «конформности воздействия», т.е. облучения, которое соответствует объему данной опухоли, современные медицинские линейные ускорители оснащаются многолепестковыми коллиматорами с возрастанием числа и уменьшением размеров формирующих поле лепестков**



Методы дистанционной радиотерапии

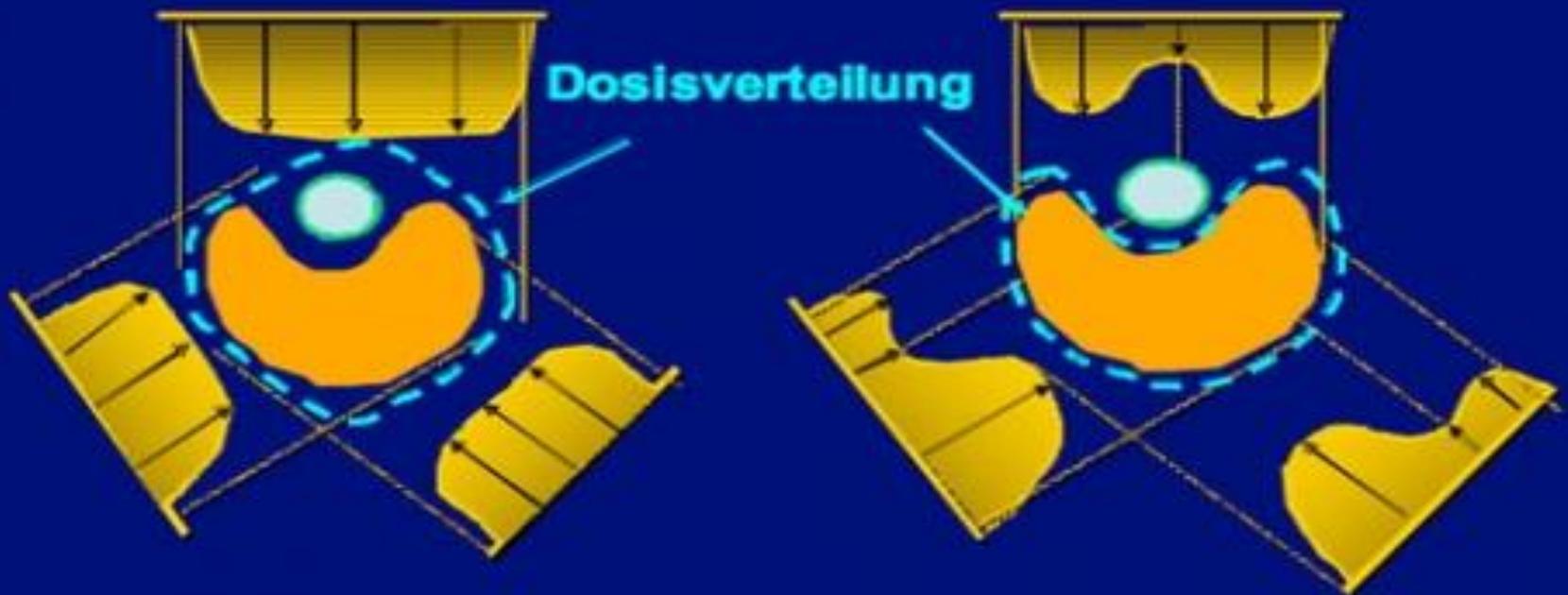
- **Конвенциональное облучение (conventional irradiation)**
- **Конформное (conformal irradiation)**
- **Интенсивно модулированная радиотерапия (intensity-modulated radiation therapy – IMRT),**
- **Корректируемая по изображениям (image guided radiation therapy – IGRT)**

Интенсивно модулированная радиотерапия

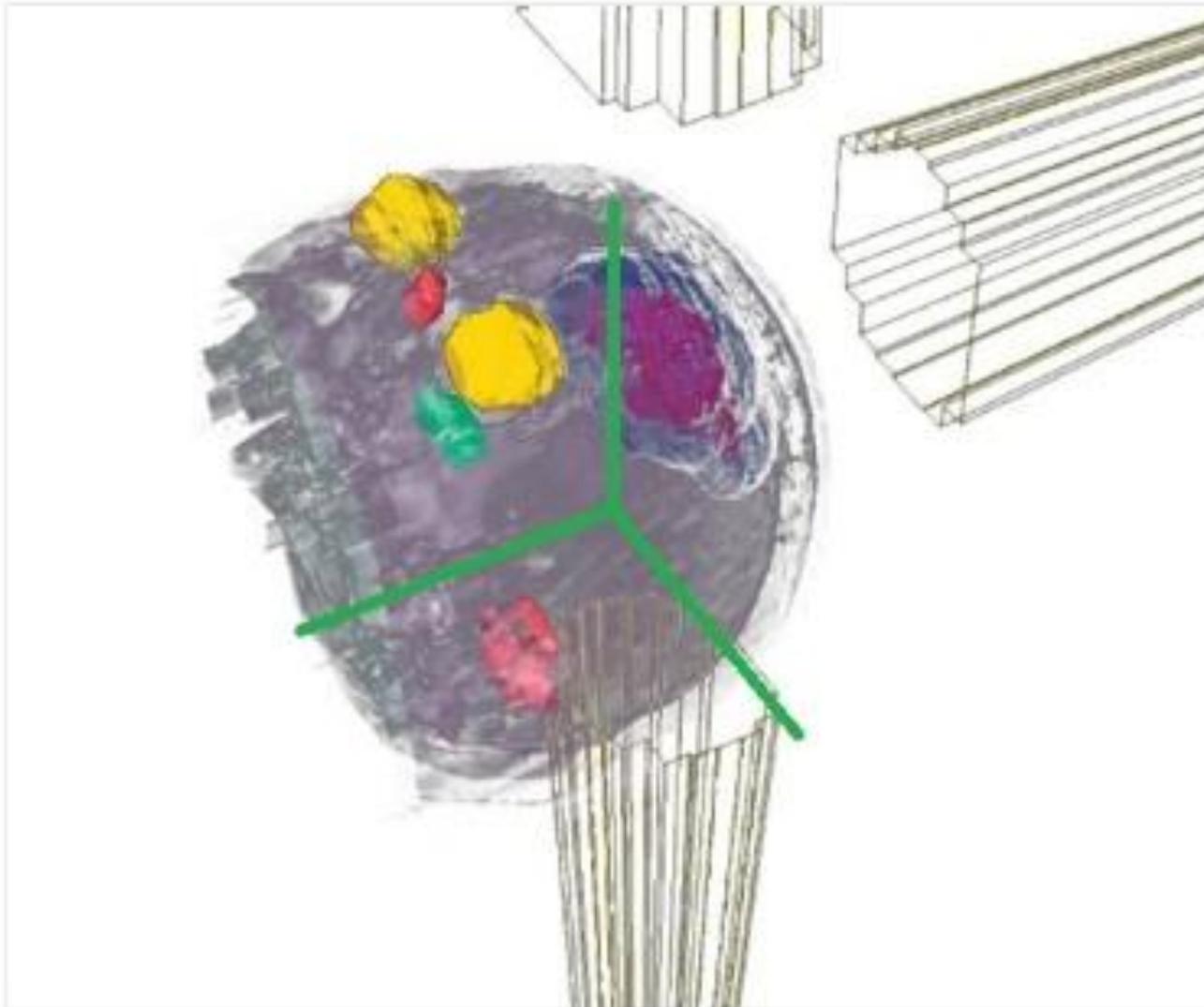
Radiochirurgie – IMRT

Normale RT

IMRT



Интенсивно модулированная радиотерапия опухоли головного мозга

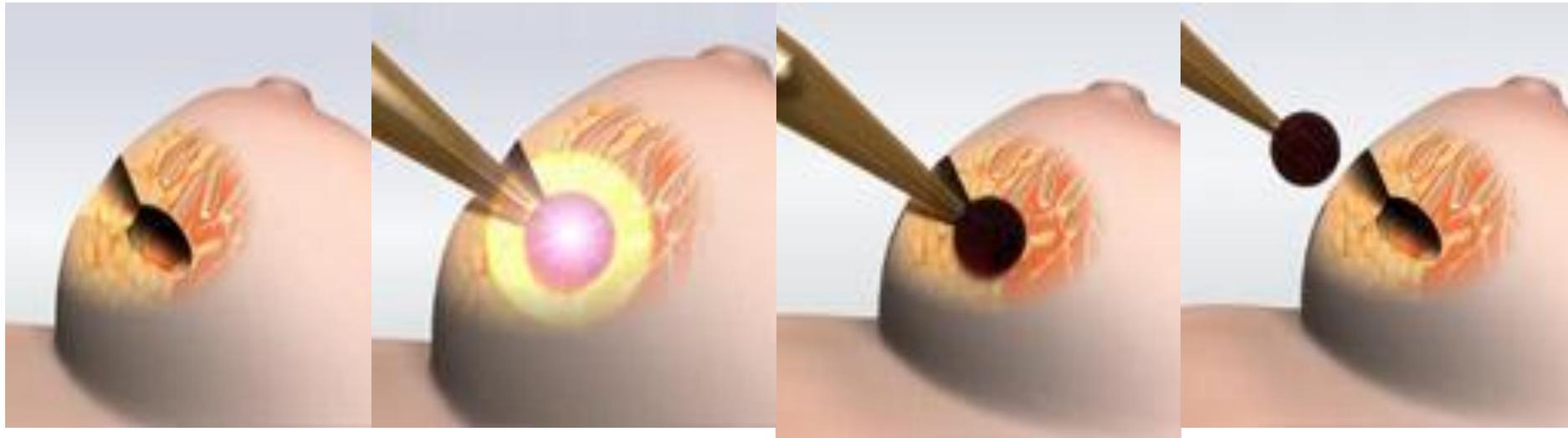


Опухоль головного мозга, конформное облучение с трех полей. Трехмерная визуализация дозного распределения: красный - клинический объем мишени; синий - планируемый объем мишени; зеленый - хиазма (критический орган); желтый - глазные яблоки (критический орган)

Установка для интраоперационного облучения «Intrabeam PRS»



Низкоэнергетическое излучение направляется на ткань в ложе опухоли



После сеанса лучевой терапии, продолжающегося 20-40 минут, головка корпуса аппарата INTRABEAM извлекается, и затем хирург ушивает разрез

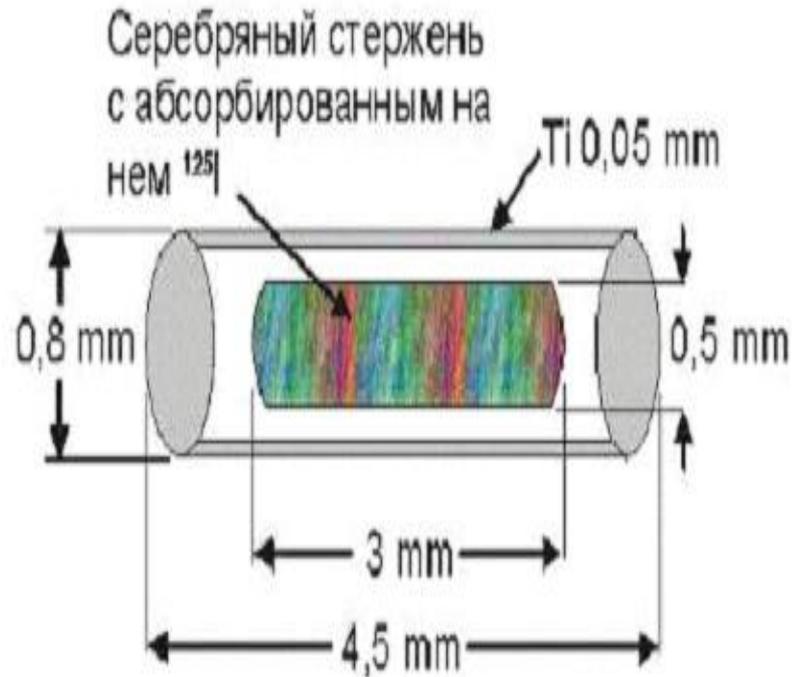


- **доза 20 Гр эквивалентна примерно 40 Гр (подведенным обычным способом - 2 Гр ежедневно 5 раз в неделю).**
- **Однократное облучение опухоли в дозе 15-20 Гр не влияет на течение послеоперационного периода, вызывает гибель большинства субклинических метастазов**

Контактная лучевая терапия или брахитерапия

метод лечения, при котором радиоактивный источник, запаянный в герметическую капсулу, помещается во внутрь тела пациента и на коротких расстояниях от опухолевого процесса

радиоактивный источник



Схематическое изображение микроисточника.

Микроисточники

Новый класс микроисточников на основе аморфных веществ с применением нанотехнологий

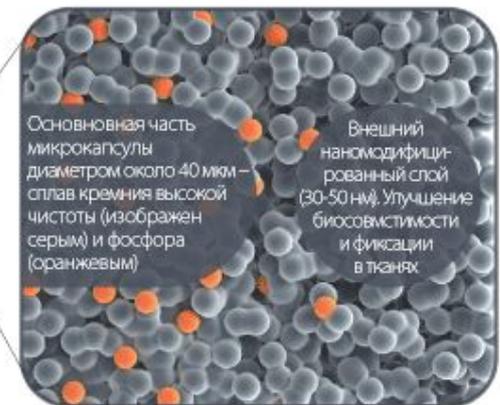


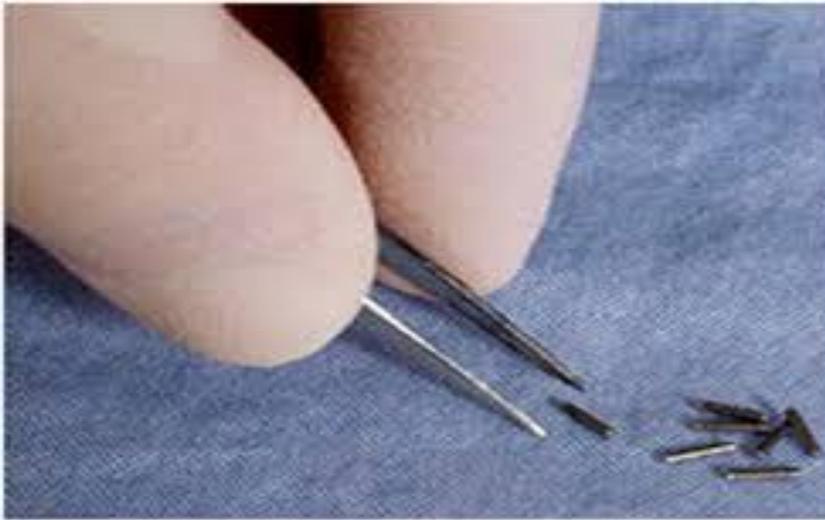
Стеклянные и полимерные микрошеры (40 мкм) с использованием изотопа ^{90}Y

Микроисточники для брахитерапии



Кремниевые микрошеры (40 мкм) с использованием изотопа ^{32}P





Рентгеновский маркер

Медицинский титан

Золотая проволока

Радионуклид ^{125}I (йод-125)
в виде йодида серебра*

*Радионуклид находится в пористой алюмооксидной керамике

Зерно

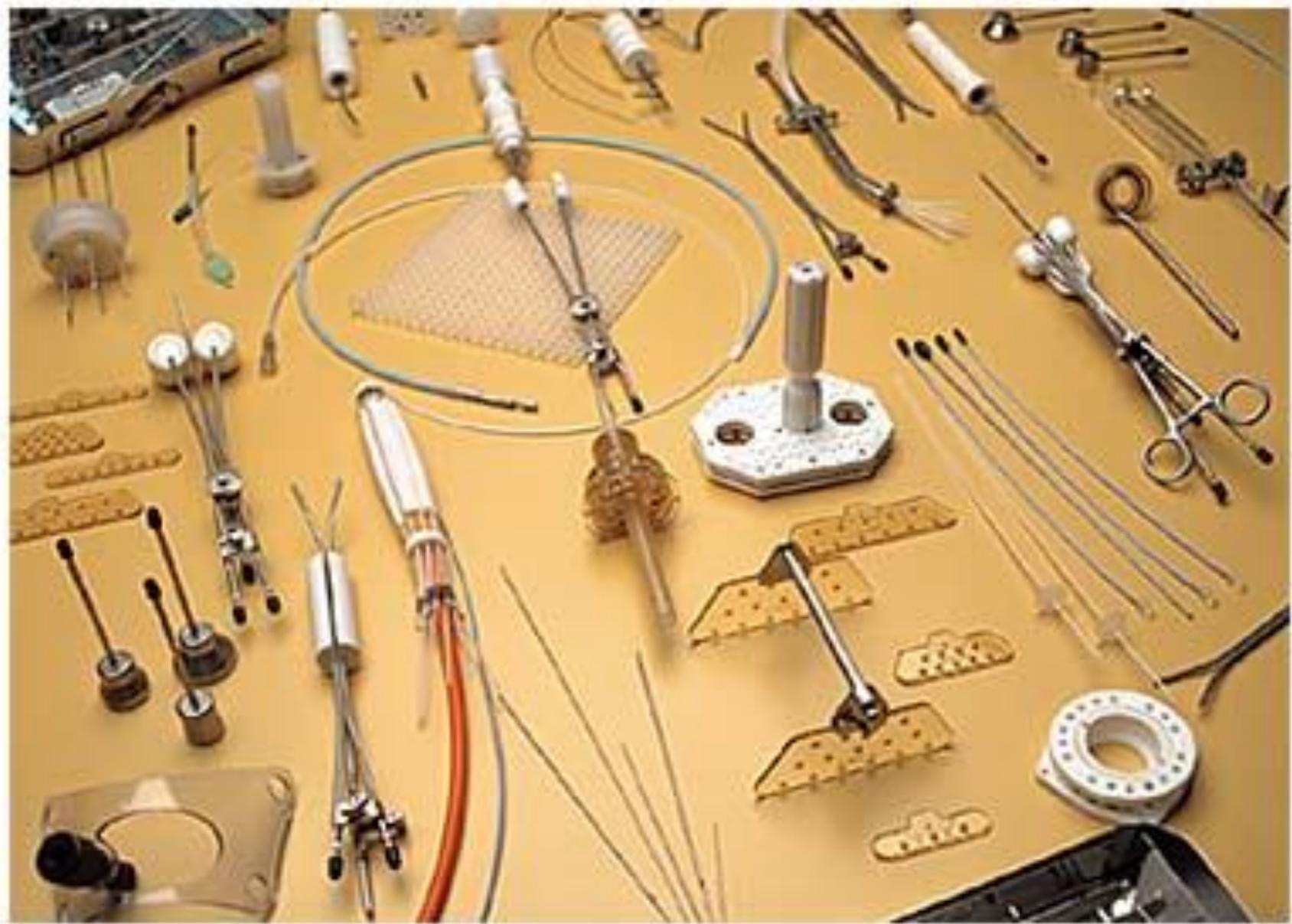
Капсула

Радиоактивное
вещество

4,5 нм







Методы брахитерапии

- внутриполостная;
- внутритканевая;
- внутрипросветная;
- аппликационная или поверхностная
- радиохирургическая

Мощность дозы излучения

- Брахитерапия низкой дозы радиации (НДР) включает имплантацию источников излучения, скорость которого составляет до 2 гр/ч. Брахитерапия НДР используется, как правило, для лечения рака полости рта, ротоглотки, простаты и саркомы.
- Брахитерапия средней дозы радиации (СДР) проводится с использованием средней дозы излучения от 2 гр/ч до 12 гр/ч.
- Брахитерапия высокой дозы радиации (ВДР) позволяет проводить облучение при дозах более чем 12 гр/ч. Наиболее часто брахитерапия ВДР применяется для лечения цервикального отдела пищевода, легких, груди и простаты. Большинство курсов лечения с ВДР проводятся амбулаторно.
- Импульсная брахитерапия подразумевает использование коротких импульсов излучения, которые обычно проводятся один раз в час. Их общая доза и эффективность подобна терапии низкими дозами излучения. При помощи импульсной брахитерапии лечат, как правило, рак женских половых органов, головы и шеи.

Продолжительность воздействия излучения

- Источники излучения могут размещаться в пораженные участки тела как на временной, так и постоянной основе.**
- Временная брахитерапии предполагает размещения источников излучения на установленное время (обычно от нескольких минут до нескольких часов). Затем эти источники удаляются из тела. При проведении импульсной брахитерапии и брахитерапии НДР, источник, как правило, остается в теле до 24 часов, затем удаляется. Процедура с применением высоких доз излучения обычно длится несколько минут.**
- В основе постоянной брахитерапии, также известной под названием "имплантация зерен", лежит размещение радиоактивных зерен. Эти гранулы остаются в теле на постоянной основе. Через несколько недель или месяцев, уровень излучения источников снизится почти до нуля. Постоянная брахитерапия наиболее часто используется для лечения рака простаты**

Два способа имплантации

- Временная внутритканевая брахитерапия в качестве источника излучения предусматривает использование иридия.
- Постоянная брахитерапия производится путем помещения источника излучения (йод, палладий) в ткань органа на длительное время.

Внутриканевой метод облучения

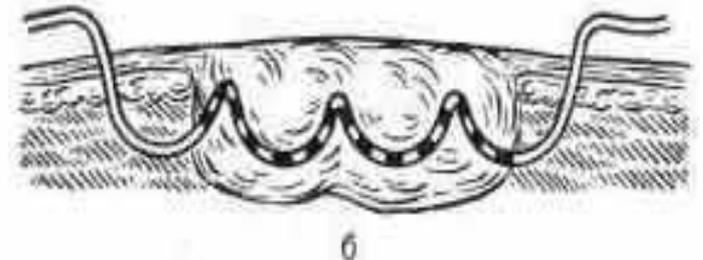
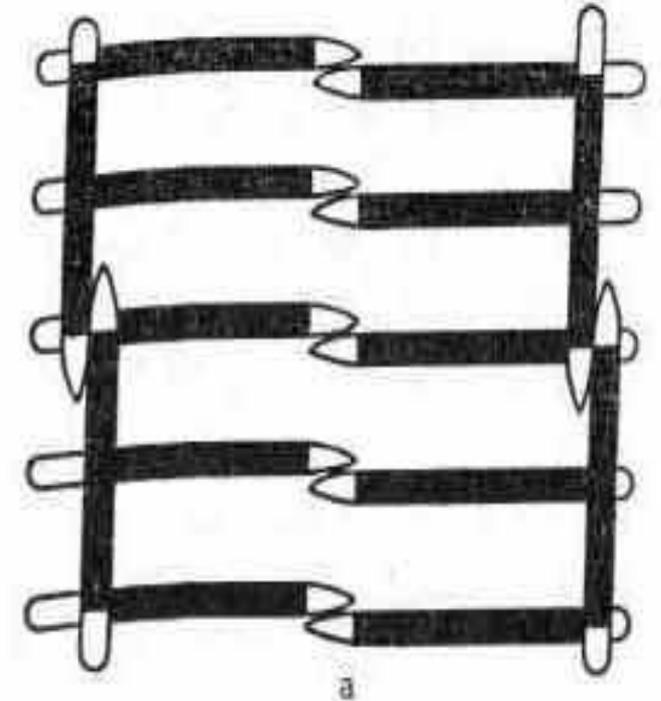
- Для гамма-терапии используют закрытые радиоактивные препараты в иглах, гранулах, проволоке, зернах. Источниками излучения в них являются радионуклиды ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{182}Tm , ^{192}Ir .

Наиболее широко употребляют иглы. Во внутреннюю часть иглы вставляется штифт из ^{60}Co или ^{137}Cs . Наружный диаметр иглы не превышает 1 — 1,2 мм.

Удобны для употребления также нейлоновые трубочки с заключенными в них гранулами радионуклида. Чередую активные гранулы с неактивными, можно получить источник излучения любой линейной активности.

Внутриканевая брахитерапия

- Основной задачей врача при применении внутриканевого метода является создание равномерного дозного поля в опухоли из отдельных источников излучения. Для этого иглы или нейлоновые трубочки вводят в опухоль и вокруг нее параллельными рядами через 1 — 1,2 см друг от друга или в виде прямоугольника, а также других фигур.

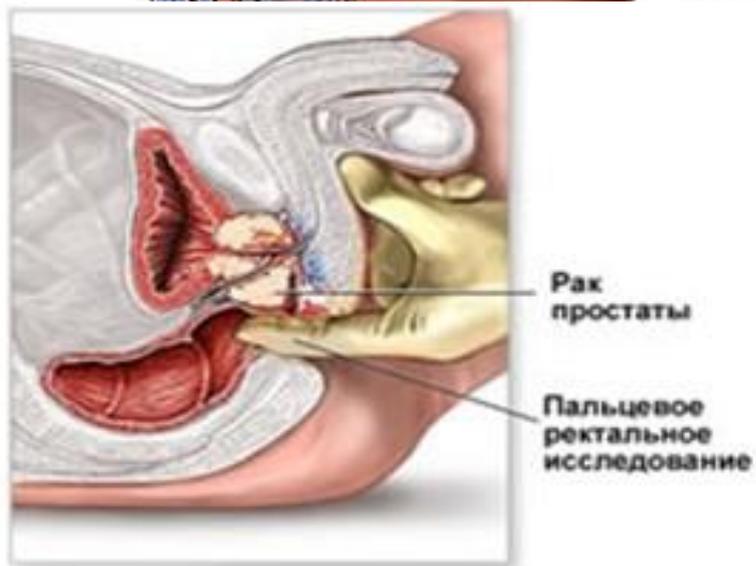
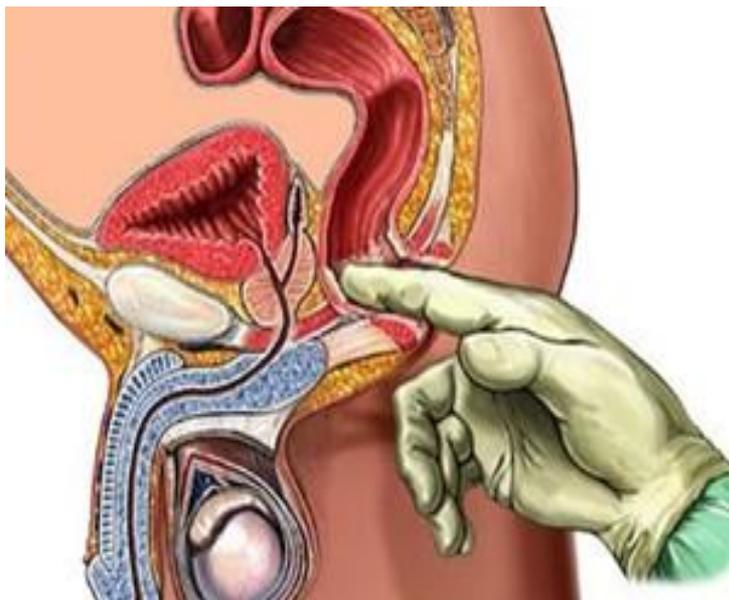


- При внутритканевом методе используется непрерывное облучение опухоли до намеченной суммарной дозы.
- В зависимости от природы новообразования и состояния окружающих тканей эту суммарную очаговую дозу обычно доводят до 60 — 70 Гр за 6 — 7 дней.

Постоянная внутритканевая брахитерапия

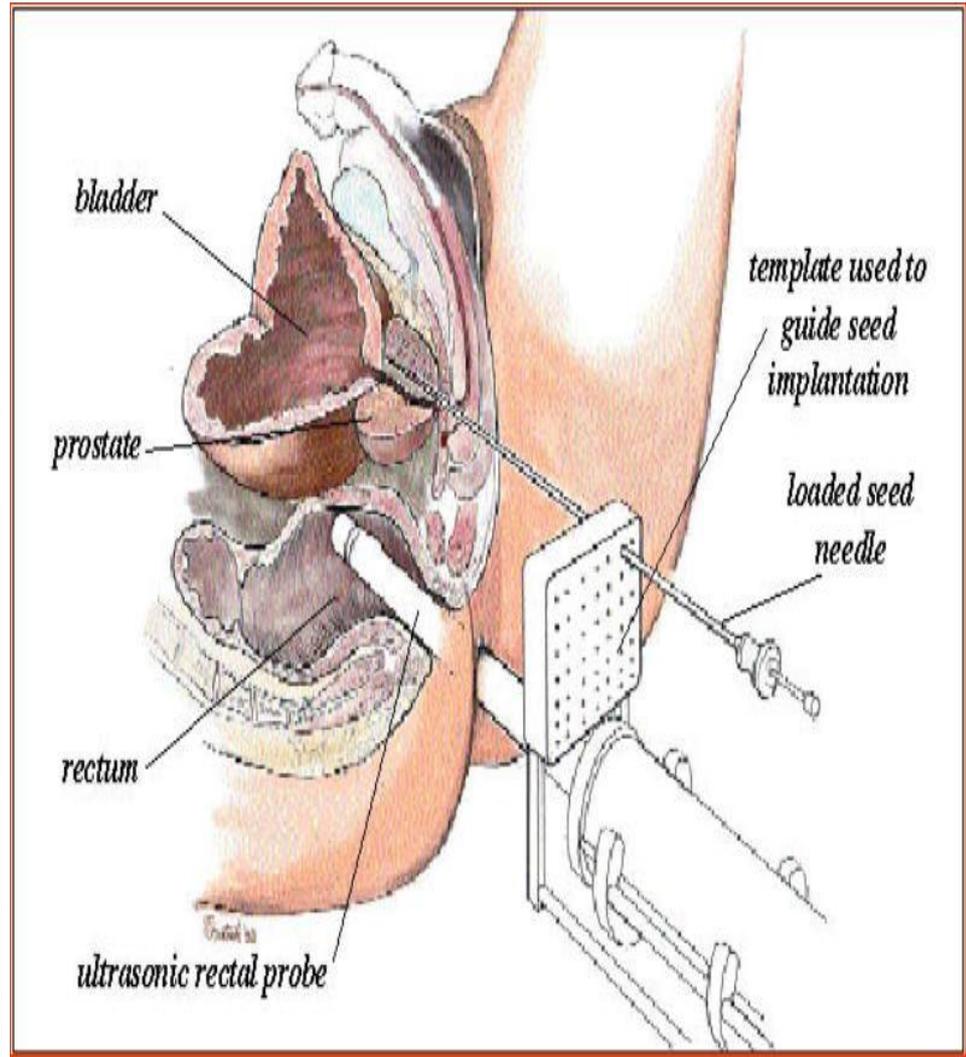


- Рак предстательной железы (РПЖ) – одно из самых встречающихся злокачественных новообразований у мужчин среднего и пожилого возраста.



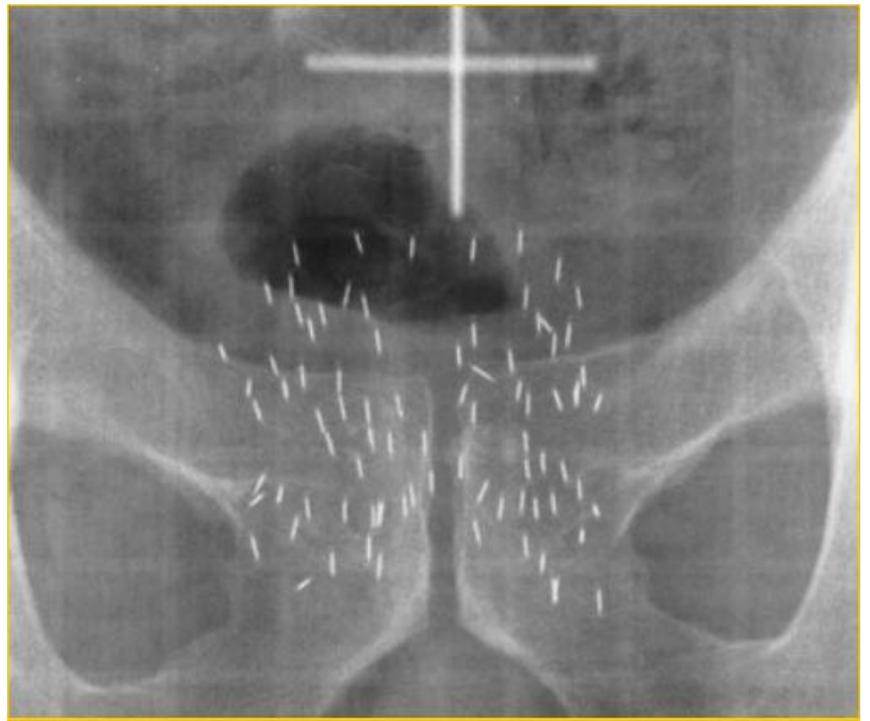
Пальцевое ректальное исследование является простым, доступным и дешевым методом исследования ПЖ. Метод обладает низкой чувствительностью.

Постоянная внутритканевая брахитерапия





- Implant of applicators, catheters or needles in theatre
- For prostate implants as shown here use transrectal ultrasound guidance



Основные преимущества Seed-имплантации

- радиоактивные изотопы йода-125 seed-частицы
- отличный прогноз на выздоровление пациентов (10-летняя выживаемость составляет порядка 80%);
- минимальный срок реабилитации;
- высокодозность и узконаправленность излучения;
- низкий процент осложнений;
- одинаково хорошая переносимость для всех групп пациентов (в т.ч. для пожилых людей без ТУР в анамнезе, а также для лиц с сопутствующими заболеваниями разной тяжести).

- Сама операция по имплантации продолжается порядка 1-1,5 часов, а через 1-1,5 месяца производится постоперационный контроль посредством компьютерной томографии, позволяющей точно определить положение каждого импланта. Оптимальная дозировка "зерен" позволяет постепенно снизить критический показатель ПСА в крови пациента в течение последующих 180-240 суток.
- Seed-имплантация стоит в онкоцентрах Германии примерно в два раза дешевле, чем радикальная простатэктомия. Средняя стоимость брахитерапии варьирует от 9000 до 12000 EUR: точная цифра зависит от выбранной клиники и гонорара оперирующего профессора.

Показания для брахитерапии

Для проведения процедуры [брахитерапии](#) подходят пациенты:

1. с раком предстательной железы в стадии T1 – T3;
2. с хорошей или умеренной дифференциации степени злокачественности;
3. без поражения семенных пузырьков по данным магниторезонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (КТ);
4. без признаков выраженного нарушения мочеиспускания (инфравезикальной обструкции) — максимальная скорость потока мочи при урофлоуметрии (Q max) должна быть более 15 мл/сек;
5. отсутствием остаточной мочи по данным УЗИ простаты и мочевого пузыря;
6. простатспецифический антиген (ПСА) должен быть в пределах до 15-20 нг/мл;
7. объем простаты до 50 см³.

Высокодозная HDR- брахитерапия

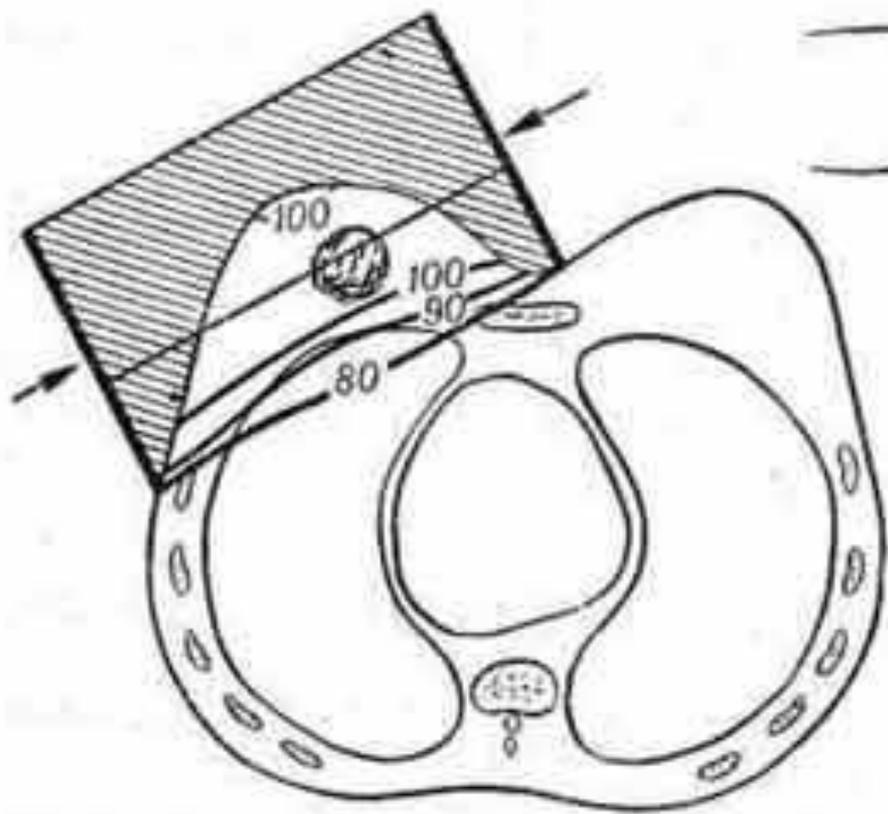
- Подходит при всех формах рака предстательной железы.
- Это эффективный и щадящий метод лечения рака простаты.
- Во время сеанса HDR-брахитерапии в опухоль доставляется высокая доза облучения, безопасная для здоровых тканей. Благодаря чему курс облучения составляет всего лишь несколько сеансов, иногда только один.
- Во время процедуры под контролем УЗИ в предстательную железу устанавливаются иглы-троакары, через которые к очагу поступает источник облучения – Иридий.
- Брахитерапия проводится под наркозом, после операции пациент остается на сутки в клинике.

Методика высокодозной брахитерапии

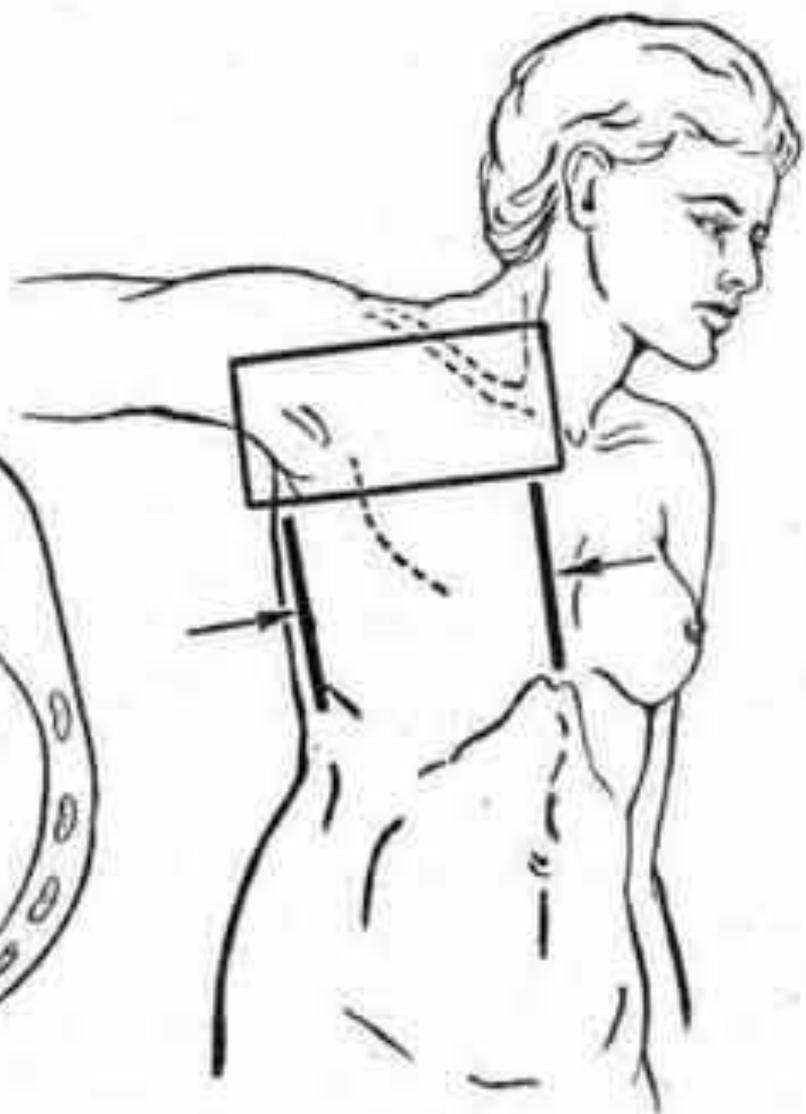
- заключается в том, что в толщу опухоли вводится тонкий катетер, который затем соединяется со специальным аппаратом. Из него в катетер помещается тонкий провод, на конце которого зерно радиоактивного иридия. Все это проводится под контролем компьютера, он же рассчитывает длительность нахождения каждого радиоактивного зерна в катетере.
- Высокодозная брахитерапия позволяет обеспечить достаточное облучение опухоли в течение нескольких минут. Сам радиоактивный материал после брахитерапии в организме не остается.

Лучевая терапия рака молочной железы

- Применяется в следующих случаях:
- После проведения лампэктомии для уменьшения риска возврата патологии.
- После мастэктомии, если объемы опухоли более пяти сантиметров, либо вторичные очаги появились в лимфоузлах.
- При распространённой форме заболевания, когда злокачественные клетки проникают в другие органы и ткани.
- **Внешнее облучение рака груди**
- Чаще всего; на уровень излучения влияет вид операции, а также наличие вторичных очагов в лимфоузлах.
- В ходе выполнения лампэктомии может быть проведена интраоперационная лучевая терапия
- После хирургического вмешательства радиотерапию, как правило, назначают спустя месяц. Период лечения обычно занимает около двух месяцев, пять раз в неделю.



a



c

Ускоренное облучение с SAVI - аппликатором

- SAVI™



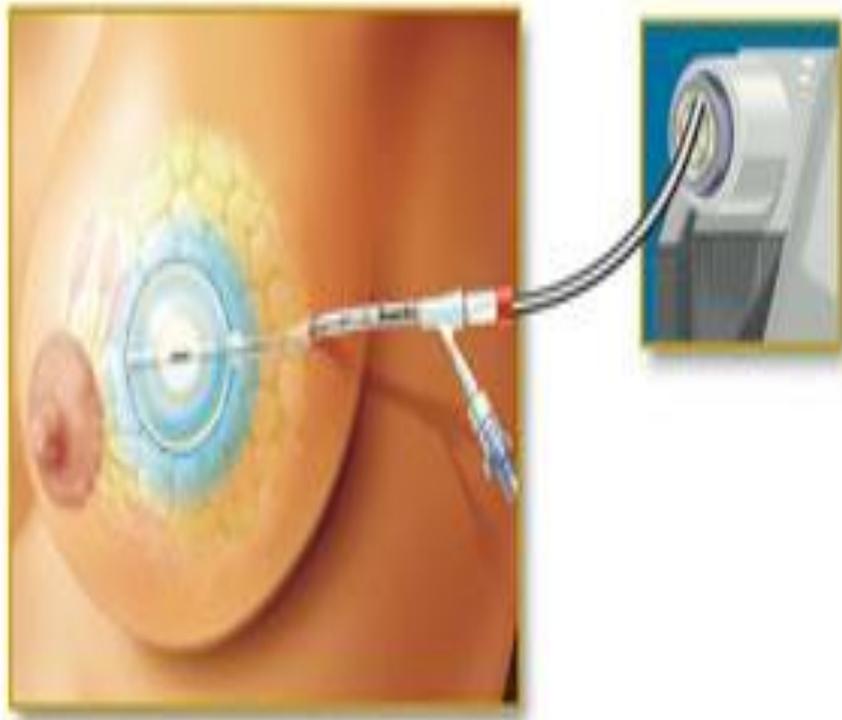
- Впервые внедрен в 2006 г.
- Это устройство представляет собой комплект из мягких, крошечных катетеров.
- расписание: 5-10 мин дважды в день в течение 5 дней

SAVI -аппликатор



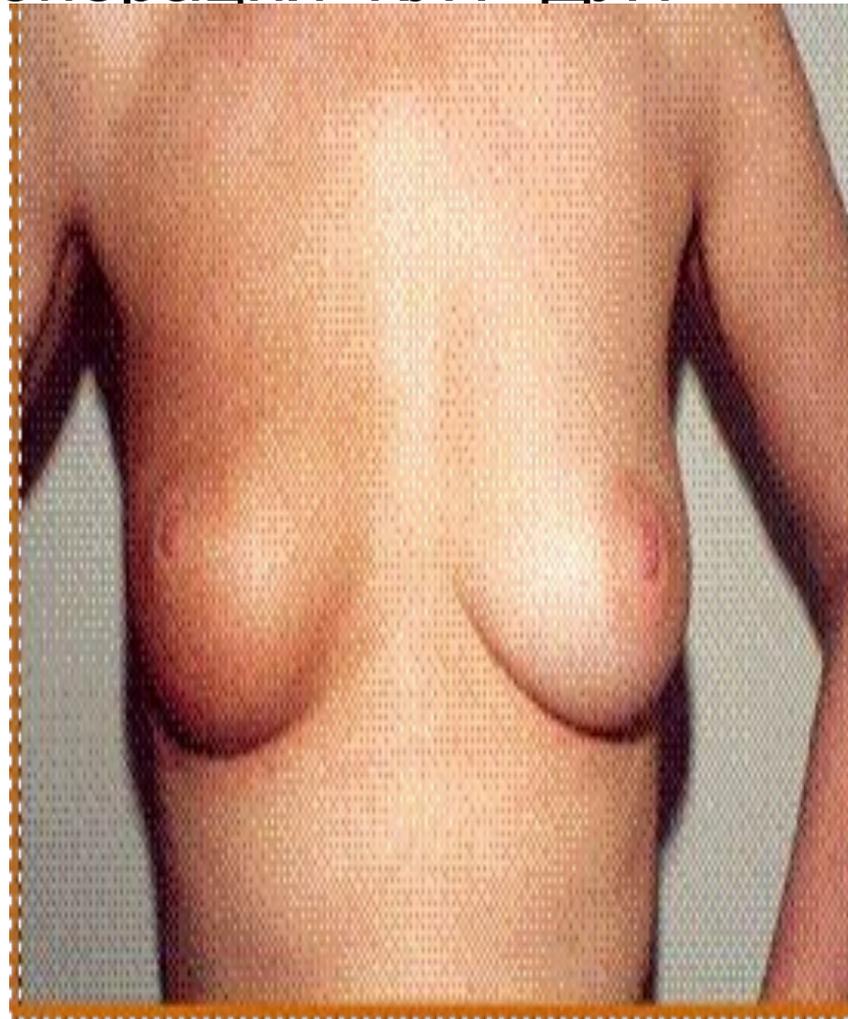


MammoSite



- Наиболее применяемой является внутрисполостная брахитерапия, носит ускоренный характер. Используются специальные приспособления (MammoSite – одно из самых популярных), размещаются в пораженную область. Лечение включает сеансы в течение пяти дней. Радиоактивное вещество с помощью катетера вводят в устройство на небольшой промежуток времени, после этого извлекают.

отличный косметический эффект
консервативного лечения –
органосберегающая операция+КЛТ+ДЛТ



Поверхностная брахитерапия

- размещение источника излучения прямо на поверхности пораженной области.
- Наибольшую популярность методика аппликационной брахитерапии получила в офтальмологии. Дело в том, что опухоли органа зрения часто поражают такие структуры глаза, удалить которые без потери зрения нельзя. Это приводит к значительному снижению качества жизни пациентов. При помощи поверхностной лучевой терапии врачам удается воздействовать на опухоль глаза и сохранять пациенту зрение на высоком уровне.
- У многих пациентов рецидив злокачественного новообразования не отмечается на протяжении 10 и более лет, что считается великолепным результатом не только в онкоофтальмологии, но и при лечении других злокачественных образований.

Аппликационный метод облучения

- Если для облучения используют препараты, испускающие бета-частицы, то их вводят в органические ионообменные смолы или пропитывают ими специальную ткань, которую помещают в пластмассу или пленку. Такой аппликатор можно моделировать точно по форме облучаемого участка, т. е. наложить непосредственно на очаг поражения.



**АППЛИКАЦИОННАЯ ГАММАТЕРАПИЯ
ОПУХОЛИ БЛИЗКОСТЬ ЩЕКИ**



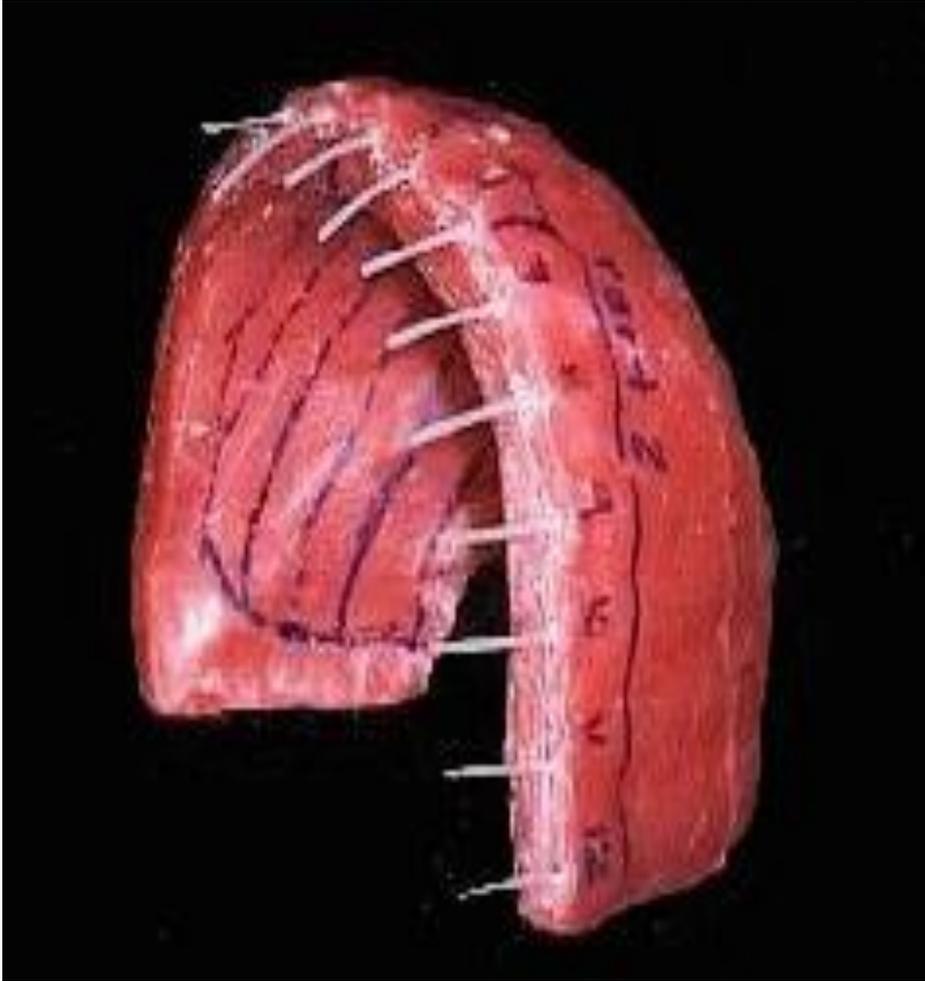
**АППЛИКАЦИОННАЯ
ГАММАТЕРАПИЯ ОПУХОЛИ
УГЛА ГЛАЗА**

Поверхностная брахитерапия

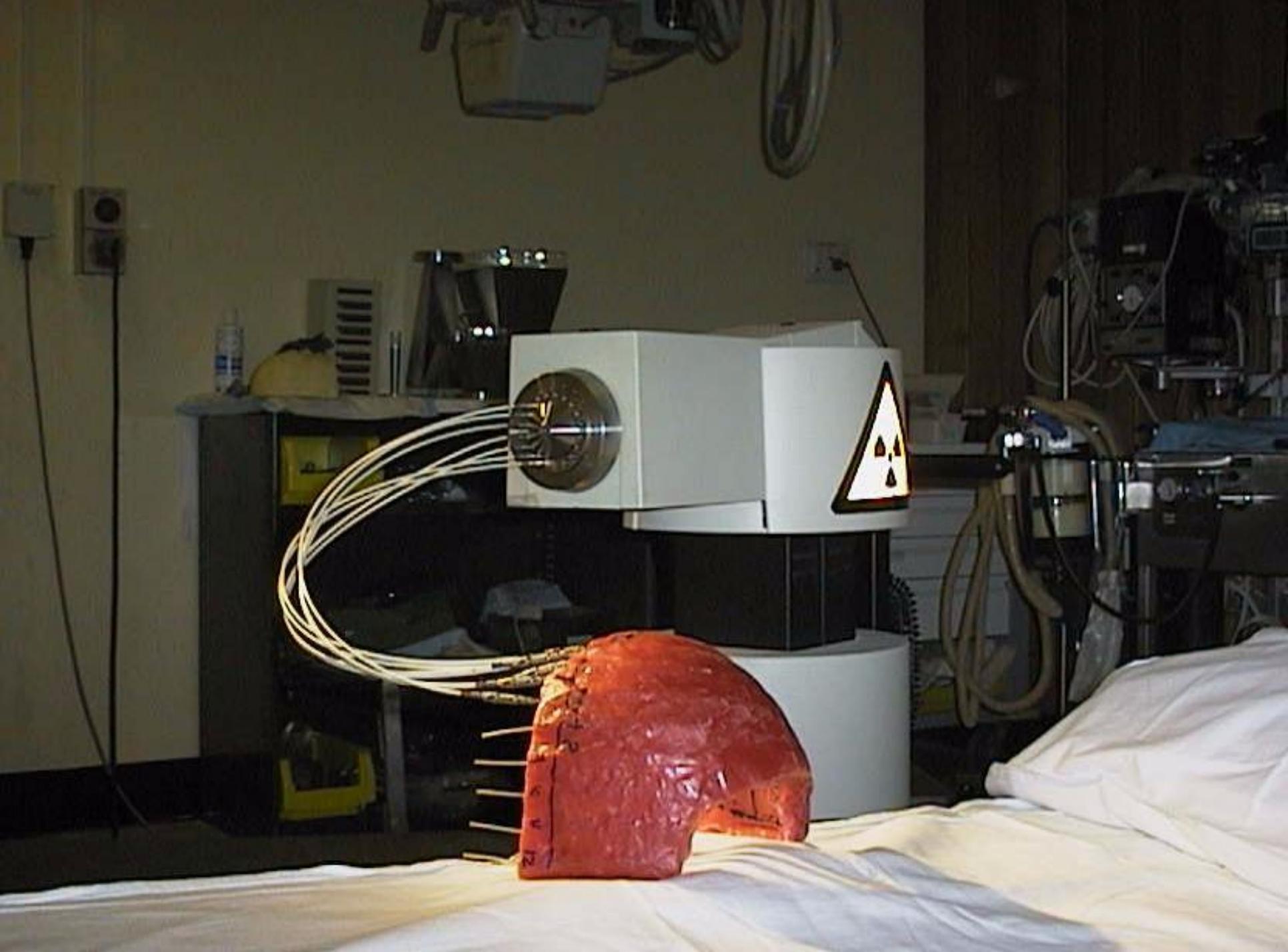




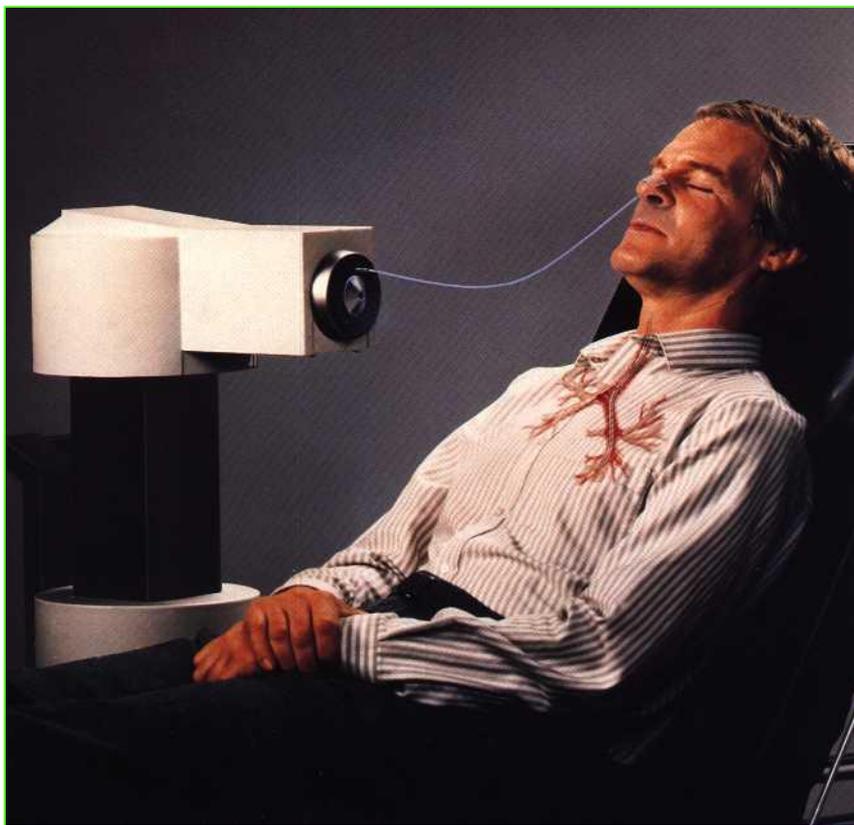
Аппликационный метод облучения



- При применении гамма-препаратов, их укладывают на предварительно изготовленный из пластмассы муляж, прикрепляемый к облучаемой области тела.



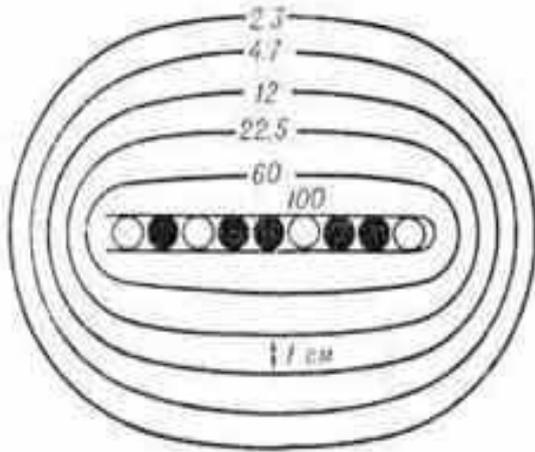
методы эндобронхиального лучевого лечения



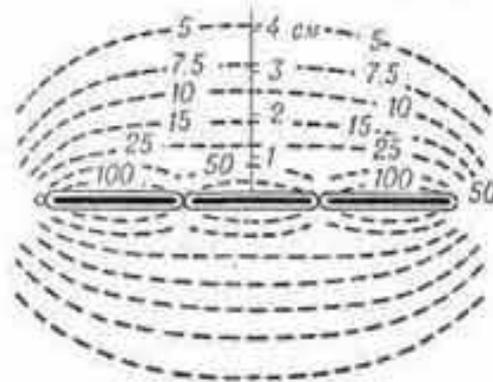
- Источником высокой мощности дозы излучения (12 Гр/ч) является радионуклид ^{192}Ir
- Брахитерапия проводится по принципу afterloading.
- При наличии стеноза бронхов вначале перед установкой эндобронхостатов для брахитерапии проводят аргоноплазменную реканализацию бронхиального дерева.

Внутриполостная брахитерапия

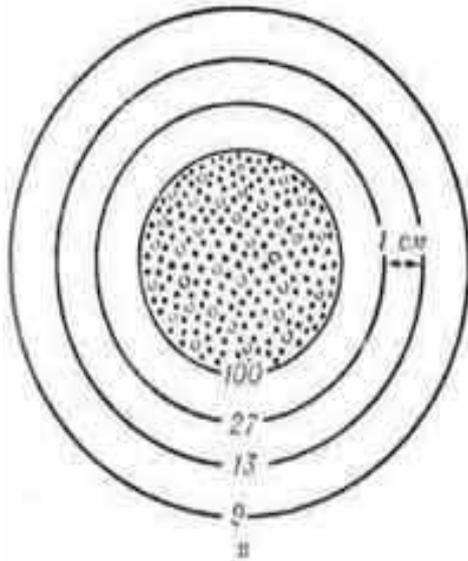
- **При проведении брахитерапии источники излучения с помощью специальных устройств вводятся в полые органы методом последовательного введения эндостата и источников излучения (облучение по принципу afterloading).**
- **Для осуществления лучевой терапии опухолей разных локализаций существуют различные эндостаты: метрокольпостаты, метрастаты, кольпостаты, проктостаты, стомататы, эзофагостаты, бронхостаты, цитостаты.**
- **В эндостаты поступают закрытые источники излучения, радионуклиды, заключенные в оболочку-фильтр, в большинстве случаев имеющие форму цилиндров, игл, коротких стерженьков или шариков.**



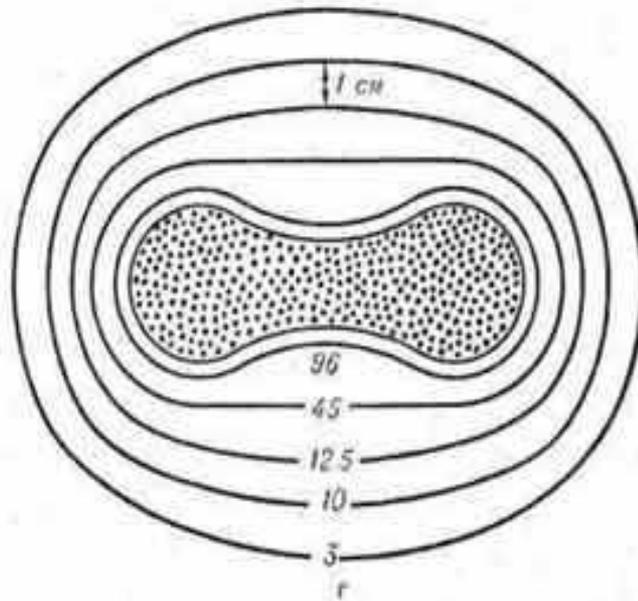
а



б



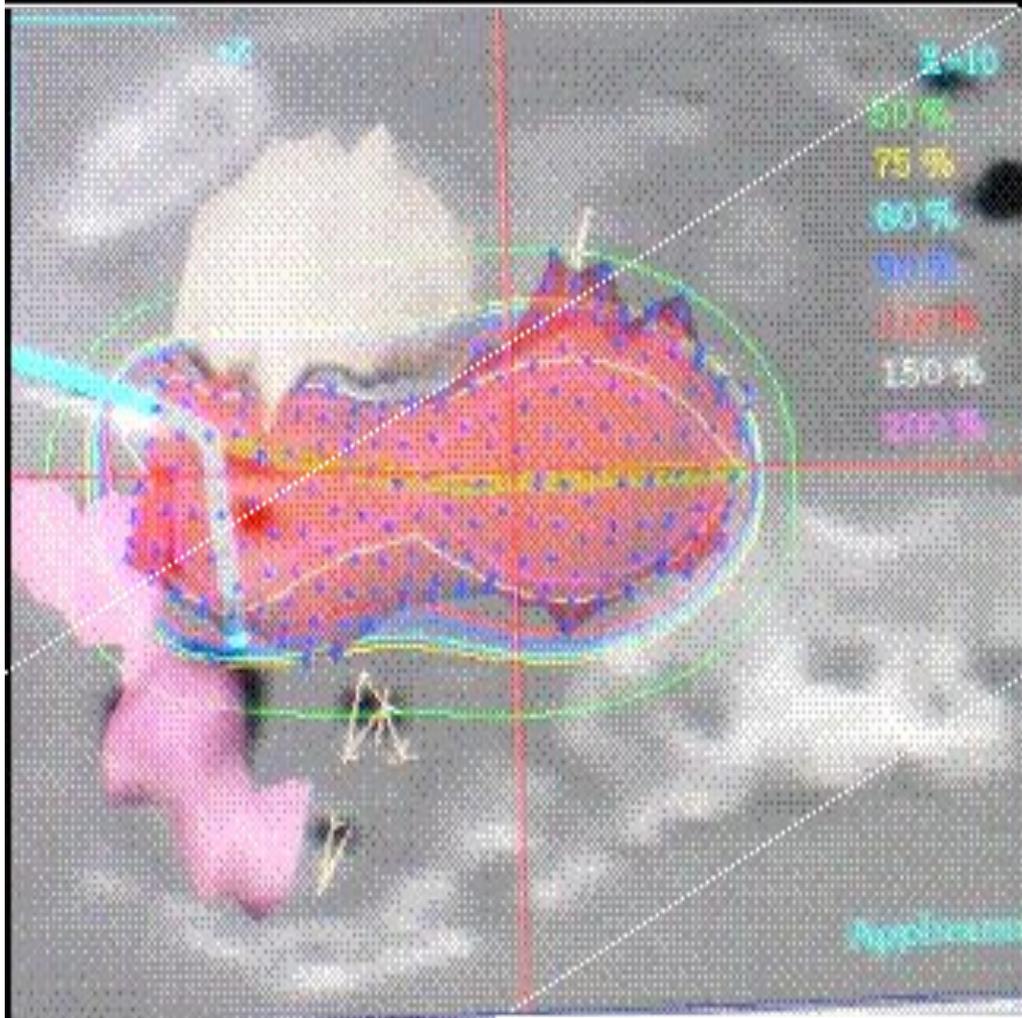
в



г

- Характер дозного поля зависит от числа препаратов и расстояния между ними. В соответствии с топографией и распространённостью опухолевого процесса создают оптимальные условия облучения.

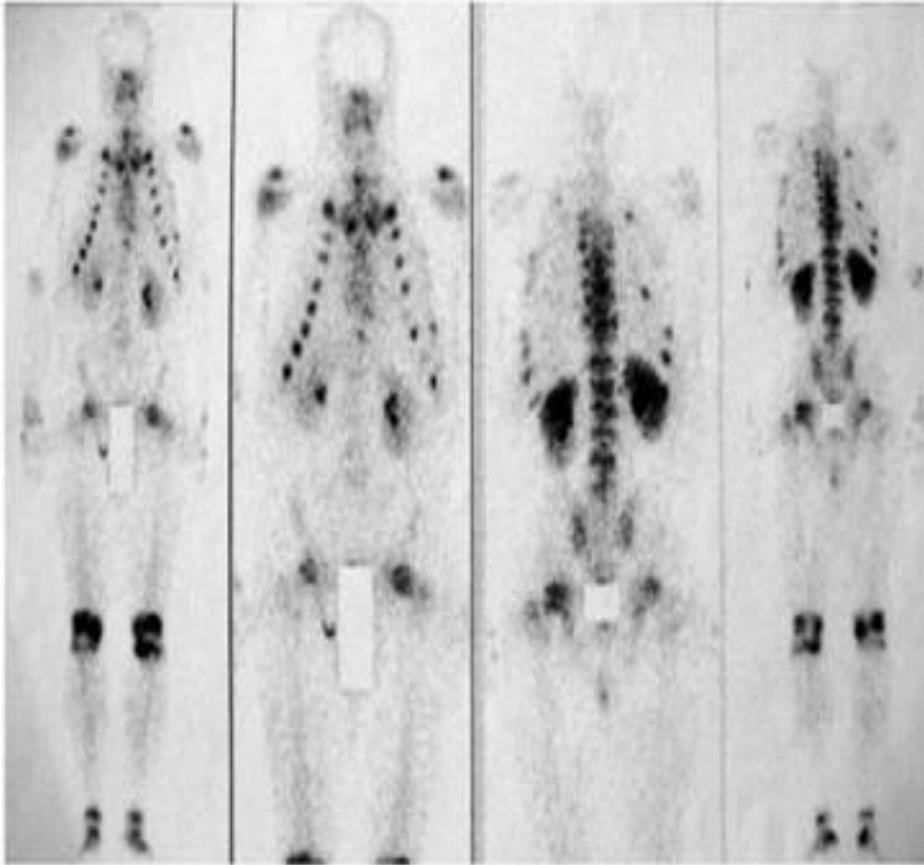
- Как видно из рисунка, энергия излучения распределяется равномерно вокруг источника, причем характерно



- трехмерное изображение опухолевого очага и органов;
- Контроль параметров оптимального дозного распределения по гистограммам «доза-объем».

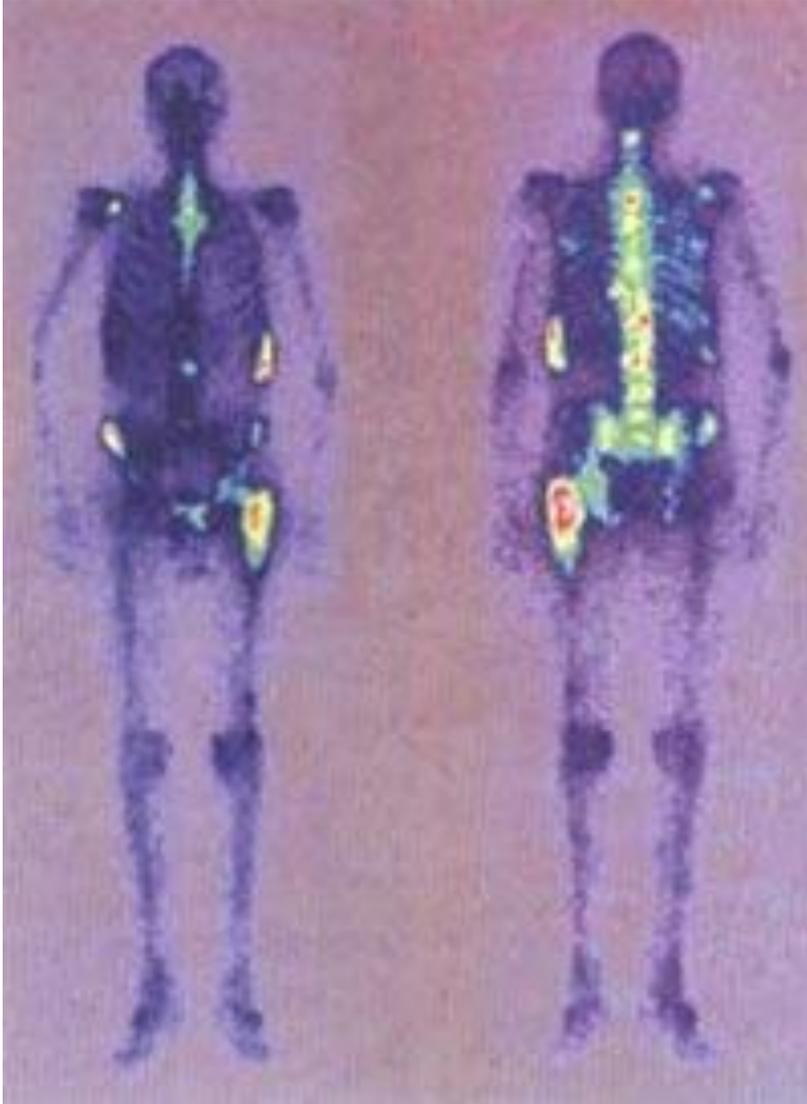
Системная радионуклидная терапия

- **используют радиофармацевтические препараты (РФП), вводимые пациенту внутрь, соединения, тропные к определенной ткани.**
- **например, путем введения радионуклида йода проводят лечение злокачественных опухолей щитовидной железы и метастазов, при введении остеотропных препаратов - лечение метастазов в кости.**
- **тотальное и субтотальное облучение с паллиативной или симптоматической целью при генерализации процесса.**
- **Системная лучевая терапия позволяет добиться регресса очагов поражения у пациентов с резистентностью к химиопрепаратам.**



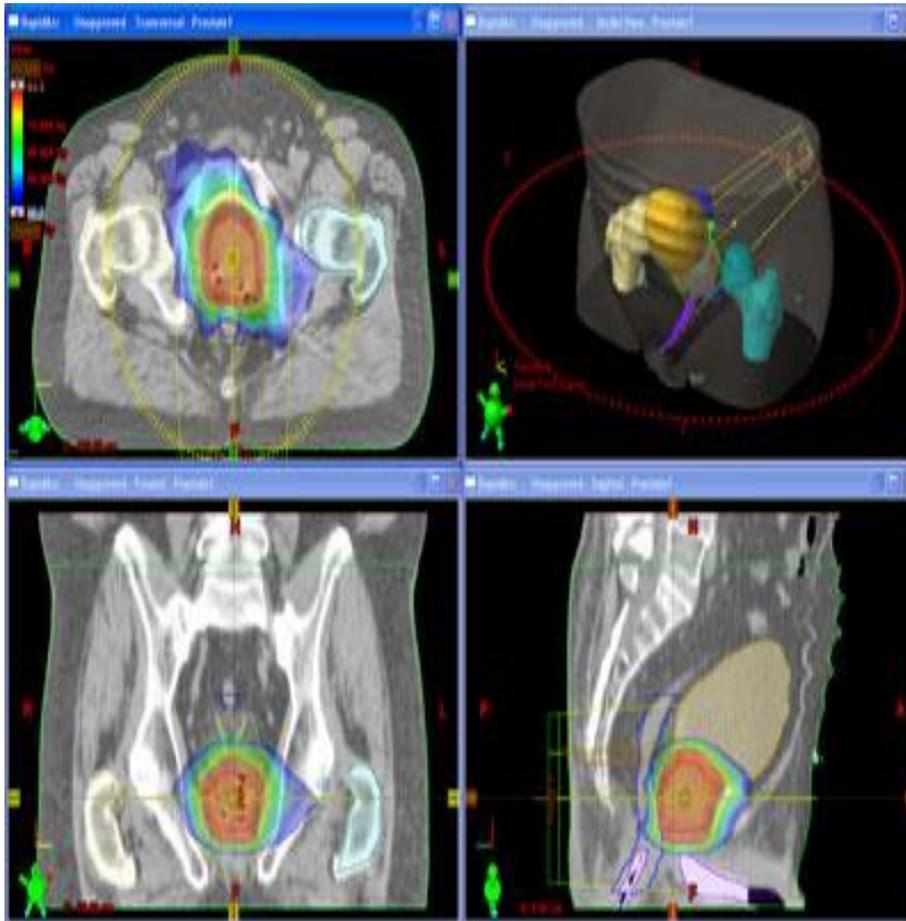
- Сканирование костей Лучший способ оценки скелетных метастазов (М-стадирование).
- При ПСА более 20 нг/мл или наличии симптомов поражения костей.

^{153}Sm , ^{89}Sr , ^{32}P



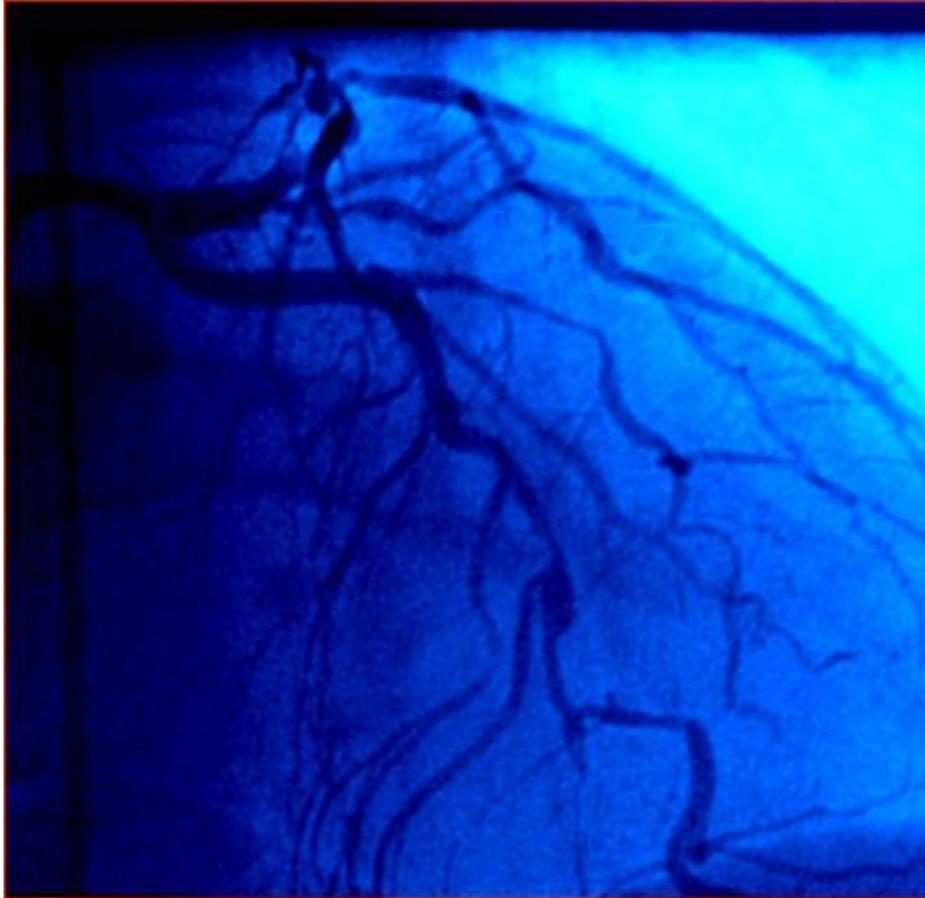
- Сцинтиграммы больного раком предстательной железы с множественными метастазами в кости после введения самария-153-оксабифора. Препарат накопился в очагах поражения (позвонках, ребрах, костях таза, левой бедренной кости) и обеспечил хороший паллиативный терапевтический эффект.
- У больных с множественными метастазами в кости удается добиться не только стойкого и длительного подавления болей, но и замедления прогрессирования метастатического процесса.

Сочетанная лучевая терапия



- ДЛТ воздействует на лимфатические узлы тазовой области, раковые клетки вокруг предстательной железы,
- а HDR-брахитерапия воздействует на опухоль изнутри, не задевая здоровые органы.

Внутрисосудистая брахитерапия



- При помощи данного метода врачам удается лечить рестеноз коронарных сосудов. Достигается эффект за счет внедрения в стенку сосуда источника излучения. Специалисты не отрицают того, что метод этот достаточно прочен, поскольку предусматривает использование сложной аппаратуры, которая имеется только в самых передовых медицинских центрах мира.

