

# Лучевая терапия

Корнеева Мария Игоревна

Педиатрический факультет 2.6.01В

Кафедра гематологии, онкологии и лучевой терапии педиатрического факультета  
Российский Национальный Исследовательский Медицинский Университет им. Н. И. Пирогова

Москва 2018 год



# Лучевая терапия

- Локальный метод лечения опухолевых и ряда неопухолевых заболеваний, основанный на воздействии ионизирующего излучения на биологические ткани, эффективность которого определяется подведённой к патологическому очагу дозой.
- Область на стыке медицины, физики и технических дисциплин
- Междисциплинарный подход: консилиум онколога, хирурга, лучевого терапевта и ряда других специалистов
- Цель метода: достижение максимального лечебного эффекта и сведение к минимуму лучевых повреждений

# Принципы лучевой терапии

- Раннее и своевременное начало лечения
- Максимальное воздействие на опухоль, минимальное - на здоровые ткани (сложные физико-математические методики планирования)
- Патогенетически обусловленное сопутствующее лечение (детоксикационная, противовоспалительная терапия, рациональное питание, лечебная физкультура и др.)
- Подбор оптимального режима фракционирования (оптимизация сроков облучения)
- Сохранение и увеличение радиотерапевтического интервала (применение радиопротекторов, радиосенсибилизаторов)

# Варианты лучевой терапии

- **Как самостоятельный метод лечения.**
- **В комбинации с хирургическим вмешательством**
- **В сочетании с химиогормональной терапией**
- **Радикальная лучевая терапия**
- **Паллиативная ЛТ** (уменьшение размеров опухоли, стабилизация опухолевого роста, невозможность радикальной ЛТ)
- **Симптоматическая ЛТ** (снятие и уменьшение клинических симптомов, жизнеугрожающих состояний)
- **Комбинированное лечение** (предоперационное, интра-, постоперационное)

# Показания и противопоказания к проведению лучевой терапии

## Показания

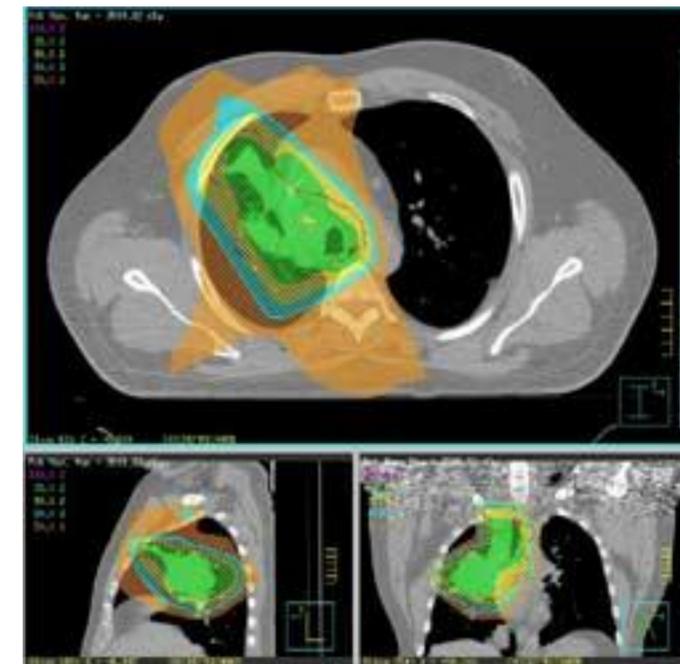
## Противопоказания

- Злокачественные и доброкачественные заболевания
- Неопухолевые заболевания (дегенеративно-трофические, заболевания нервной системы, кожи, эндокринной системы)
- Воспалительные заболевания (гидроаденит, карбункул, панариций)

- Опухолевый распад
- Прорастание в полые органы
- Наличие отдаленных метастазов
- Тяжелое соматическое состояние
- Выраженная кахексия
- Септические заболевания
- Декомпенсирующие состояния

# ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПЕВТ

- Вопросы лучевой терапии (радиобиология, принципы дозиметрии, физико-технические аспекты лучевой терапии)
- Знание клинической онкологии, патофизиологии и патоморфологии этого процесса
- Противоопухолевых препаратов
- Принципы лечения, рационального питания, обезболивания, реабилитации пациента , основы СЛР и др
- Консультирование пациента и его семьи



# МЕДИЦИНСКИЙ ФИЗИК

- Выбор источника и типа облучения, режима фракционирования по радиобиологическим критериям, математическое моделирование терапии
- Предлучевая топометрия (подведение дозы к опухоли, разметка, иммобилизация больного)
- Клиническая дозиметрия (дозиметрическое планирование и контроль)
- Обеспечение радиационной безопасности больного
- Калибровка пучка излучения, отработка на фантоме поведения излучения
- Контроль оборудования



# Ионизирующее излучение

Ионизирующее излучение - это вид энергии, высвобождаемый атомами в форме электромагнитных волн

Спонтанный распад атомов - радиоактивность, избыток энергии распада - ионизирующее излучение

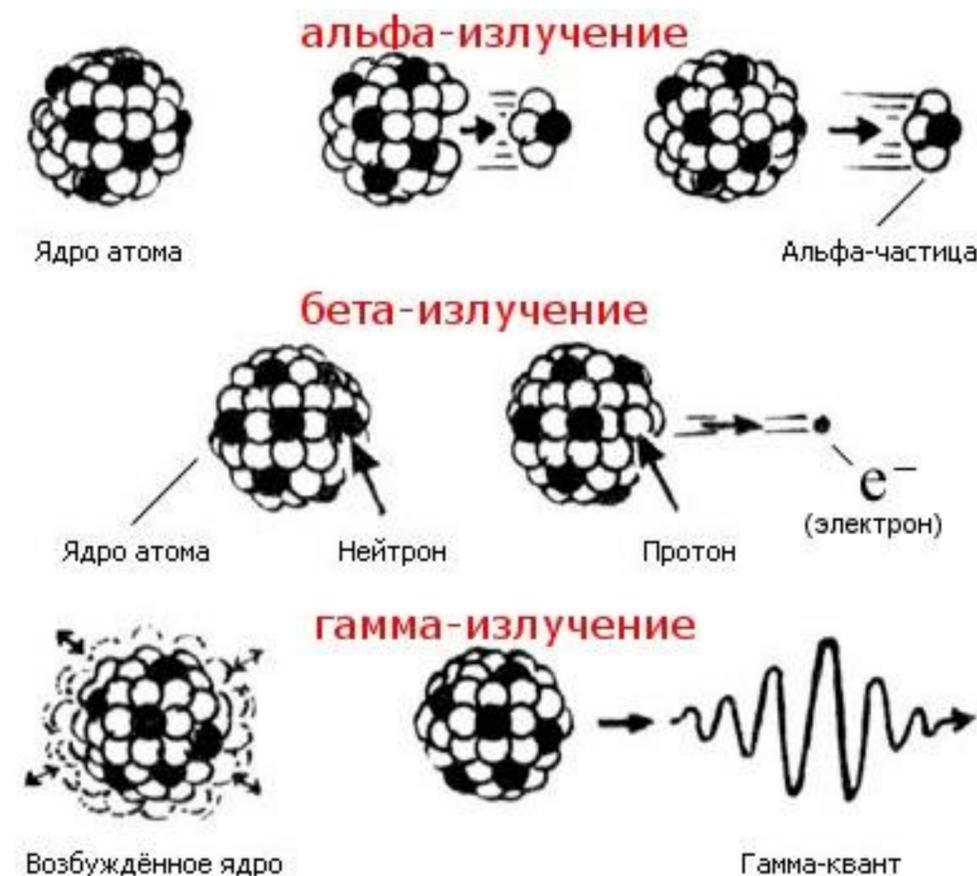
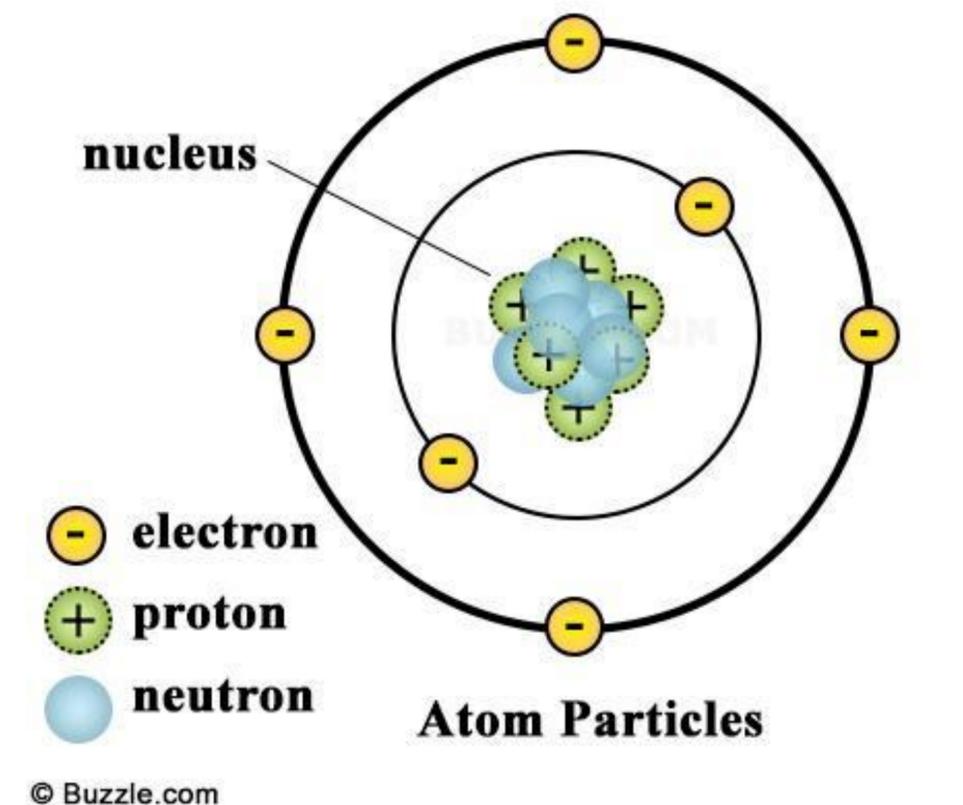
## Все виды ионизирующего излучения

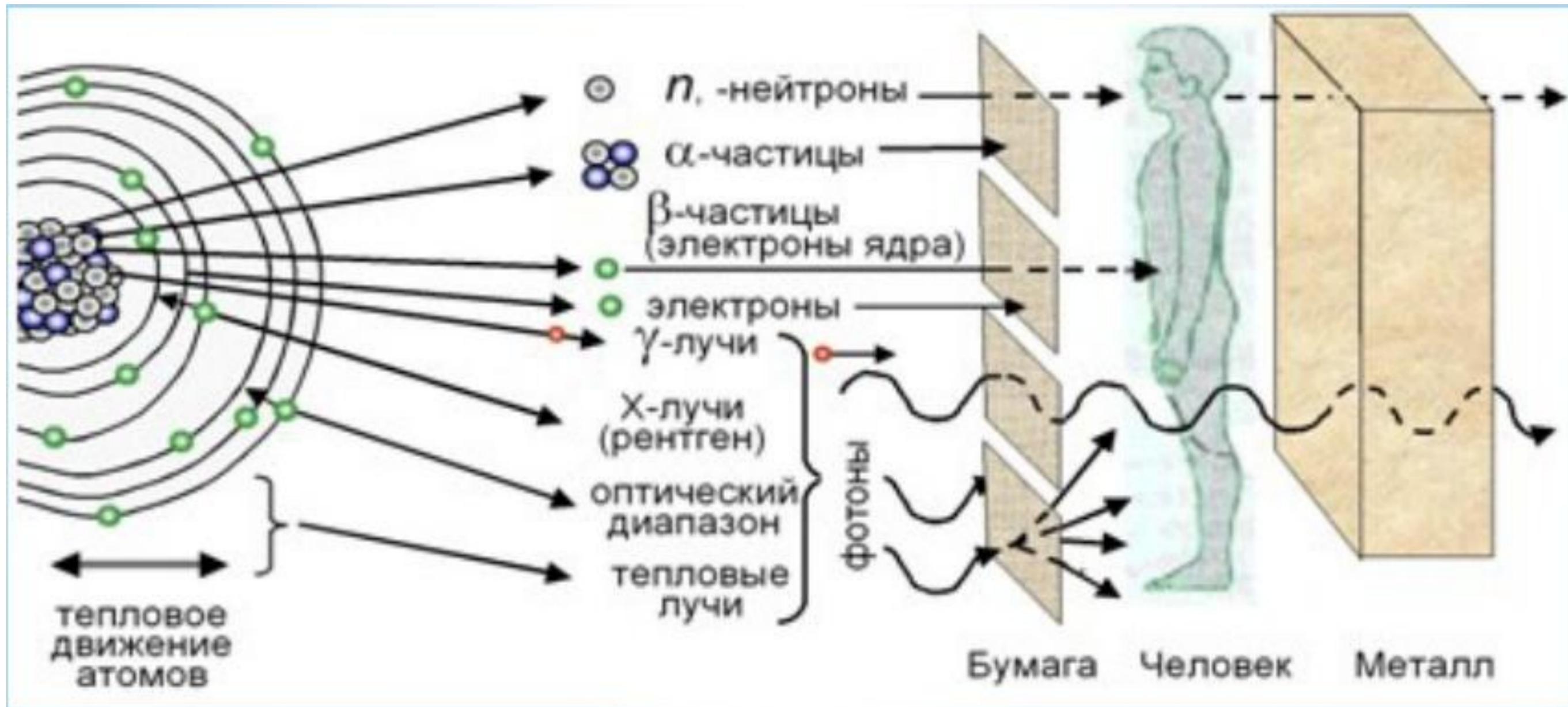
### Квантовые (фотонные)

- Рентгеновское
- Рентгеновское тормозное
- Гамма -излучение

### Корпускулярные

- Потoki электронных частиц (электронов, протонов, нейтронов)
- Продукты распада радионуклидов





- Чем выше ионизирующая способность частиц, тем меньше проникающая способность.
- Замедляясь в тканях, частицы больше взаимодействуют с веществом
- Наличие пика Брегга у протонов - максимальное подведение энергии к мишени

# Влияние ионизирующего излучения на биологические

## Ткани

- Ионизация: возбуждение атомов и молекул организма под воздействием энергии квантов
- Образование новых электронных пар
- Изменение биохимических реакций: разрыв химических связей и образование свободных радикалов H и OH, образование перекисных соединений, изменение структур соединений, нарушение ферментных систем и т.д.
- Клеточная гибель, как результат суммарного воздействия различных повреждений.

# Радиобиологические основы радиотерапии

- **Исходная радиочувствительность опухоли**

Постулат Бертонье-Трибондо: чем меньше дифференцированы клетки, тем более они радиочувствительны (больше митозов)

- **Репарация**

Наиболее интенсивна в первые 6 ч. И в конце первых суток, скорость уменьшается при фракционировании

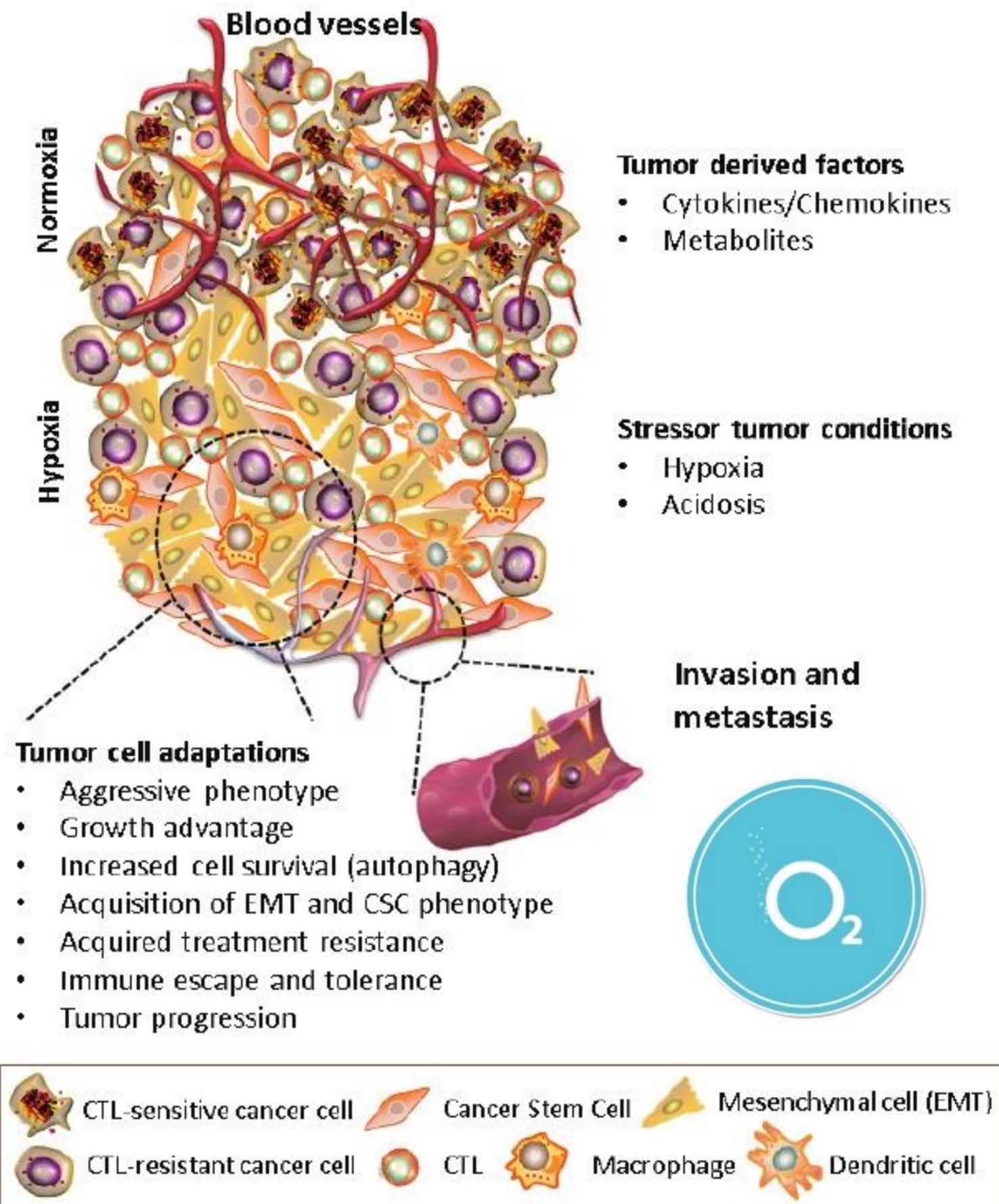
- **Репопуляция**

Процесс ускоренного размножения клеток из пролиферативного пула после воздействия излучением

- **Реоксигенация**

Низкое содержание O<sub>2</sub> в клетках опухоли повышает радиорезистентность

# Механизмы радиорезистентности опухоли



- Низкое парциальное давление  $O_2$  в опухоли 20 мм. рт. ст. (40 мм. рт. ст. в нормальных)
- Анемия усугубляет гипоксию
- Конкуренция толовых групп и молекул  $O_2$ . Тиолы являются донорами электронов, участвующих в репарации опухоли



## Радиосенсибилизаторы

- Оксигенорадиотерапия
- Гипертермия
- Химическая радиомодификация (электроноакцепторные вещества - метронидазол, пимонидазон)
- Цитостатическая терапия

# Методы радиомодификации

## Радиопротекторы

- Гипоксирадиотерапия
- РП короткого действия (3-6 ч после облучения): цистеин, антиоксиданты, витамины, токоферол и др
- РП пролонгированного д-я (анаболики, полианионные соединения - гепарин, хондроэтилсульфат и др.)

# Эффекты воздействия ионизирующего излучения

Детерминированные

- Определенно причинно обусловленный, возникают при достижении пороговой дозы, усиливаются с повышением дозы
- Дозозависимые
- В ближайшие сроки после облучения
- Ранние повреждения

Стохастические

- Случайные, вероятные
- Отдаленные последствия
- Дозонезависимые
- Мутагенные воздействия (положительные, негативные)

# Эффекты ионизирующего излучения

**Общая лучевая реакция** - прямое действие радиации в совокупности с д-м продуктов распада клеток опухоли и здоровых клеток организма. Зависит от области облучения.

**Местные лучевые реакции** - изменения в тканях в течении 2-4 недель после облучения

**Лучевые повреждения** - функциональные и органические изменения в органах и тканях, требуют специального лечения.

- Ранние - 100 дней от момента завершения лучевой терапии (крайний срок восстановления клеток) (например, переход лучевого дерматита в язву)
- Поздние - более 100 дней

# Клиническая дозиметрия

**КЛИНИЧЕСКАЯ ДОЗИМЕТРИЯ**- раздел медицинской физики, занимающийся вопросами ее использования в лучевой терапии.

Основные направления:

- Измерение радиоактивности источника с течением времени
- Определение количества и качества излучения с течением времени
- Определение величины и характера распределения поглощённой энергии в теле больного при выборе способа облучения
- Дозиметрическое планирование и контроль за проведением облучения

# ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

**ПОГЛОЩЕННАЯ ДОЗА И.И.** - величина энергии, переданная облучаемому объекту, приходящаяся на единицу времени (1Грей = 1 Дж/кг; 1 Гр = 100 рад)

**МОЩНОСТЬ ПОГЛОЩЁННОЙ ДОЗЫ** - поглощенная доза, соотнесённая во времени (1 Гр/сек)

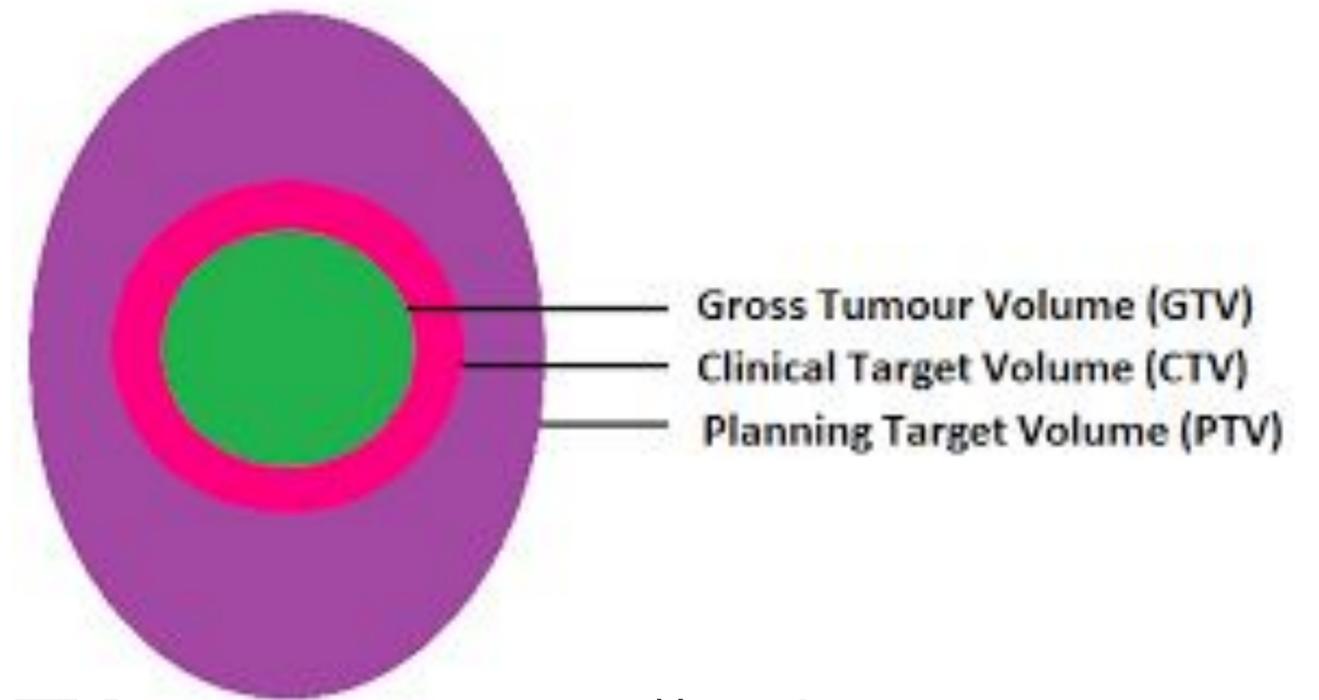
**ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА** - энергия фотонного излучения, затрачиваемая на ионизацию массы сухого воздуха (1 Кл/кг. 1 Кл = 3876 Р (Рентген))

**МОЩНОСТЬ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ** - экспозиционная доза, соотнесённая во времени

**АКТИВНОСТЬ РАДИОАКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА** - характеризует. Его количество, измеряется в беккерелях: 1 Бк = 1 с<sup>-1</sup> т. е. 1 Бк - активность источника, в котором за 1 сек происходит 1 акт распада (1 Ки (Кюри) = 3,7• 10<sup>10</sup>)

# Клиническо-дозиметрическое планирование

- **Цель:** включить в зону облучения минимально возможного объема тканей, достаточного для воздействия на все опухолевые элементы
- **Задача:** проведение комплексной топометрии больных - обеспечить правильное подведение заданной дозы к опухоли
- **Что нужно знать:** формы, размеры очага, ее ориентацию в теле пациента, синтопию окружающих тканей (методы визуализации)



**CTV** - клинический объем мишени, поражённые структуры

**PTV** - планируемый объем мишени, учёт смещения, всегда снаружи CTV

**GTV** - непосредственно опухоль

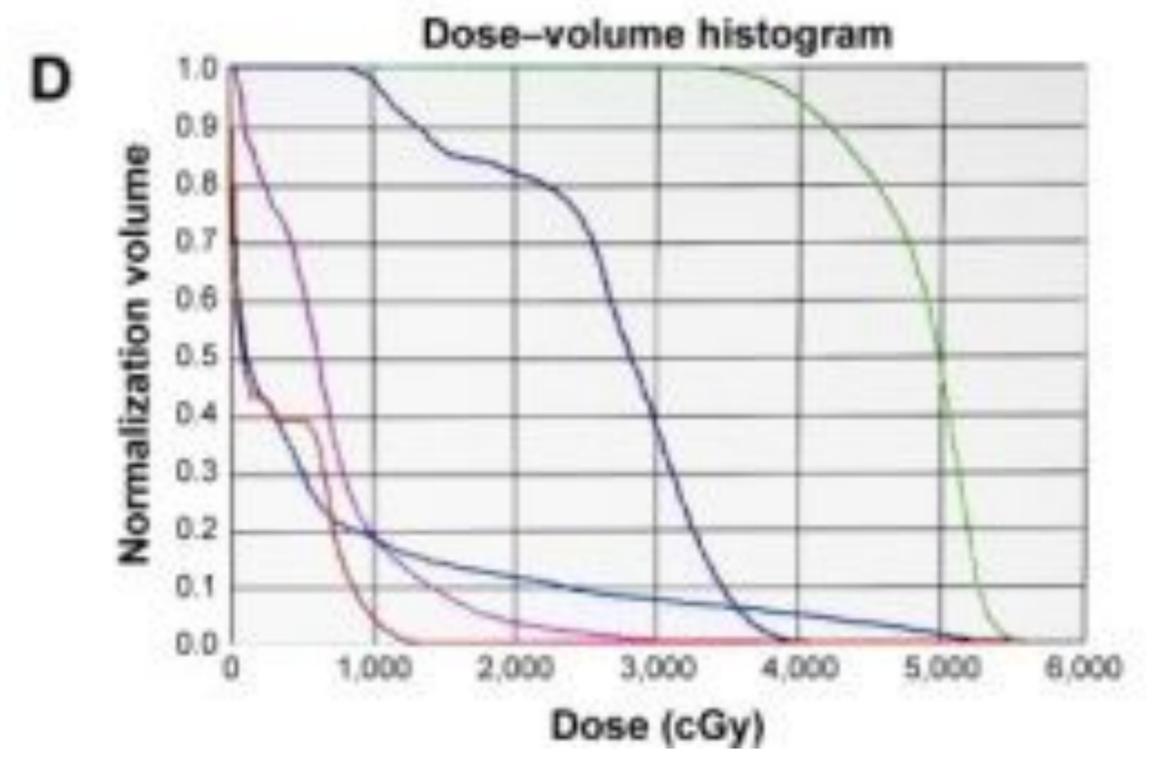
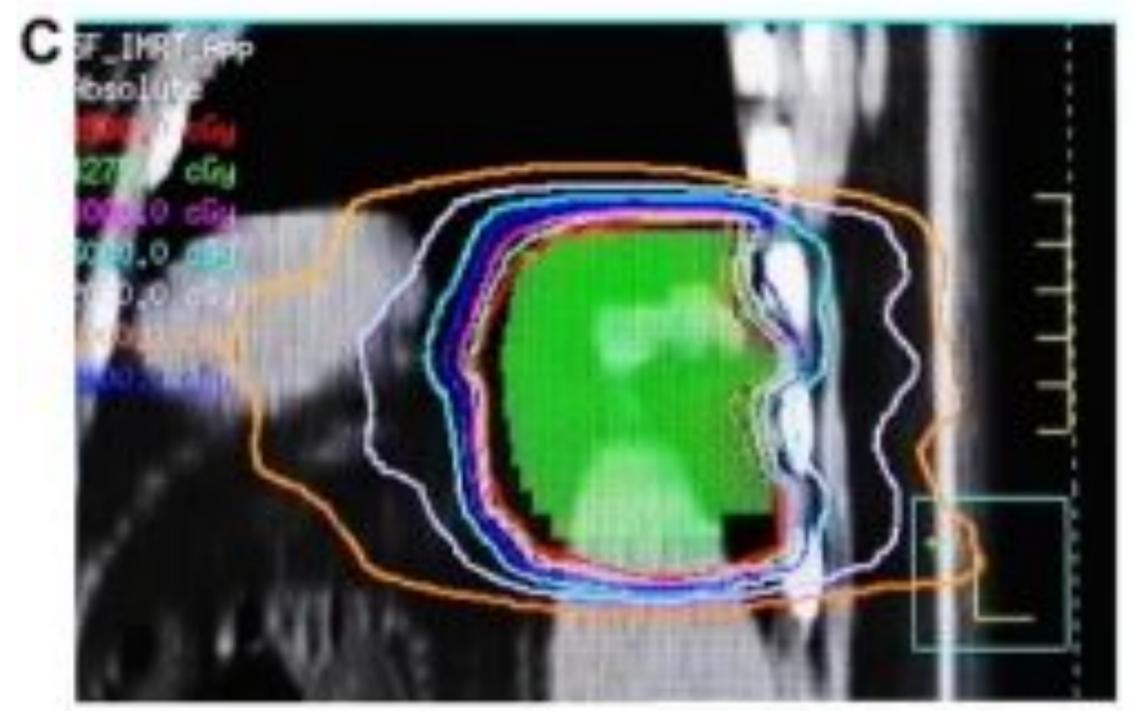
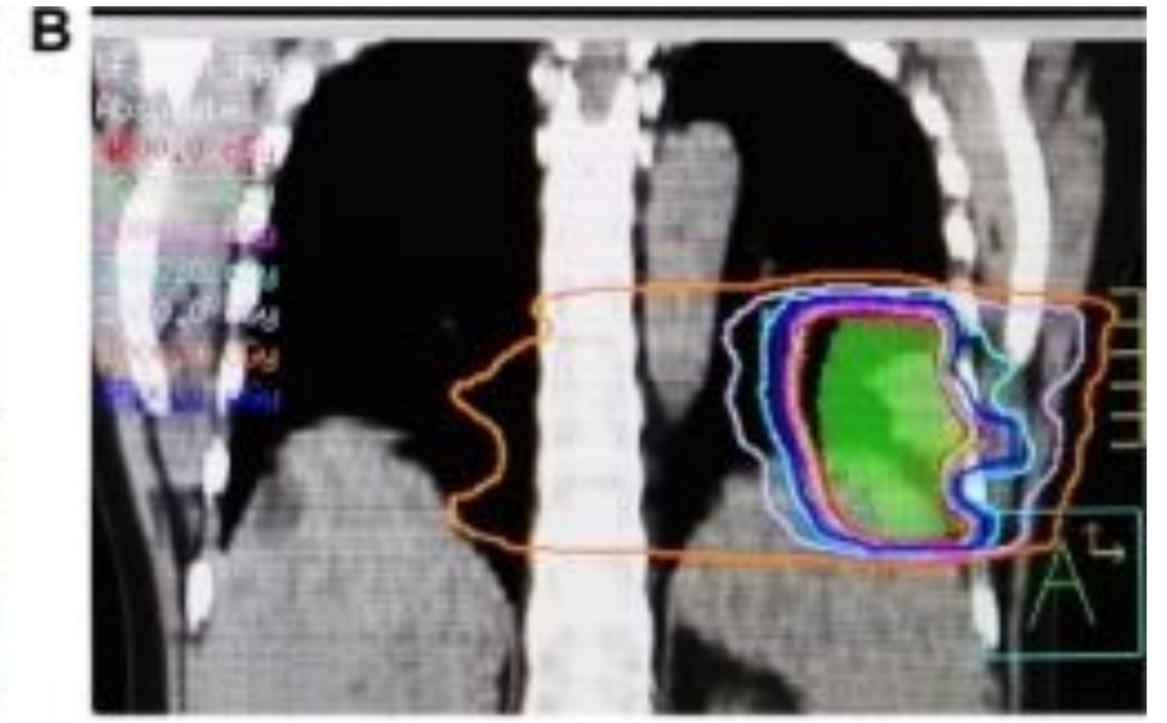
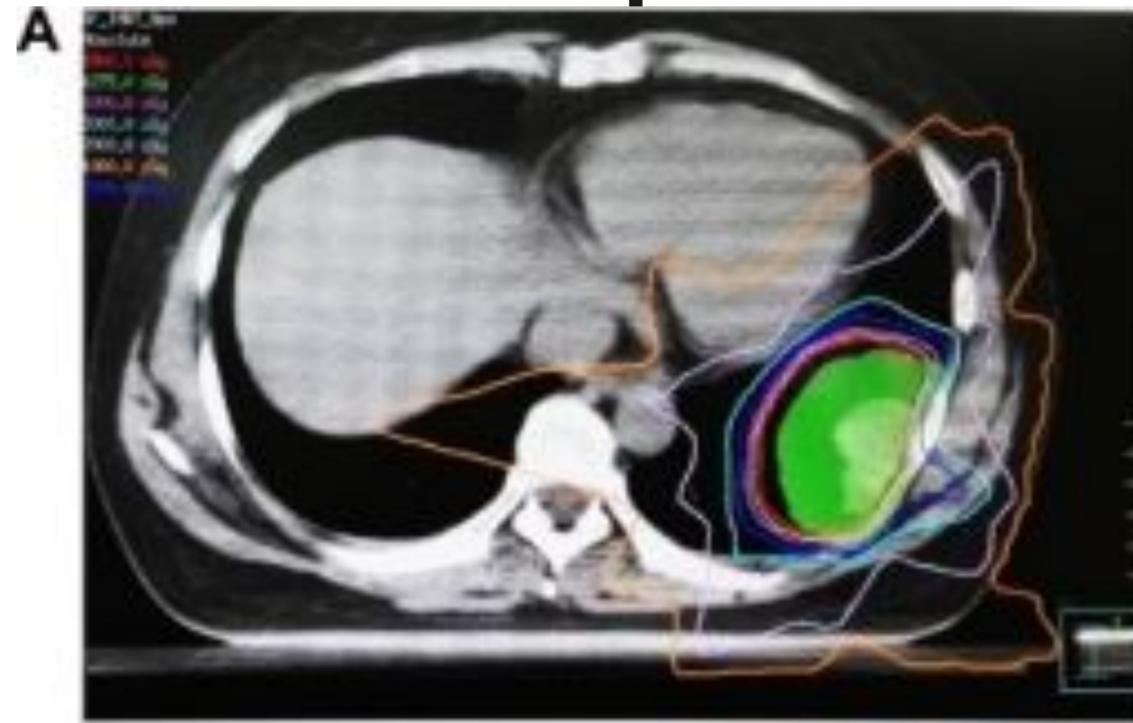
**OAR** - облучаемые органы в зоне риска

# КТ-симуляция

- Конструкция схожа с терапевтической установкой
- Рентгеновское диагностическое излучение, маркер, световой дальномер
- Создание контуров на томограмма
- Расчёт дозного распределения в системе планирования (нанесение изодоз)



# Клинико-дозиметрическое планирование



Для указанных объемов  
выполняют расчёт доза-  
гистограмм с  
использованием  
биометрических,  
рентгенологических,  
изотопных, УЗ и МР-  
методов исследования

# Классификация методов лучевой терапии

- 1. По энергии:** орто-, мега- и супервольтное
- 2. По виду излучения:** квантовые - рентгенотерапия, гамма-терапия; корпускулярные - электронная, нейтронная терапия, терапия тяжелыми частицами (протоны, пи-мезоны, альфа-частицы)
- 3. По способу подведения энергии к очагу:** контактная, дистанционная, системная радионуклидная терапия

# Классификация методов лучевой

## терапии

Дистанционные:

Контактные:

закрытые  
радионуклиды;  
открытые  
радионуклиды

Системная  
радионуклидная

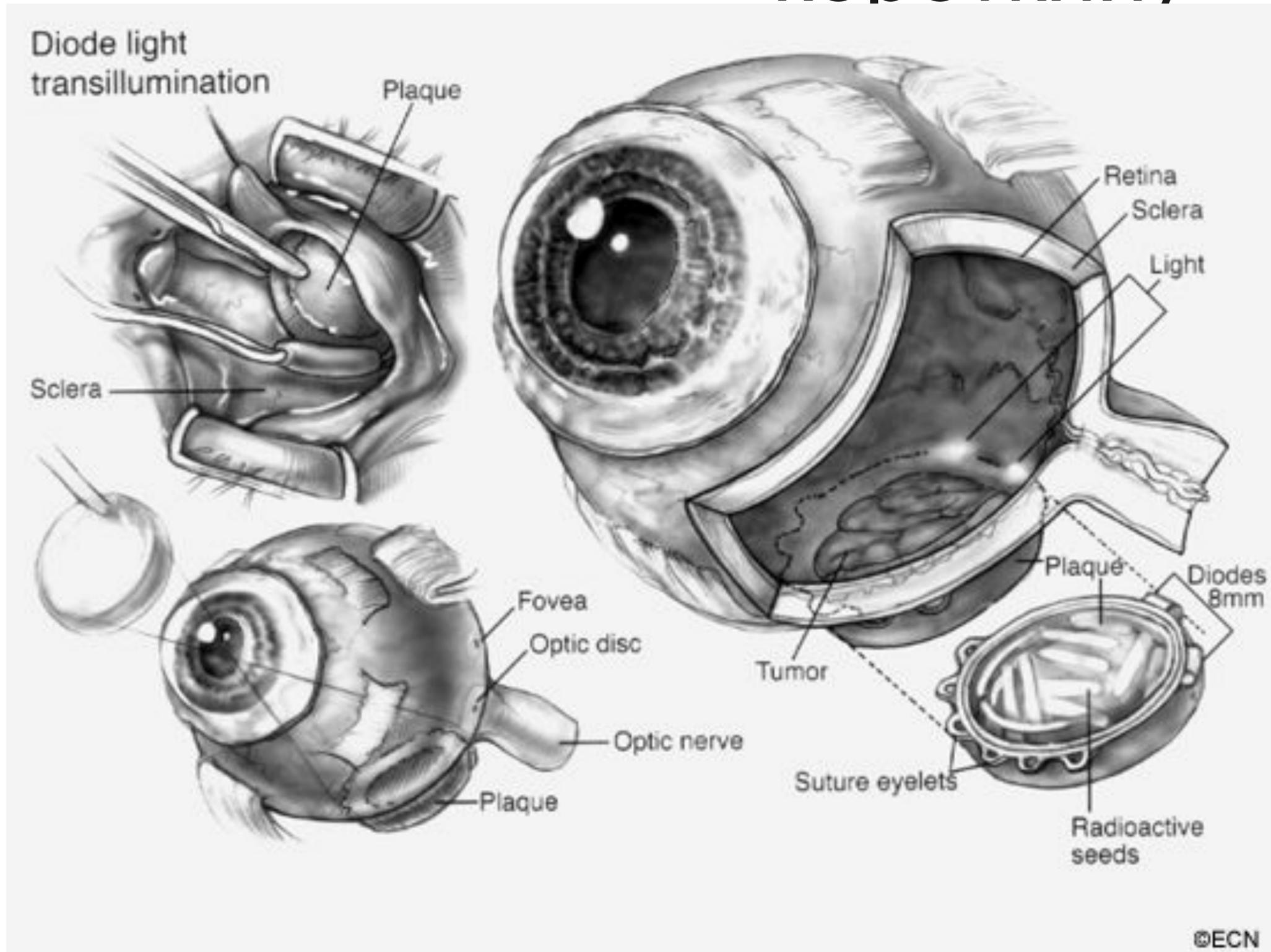
Аппликационное, внутрисполостное,  
внутрипросветное, внутритканевое

Конвенциональное  
(2D)

Конформное (3D)

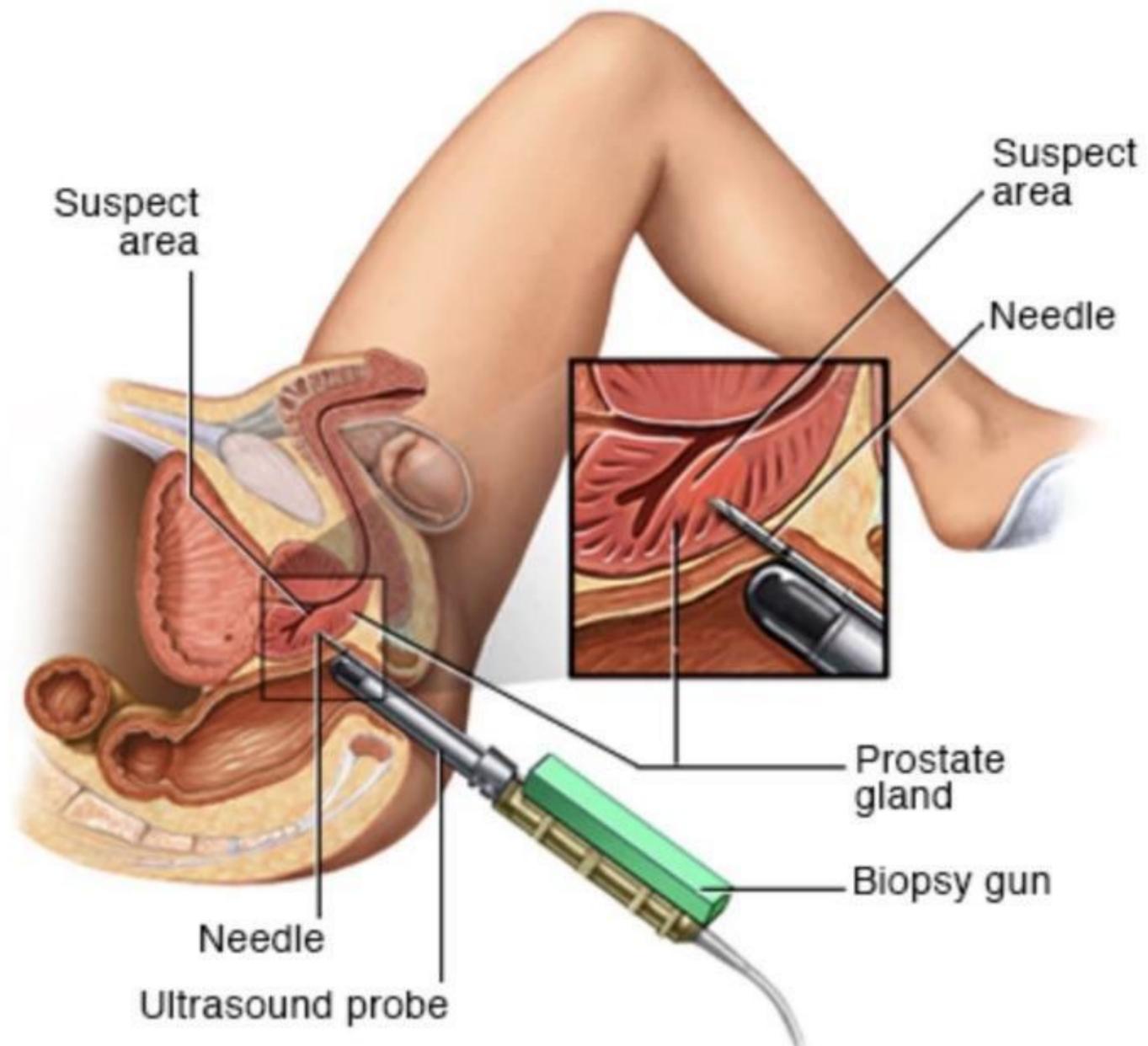
**Интенсивно  
модулированная  
радиотерапия (IRMT),  
лучевая терапия с  
коррекцией изображения  
(IGRT)**

# Брахитерапия (brachys - короткий)



- **Аппликационный метод**
- Альфа частицы (1-3 мм)
- Гамма частицы (4мм-3см)
- Фракционно или непрерывно

# Брахитерапия (brachys - КОРОТКИЙ)

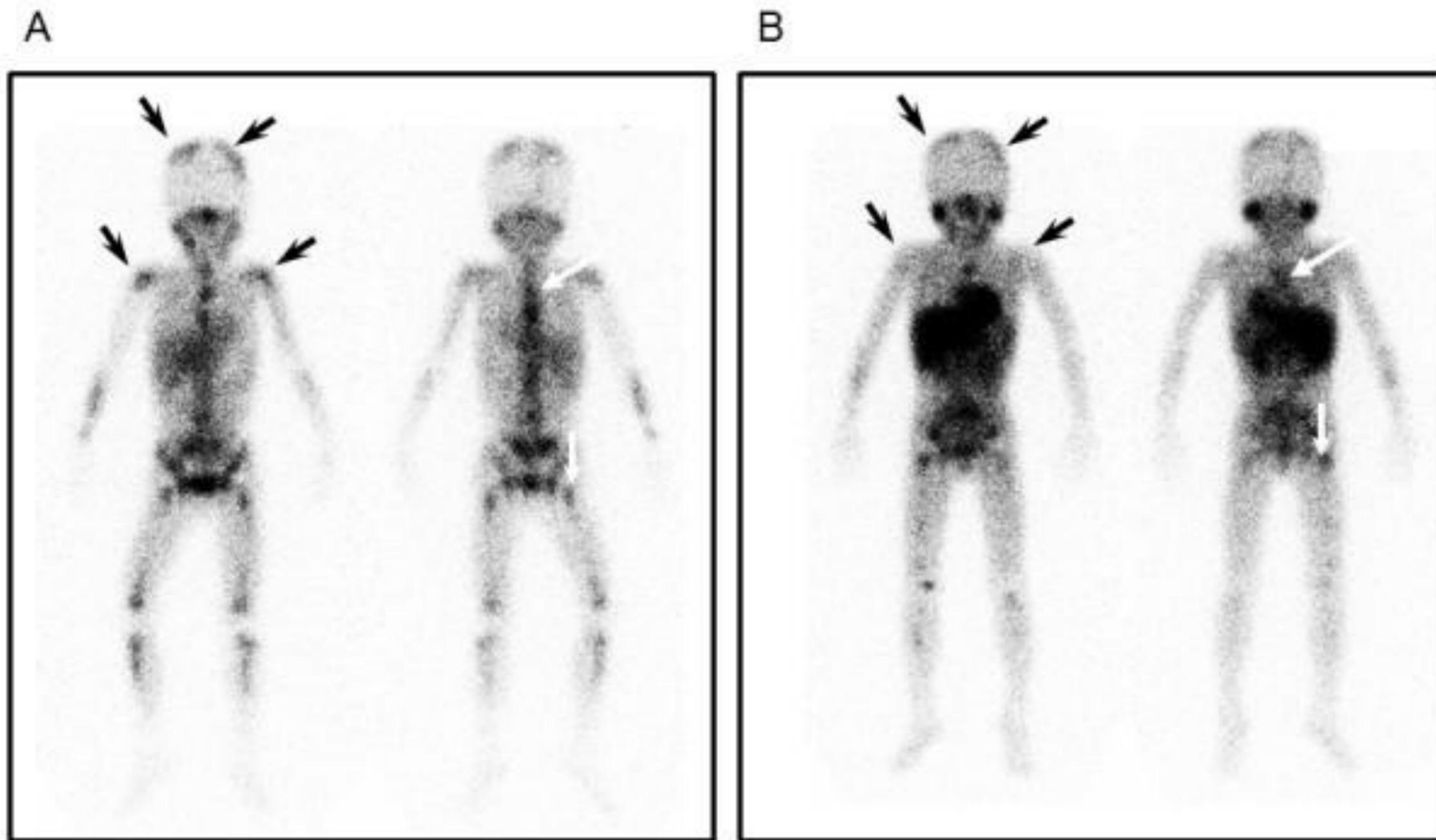


- **Внутриполостное и внутритканное облучение**
- Введение эндостата в полость тела или ткани
- Поступление с пульта источника
- Инъекция изотопов в опухолевую ткань - равномерное ее облучение
- Небольшое воздействие на здоровые ткани

# Системная радионуклидная терапия



# MIBG терапия



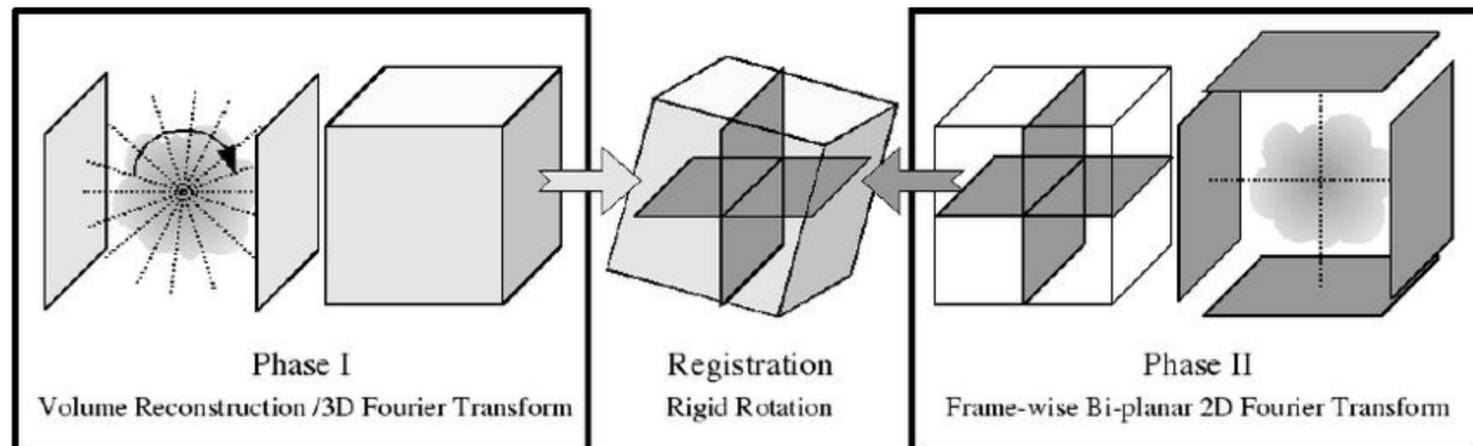
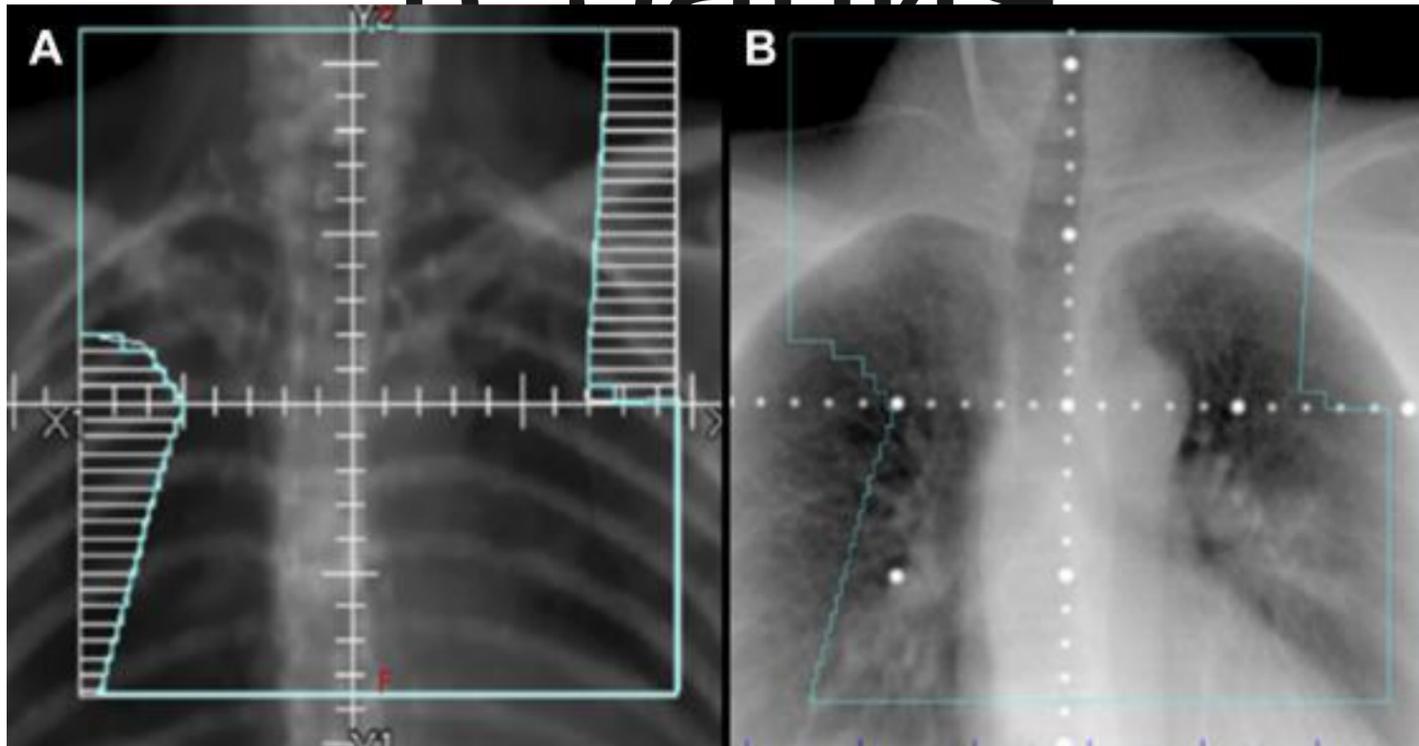
- Стабилизация роста опухоли
- Показания: нейробластома, метастатическая болезнь, феохромоцитома
- Изоляция в специально оборудованной палате
- Дозиметрический контроль

# MIBG терапия



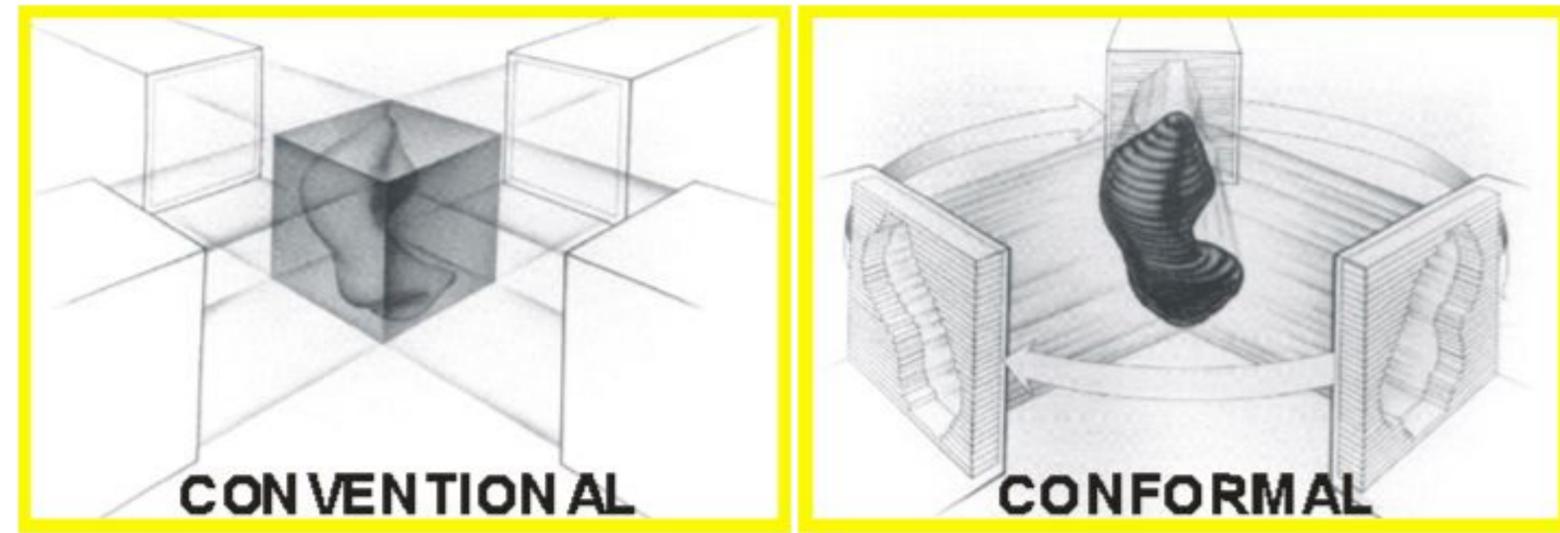
**Введение препарата внутривенно, капельно в течение 1,5 часов**

# Конвенциональная лучевая терапия

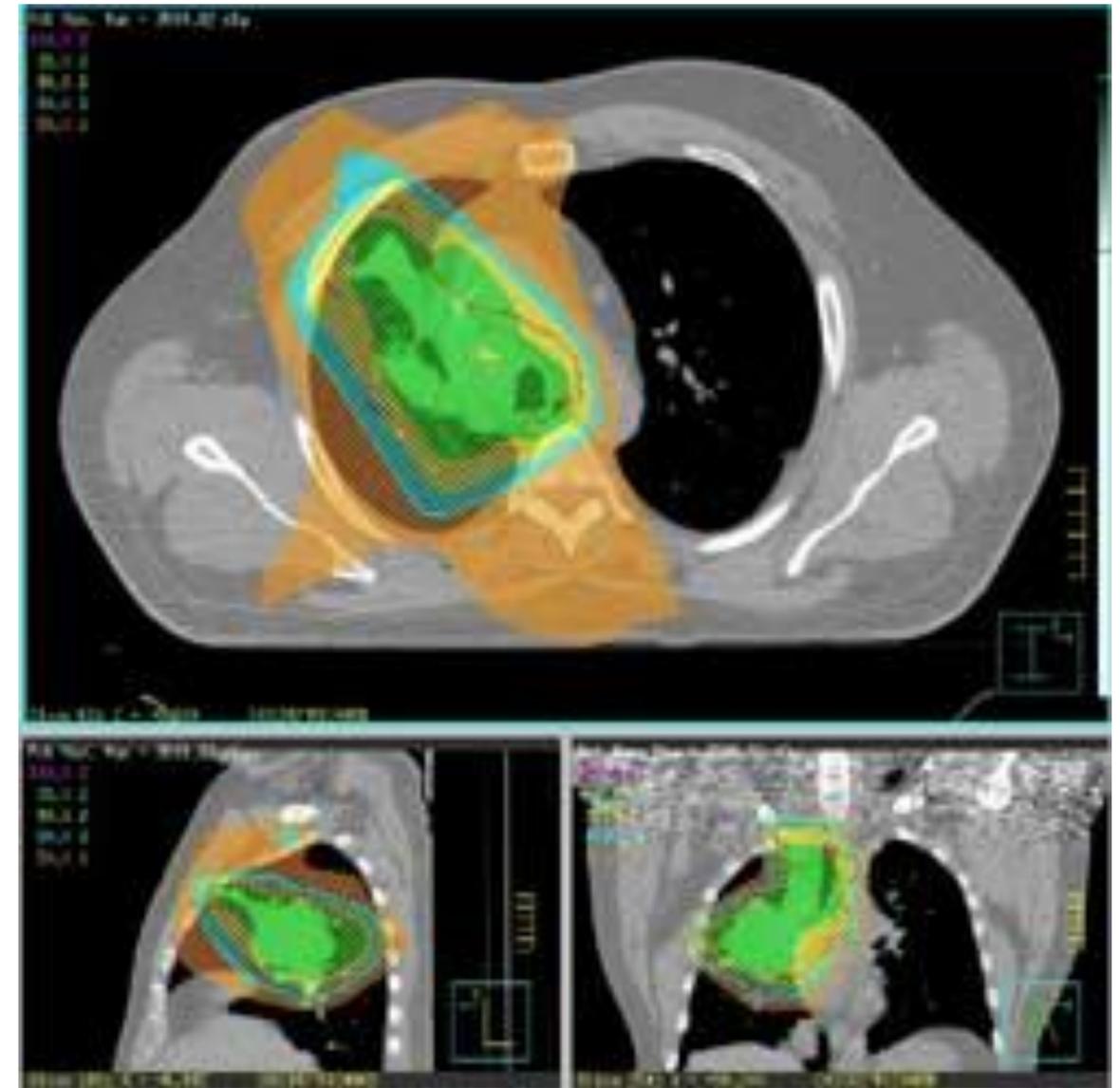


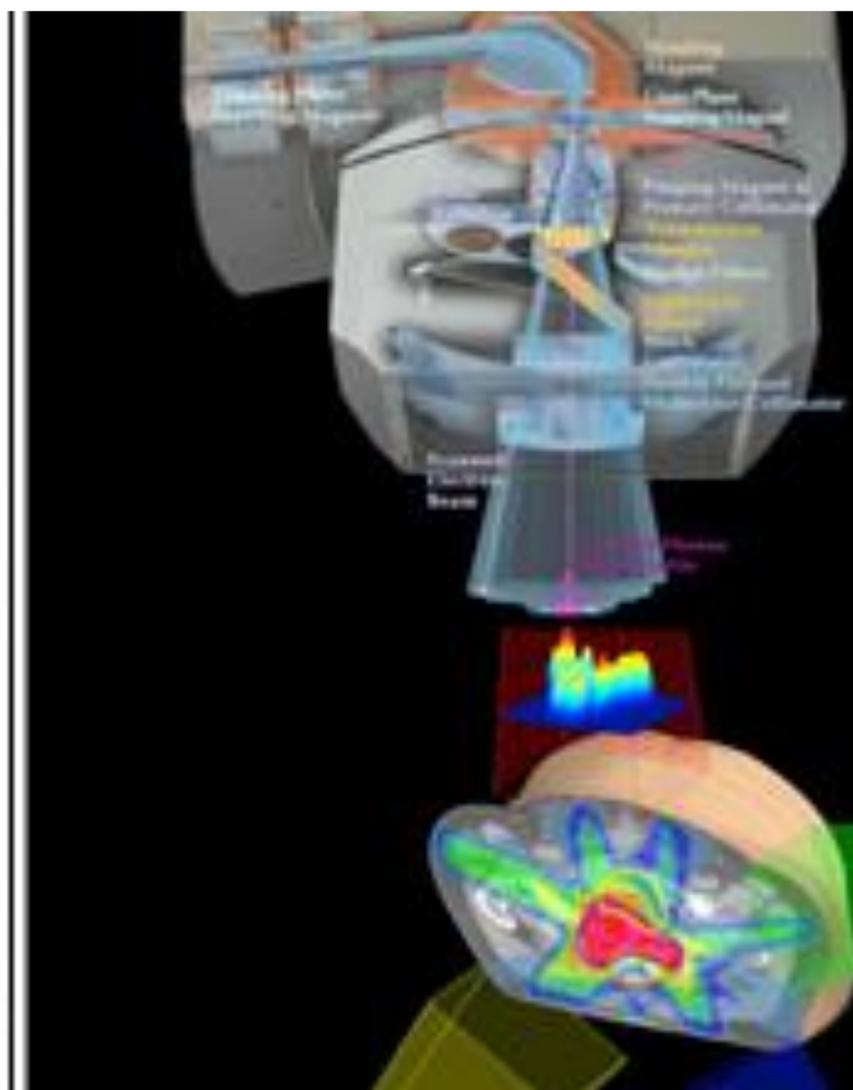
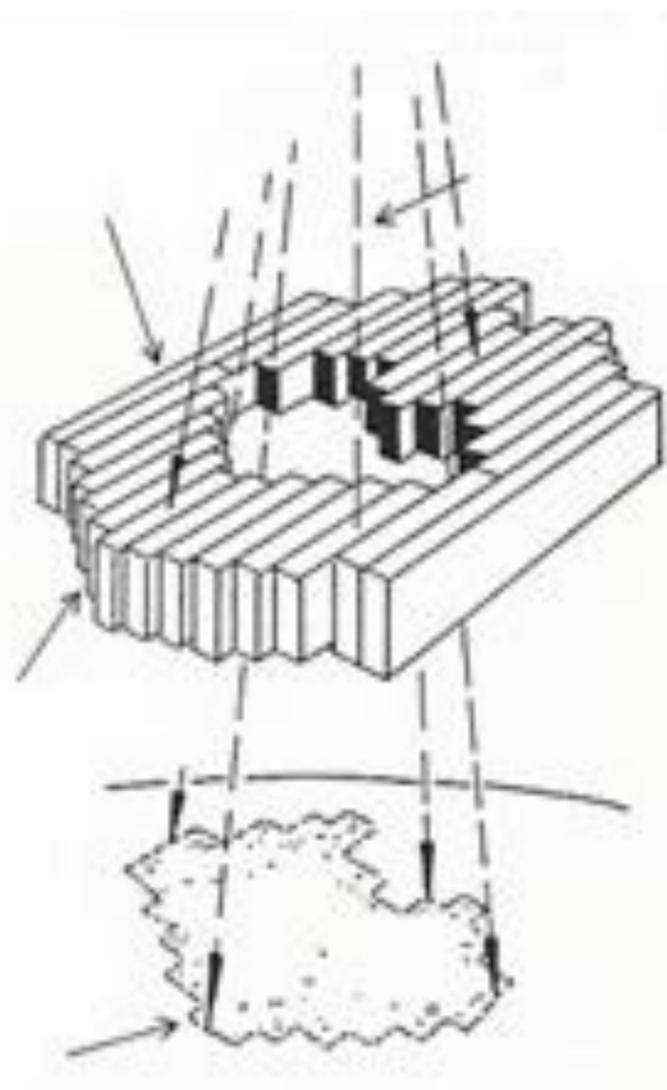
- Плоскостное 2D планирование по одному срединному срезу
- Проверка на рентгеновском симуляторе
- Реализация - гамма-аппарат
- Применение фигурных блоков
- Классические рентгенограммы
- Поля облучения только правильной геометрической формы
- Большой источник, невозможность формировать поля маленьких размеров
- Облучение здоровых тканей

# Конформная лучевая терапия (conformal irradiation) — 3D IMRT



- Линейный ускоритель
- Топографическая подготовка - серия МР и КТ томограмм с последующей трехмерной реконструкцией
- Выбор формы, энергии пучка и количество полей облучения
- Учёт физиологических движений
- Наличие жесткой иммобилизации пациента
- КТ-симуляция - точное определение положения изоцентра, экспорт координат в систему лазерной разметки





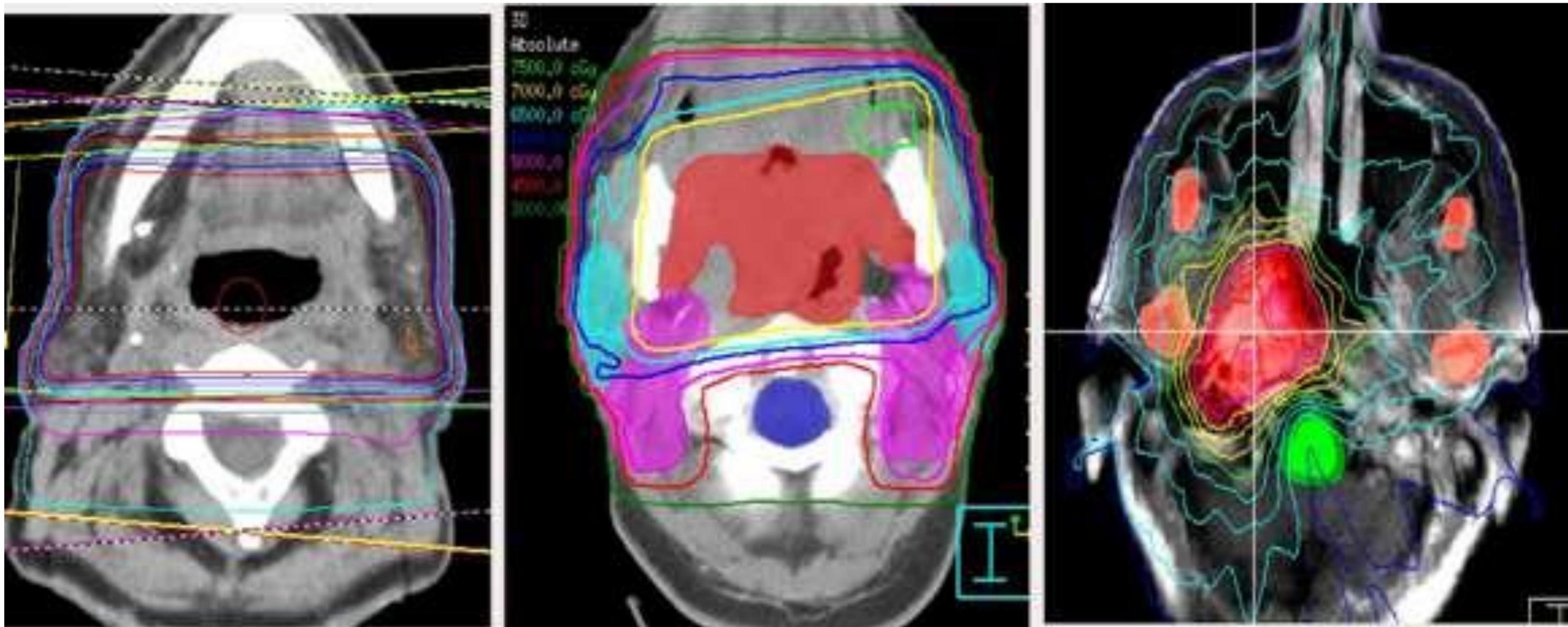
**многолепестковый коллиматор излучения: 20-80 парнорасположенных лепестков дают возможность генерировать поле необходимой формы, меняет свою конфигурацию соответственно облучаемой мишени**

# 3D IMRT корректируемая по изображениям (image guided radiation therapy - IGRT) - ТОМОТЕРАПИЯ (4D)

- Определение перемещения опухоли в здоровых тканях
- Используется перед сеансом ЛТ
- Цель: коррекция направления терапевтического пучка с учетом физиологического смещения тканей
- Мегавольтные фотонные излучение
- Система CyberKnife



# Преимущества доставки дозы



# Иммобилизация пациента



- Термопластические маски, вакуумные матрацы, мешочки с песком

# Особенности лучевой терапии детского

- Старше двухлетнего возраста **возраста**
- Организм лучше справляется с нагрузкой за счёт активной репарации
- Наиболее выраженные нарушения в период активного роста
- Суммарная доза облучения max. 45-55 Гр
- Режим фракционирования: разовая доза 1,5-1,8. Гр, 5 раз в неделю, 1 месяц
- Наличие медикаментозного сна

# Радиочувствительные опухолетского возраста

- **Опухоли, которые могут иметь высокую радиочувствительность:** лимфогранулематоз, неходжкинские лимфомы, эозинофильная гранулема, медуллобластома, дестензионейробластома
- **Опухоли, при которых может наблюдаться умеренная радиочувствительность:** астроцитомы, карциномы носоглотки и щитовидной железы, ретинобластома, нейробластома, тератома, рабдомиосаркома, саркома Юинга, эмбриональный рак яичек
- **Опухоли, при которых может наблюдаться низкая радиочувствительность:** остеосаркома, гепатобластома, некоторые опухоли ЦНС (ганглионейробластома, глиома)

# Некоторые нарушения органов и систем после лучевого лечения

- Кожа: эритема, радиодерматит. Возможно жжение, болезненность
- Слизистые рта и глотки: радиоэндотелиит - эрозии на фоне красного эпителия. Сухость во рту, боли в горле, ларингиты, трахеиты, болезненный приём пищи.
- Кишечник: энтероколиты, эрозийном-язвенные изменения, развитие рубцевых структур
- Почки: острый лучевой нефрит до 4-6 мес.

# Спасибо за внимание!!!

