

# ТЕРАПИЯ

## Лекция 1. ВВЕДЕНИЕ. ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

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

КАДЫРОВА АЛИЯ ИШЕНБЕКОВНА

# ПЛАН ЛЕКЦИИ

- 1. Лучевая терапия в онкологии. Показания, противопоказания. Основные принципы.**
- 2. Этапы развития лучевой терапии**
- 3. Физико-технические основы лучевой терапии.**
- 4. Дозиметрия – понятия - экспозиционная доза излучения, дозное поле, изодозные кривые, интегральная доза.**
- 5. Планирование ЛТ. Топометрия.**

# Радиология

- **Радиолог** - (radiologist) - врач, занимающийся диагностикой заболеваний методами лучевой диагностики.
- Методы лучевой диагностики:
- 1) Ультразвуковые исследования
- 2) Рентгенографические исследования
- 3) МРТ (магнитно-резонансная томография)

В последнее время большое значение получили исследования в медицине радиологическими методами, которые позволяют более точно диагностировать заболевания и лечить болезни, которые ранее приводили к смерти. Этим занимается врач-радиолог.

# Лучевой терапевт или радиотерапевт

- это врач, задачей которого является облучение ионизирующим излучением очагов опухолевых клеток. Именно он рассчитывает схему лучевой терапии для онкологических больных.

● Лучевая терапия – это раздел клинической медицины, которая использует ионизирующие излучения для лечения больных с опухолевыми и некоторыми неопухолевыми заболеваниями.

### Три группы неопухолевых состояний

- Воспалительные заболевания кожи и ее придатков (фурункулы, карбункулы, гидрадениты и т.д.)
- Дегенеративно-дистрофические заболевания костно-суставного аппарата (деформирующий остеоартроз, пяточные шпоры, артриты, бурситы и т.д.)
- Группа редких заболеваний
  - заболевание нервной системы (сирингомиелия);
  - диабетически-эндокринная офтальмопатия



# Показаниями к направлению больных на лучевую терапию являются:

1. злокачественные новообразования
2. неопухолевые заболевания

Противопоказания к лучевой  
терапии злокачественных  
заболеваний.

Различают противопоказания  
абсолютные и относительные  
(временные)



# К абсолютным противопоказаниям относятся:

- генерализация злокачественного процесса
- прорастание опухоли рядом лежащих органов и систем
- прорастание опухоли в хрящевую ткань
- инфицирование злокачественного процесса

# К абсолютным

## противопоказаниям относятся:

- Выраженная раковая кахексия
- Выраженная диарея
- Механическая желтуха
- Кровотечения из опухоли
- Язвенная болезнь желудка и 12-п. к-ки в стадии обострения либо желудочно-кишечные кровотечения
- Геморрагический / ишемический инсульт
- Заболевания ЦНС / тяжелая травма головы

# К относительным противопоказаниям

## относятся:

- тяжелое общее состояние больного с резким ослаблением защитных сил организма
- тяжелые сопутствующие заболевания сердечно-сосудистой и дыхательной системы, печени, почек в стадии декомпенсации
- лейкопения, тромбоцитопения, выраженная анемия
- острые септические и инфекционные заболевания

# Противопоказания к лучевой терапии неопухолевых заболеваний

**К абсолютным противопоказаниям относятся:**

- тяжелое общее состояние больного
- сопутствующие заболевания органов дыхания печени, почек, сердечно-сосудистой системы в стадии декомпенсации
- изменения со стороны крови (лейкопения, анемия и тромбопения)
- лучевая болезнь и лучевые повреждения
- беременность
- детский возраст

# 1. Ионизирующее излучение

1895 г. – В.Рентген.



1896 г. – А.Беккерель.



1898 г. – М.Кюри и П.Кюри.



# История лучевой терапии

## Этапы развития лучевой терапии

- **эмпирический** – метод проб и ошибок. В 1899 г. первые данные об успешном излечении пациента от опухоли кожи.



- **идеология однократного массивного облучения опухоли** ... однократное облучение опухоли крупной фракцией

# История лучевой терапии

- Этап третий – **идеология фракционирования дозы**
- Этап четвертый - **Индивидуальный подход**



- – **развитие манчестерской школы**
- Этап пятый – **кооперация подходов**

# Кооперация

- **Врач лучевой терапевт**  
Выбирает метод и основные параметры лечения
- **Медицинский физик**  
позволяет составить точный план лечения пациента и проконтролировать различные дозиметрические характеристики аппаратуры
- **Оператор**  
Укладывает больного  
Управляют аппаратурой
- **Сервис инженеров**  
обеспечивает работоспособность терапевтической аппаратуры





- По данным Всемирной организации здравоохранения, каждый год от онкологических заболеваний в мире умирают более 7,5 млн. человек. В России на конец 2014 г. на учете в онкологических учреждениях состояли более 3,0 млн. больных. Каждую минуту ставится один онкодиагноз. За последние 10 лет число онкологических больных в стране увеличилось на 25,5%. Через 10 лет – если ситуацию не менять – больных станет больше еще на 15–20%.
- В Китае, Индии, России, в странах Средней Азии в силу неразвитости ранней диагностики, выявление раковых заболеваний происходит слишком поздно. Заболевание в 60% диагностируется в III–IV стадиях.

Обновлено 09.10.2013

## ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ НАСЕЛЕНИЯ ПО ОСНОВНЫМ КЛАССАМ БОЛЕЗНЕЙ в 2000 - 2012 гг.

(зарегистрировано больных с диагнозом, установленным впервые в жизни)

(Данные Минздрава России, расчет Росстата)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	Всего, тыс. человек												
новообразования	1226	1239	1295	1287	1375	1357	1418	1437	1437	1525	1540	1586	1656

Обновлено 09.10.2013

## Заболеваемость населения социально-значимыми болезнями

(данные Минздрава России, расчет Росстата)

Наименование заболеваний	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	Всего, тыс. человек								
Взято на учет больных с впервые в жизни установленным диагнозом:									
злокачественные новообразования	427,5	442,9	448,3	455,5	458,1	469,8	479,5	481,6	480,0
	на 100 000 человек населения								
Взято на учет больных с впервые в жизни установленным диагнозом:									
злокачественные новообразования	293,7	311,1	313,4	319,0	320,9	329,1	335,7	336,9	335,2



- В Америке больше 80% пациентов выживают не только в первый год, но и полностью вылечиваются и проходят пятилетний рубеж после постановки диагноза.
- Но это при условии, что обнаруживают опухоль на первой или второй стадии, а не на третьей-четвертой, как у нас.
- То же самое с инсультами и инфарктами, которые уносят 32% жизней от всех умерших в России;
- в США и Европе этот показатель почти вдвое ниже: там переломить кривую статистики смогли благодаря профилактике атеросклероза.
- Аргументы недели, №37 (278) от 22 сентября 2011







**Лучевая терапия** - один из  
важнейших методов лечения  
рака, в ряде случаев  
единственный...



# Лучевое лечение злокачественных опухолей подразделяется на :

- **Радикальное лечение** - предусматривает полное уничтожение как первичного очага опухоли, так и возможных метастазов.
- **Паллиативное** – преследует цель задержать рост и развитие опухоли, продлить жизнь больному.
- **Симптоматическое** - назначается, чтобы снять какие-либо тяжелые проявления опухолевого роста, например сдавливание опухолью прилежащих органов с развитием тяжелых функциональных расстройств.



# Радикальная лучевая терапия

- При локально-региональном распространении опухоли
- Облучению подвергают первичный очаг и зоны регионарного метастазирования
- Суммарная доза на область первичной опухоли 60-75 Гр
- На зоны метастазирования – 45-50 Гр

# Паллиативная лучевая терапия

- При распространенном опухолевом процессе
- Нет возможности добиться полного и стойкого излечения
- Частичная регрессия опухоли
- снижение интоксикации
- снижение болевого синдрома
- восстановление функции органа
  
- Суммарная доза 40-55 Гр

# Симптоматическая ЛТ

В ряде случаев является незаменимым методом:

- При наличии метастазов в кости, при наличии выраженного болевого синдрома – короткий интенсивный курс, начиная от 1 фракции и чаще всего ограничиваясь 6-7 фракциями ЛТ – приводит к уменьшению болевого синдрома как минимум у 70 – 77 % больных
- При развитии компрессии спинного мозга – в первые 24 часа необходимо либо провести хирургическую декомпрессию, либо быстро начать ЛТ на фоне больших доз гормонов.

# Симптоматическое облучение метастазов в КОСТИ

## Схемы дробления дозы:

- Ежедневно в течение 5-и дней по 4 Гр
- Через день по 6 Гр
- 2 раза в неделю по 8 Гр с интервалом 72 часа
- Однократно в дозе 10 Гр

## Облучение с симптоматической целью проводится по жизненным показаниям при:

- поражении средостения с синдромом верхней полой вены
- компрессионном синдроме, обусловленном быстрорастущей опухолью головного мозга
- при острой асфиксии, связанной с быстрорастущей опухолью трахеи
- при первичных и метастатических опухолях, вызывающих сдавление спинного мозга, что влечет за собой нарушение функции жизненно важных органов;
- с целью остановки кровотечения (с-г мочевого пузыря, шейки матки, глотки, бронхов)
- патологический перелом кости
- изъязвление опухоли
  
- Суммарная очаговая доза излучения устанавливается индивидуально в зависимости от достигнутого эффекта и составляет 20-30 Гр.

## 1. Лучевая терапия - монотерапия

в изолированном варианте без комбинации с другими методами (как радикально, так и паллиативно)

## 2. В комбинации с оперативным вмешательством

- Или интраоперационная ЛТ – один из наиболее эффективных методов считается в настоящее время

- В комбинации с лекарственным методом (*химиотерапия, гормонотерапия*)

## 3. В комплексе методов

# При комбинированном (лучевом и хирургическом) методах лечения лучевую терапию могут применять как

- в предоперационном периоде (неoadьювантная лучевая терапия)
- в послеоперационном периоде (адьювантная или профилактическая лучевая терапия).
- При проведении пред- и послеоперационной лучевой терапии облучению подвергается не только опухоль или ее вместилище, но и зоны возможного метастазирования.

(Например, при раке молочной железы дополнительно облучают подмышечные впадины, надключичные и подключичные области, средостение).

# Предоперационное облучение позволяет:

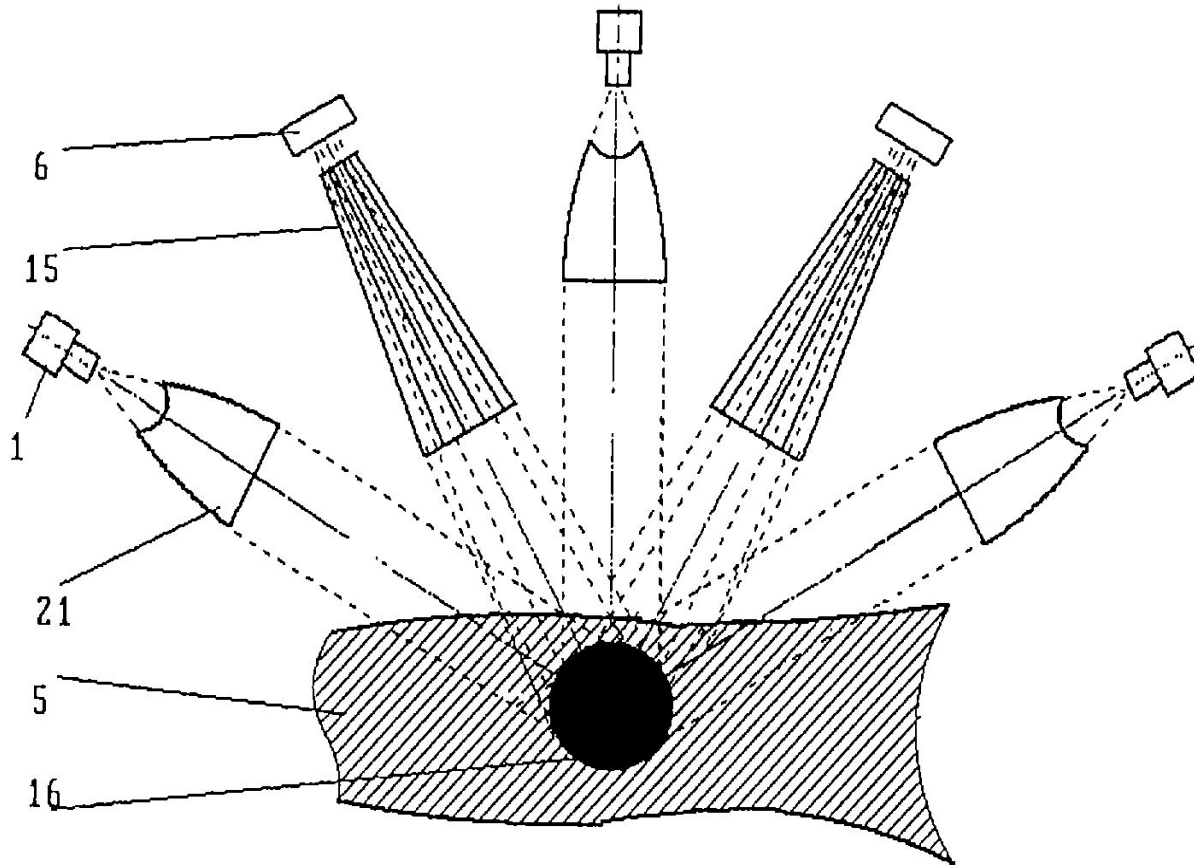
- снизить митотическую активность и жизнеспособность опухолевых клеток, что сводит к минимуму риск развития рецидивов и метастазов;
  - вызвать частичную регрессию первичной опухоли за счет гибели наиболее чувствительных клеток, находящихся на периферии, и перевести опухоль в операбельное состояние;
  - разрушить метастазы, находящиеся в регионарных зонах, и вызвать уменьшение метастатических узлов;
  - снять параканкрозное воспаление.
- С радиобиологических позиций лучевая терапия до операции более эффективна, поскольку нет послеоперационных рубцовых изменений, способствующих появлению плохоокисигенированных (гипоксичных и аноксичных) клеток, являющихся радиорезистентными.



## ***Лучевая терапия, осуществляемая в послеоперационном периоде, направлена на:***

- снижение биологической потенции опухолевых клеток, возможно оставшихся в зоне операционного поля;
- обеспечение гибели остатков опухоли в случаях выполнения нерадикальных оперативных вмешательств;
- ликвидацию опухолевых клеток в регионарных лимфатических узлах.

# Цель лучевой терапии:



Фиг. 8

- Обеспечение подведения максимальной дозы излучения на опухолевые клетки при минимальном повреждении здоровых тканей

# ● Ионизирующее излучение ?



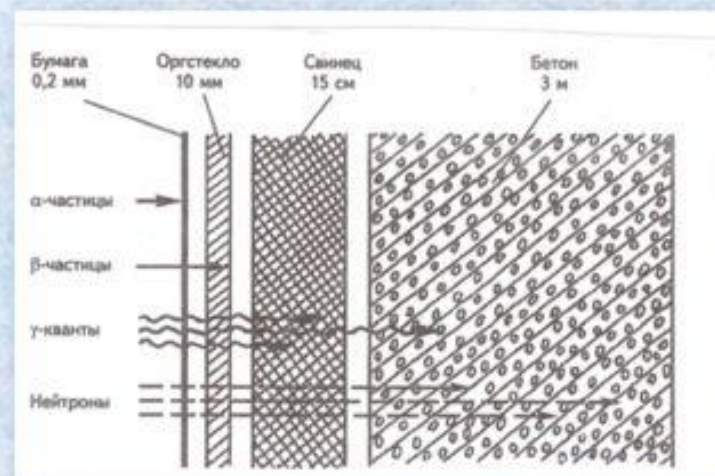
## Воздействие ионизирующего излучения на организм человека, общие понятия и величины дозиметрии.

Для того чтобы понять как ионизирующее излучение воздействует на организм человека надо понять, что является ионизирующим излучением.

*Ионизирующее излучение* – это излучения, взаимодействие которых со средой приводит в конечном счете к ионизации атомов и молекул.

К ионизирующим излучениям относятся: электромагнитное излучение ( $\gamma$  - излучение), потоки  $\alpha$  - частиц, электронов и позитронов ( $\beta$  - излучение), нейтронов и других заряженных и нейтральных частиц.

*Источником ионизирующего излучения* – называется объект, содержащий радиоактивный материал (радиоактивные вещества) или техническое устройство, испускающее или способное испускать (при определенных условиях) *ионизирующее излучение*.



# ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ

## ЕСТЕСТВЕННОЕ

### КОСМИЧЕСКОЕ

- Звездные взрывы
- Солнечные вспышки

### ЗЕМНОЕ

- Естественные радиоактивные вещества (радон, уран и др.)

## ИСКУССТВЕННОЕ

- Ядерное производство.
- Атомные электростанции.
- Ядерно-энергетические установки.
- Специальные военные объекты.
- Медицинская рентгеновская аппаратура.
- Бытовые излучатели.

# Радиоактивное излучение

- Радиоактивность появилась на земле со времени ее образования, и человек за всю историю развития своей цивилизации находился под влиянием естественных источников радиации.
- Земля подвержена радиационному фону, источниками которого служат излучения Солнца, космическое излучение, излучение от залегающих в земле радиоактивных элементов.



# Естественная радиоактивность



# Источники излучения

- Люди



Естественные  
источники

Углерод-14 (6) и  
Калий 40 (19)



# Дозы ионизирующего излучения получаемые человеком из различных источников.

Космическое излучение(14%)

Радиоактивность почвы  
и строительных  
материалов(19%)

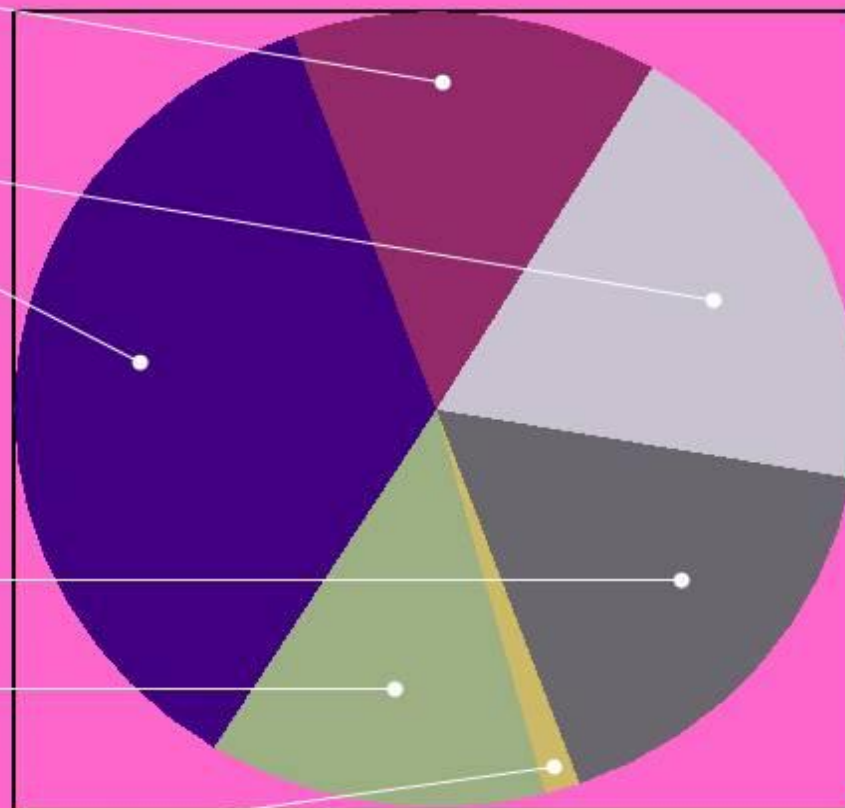
Радиоактивные газы(37%)

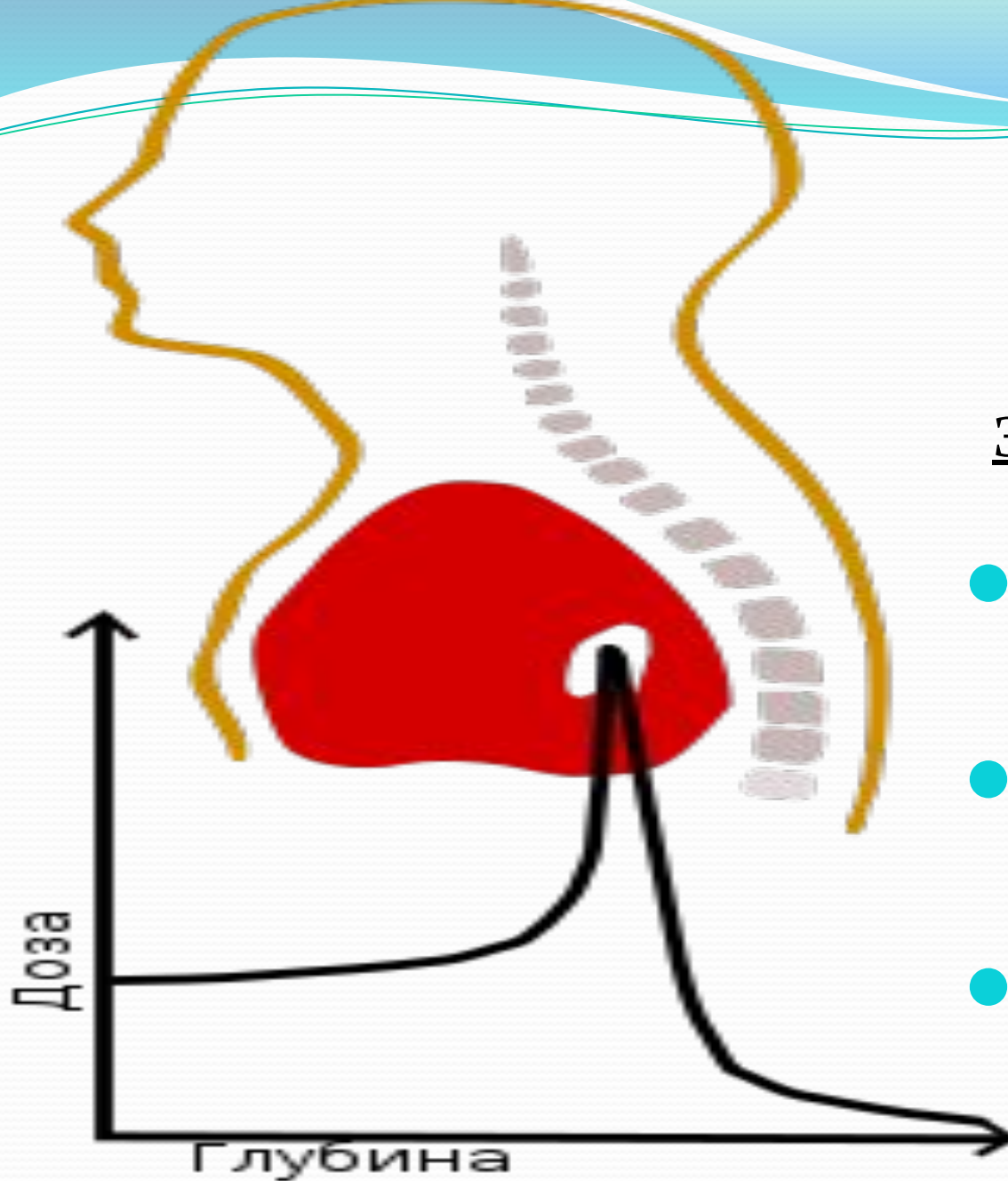
Внутреннее  
облучение  
радиоактивными  
веществами

попадающими  
с пищей(17%)

Медицинские процедуры(11,5%)

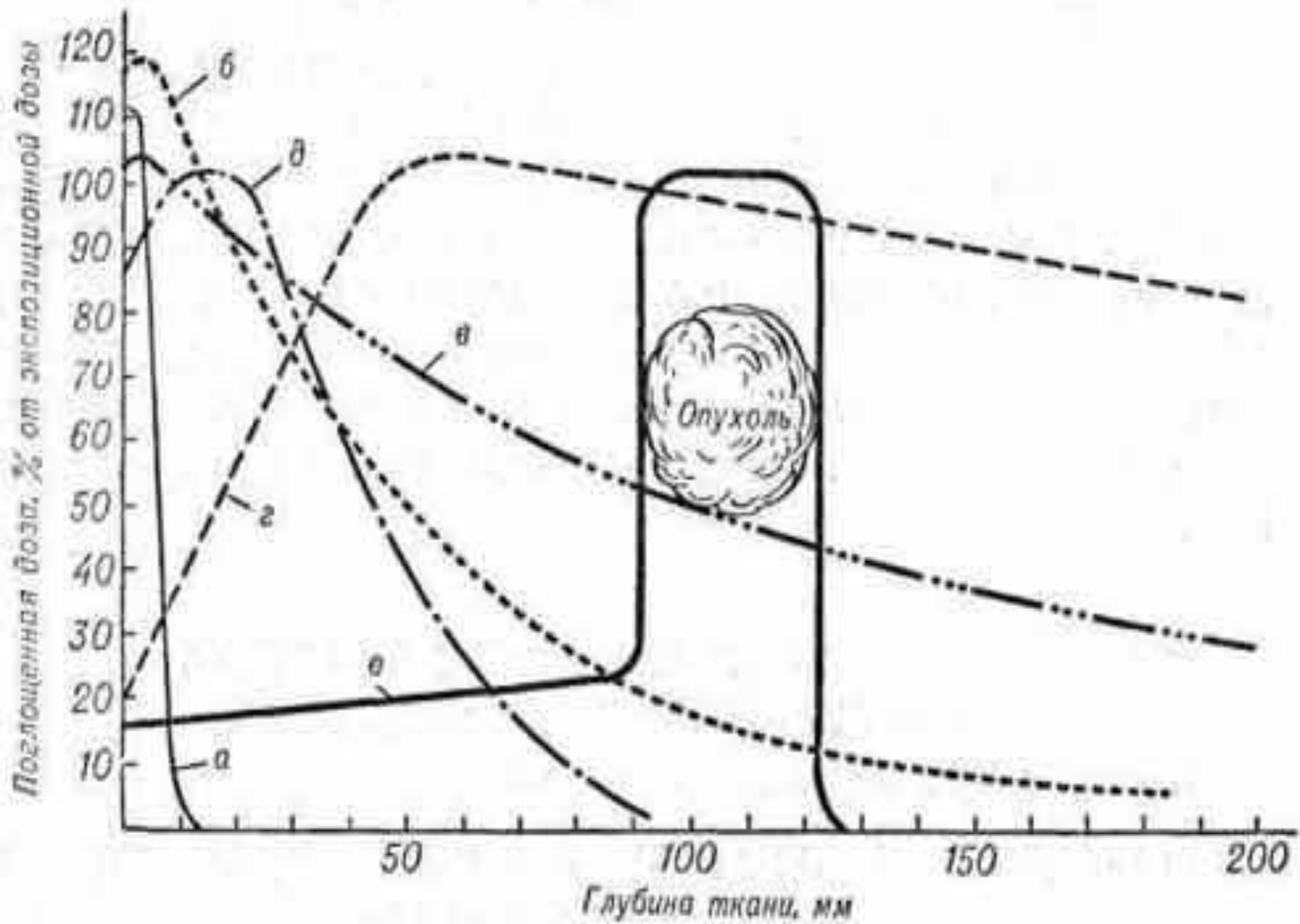
Другие источники(транспорт,  
сжигание угля, ядерная  
промышленность)(1,5%)



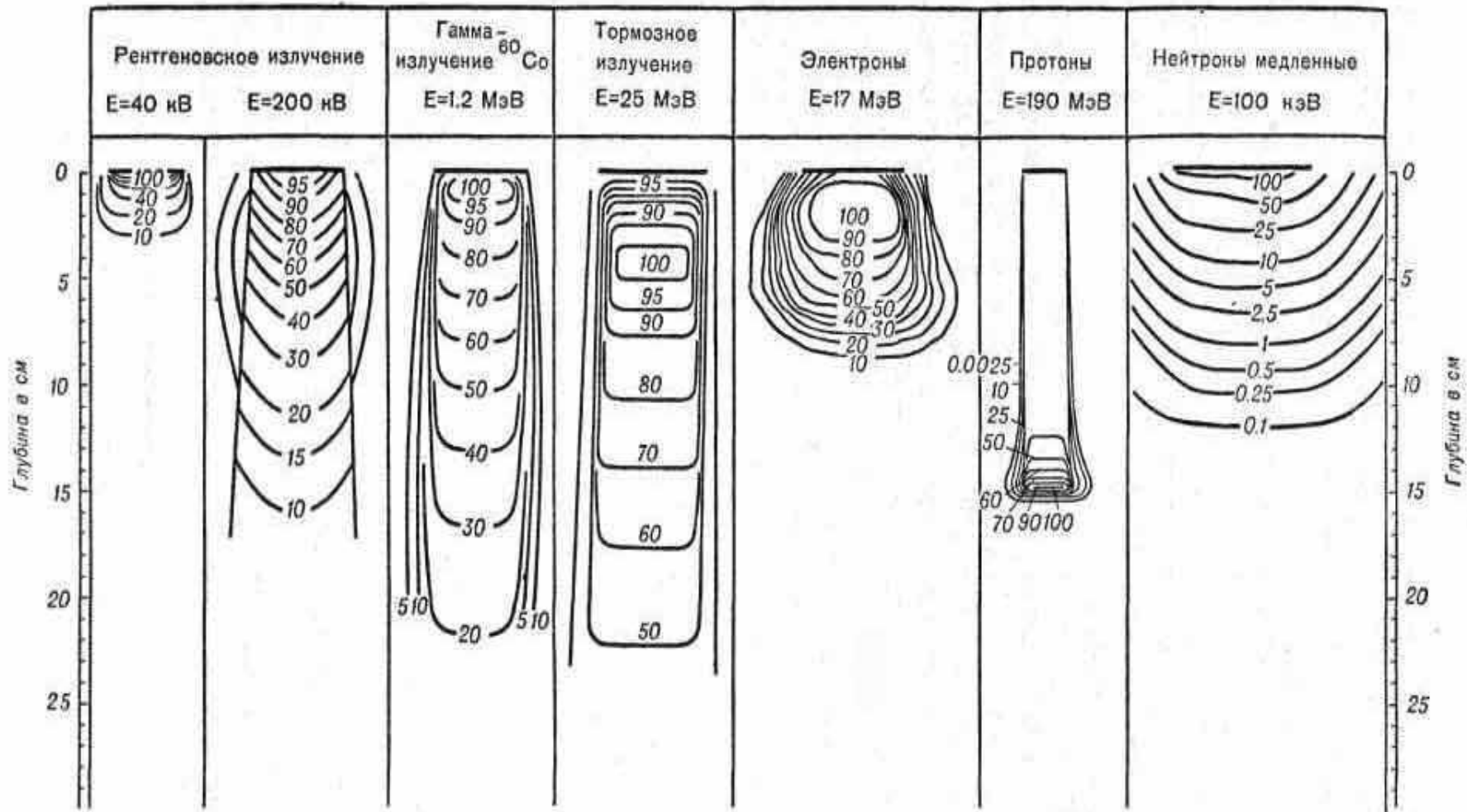


### Энергия дозы:

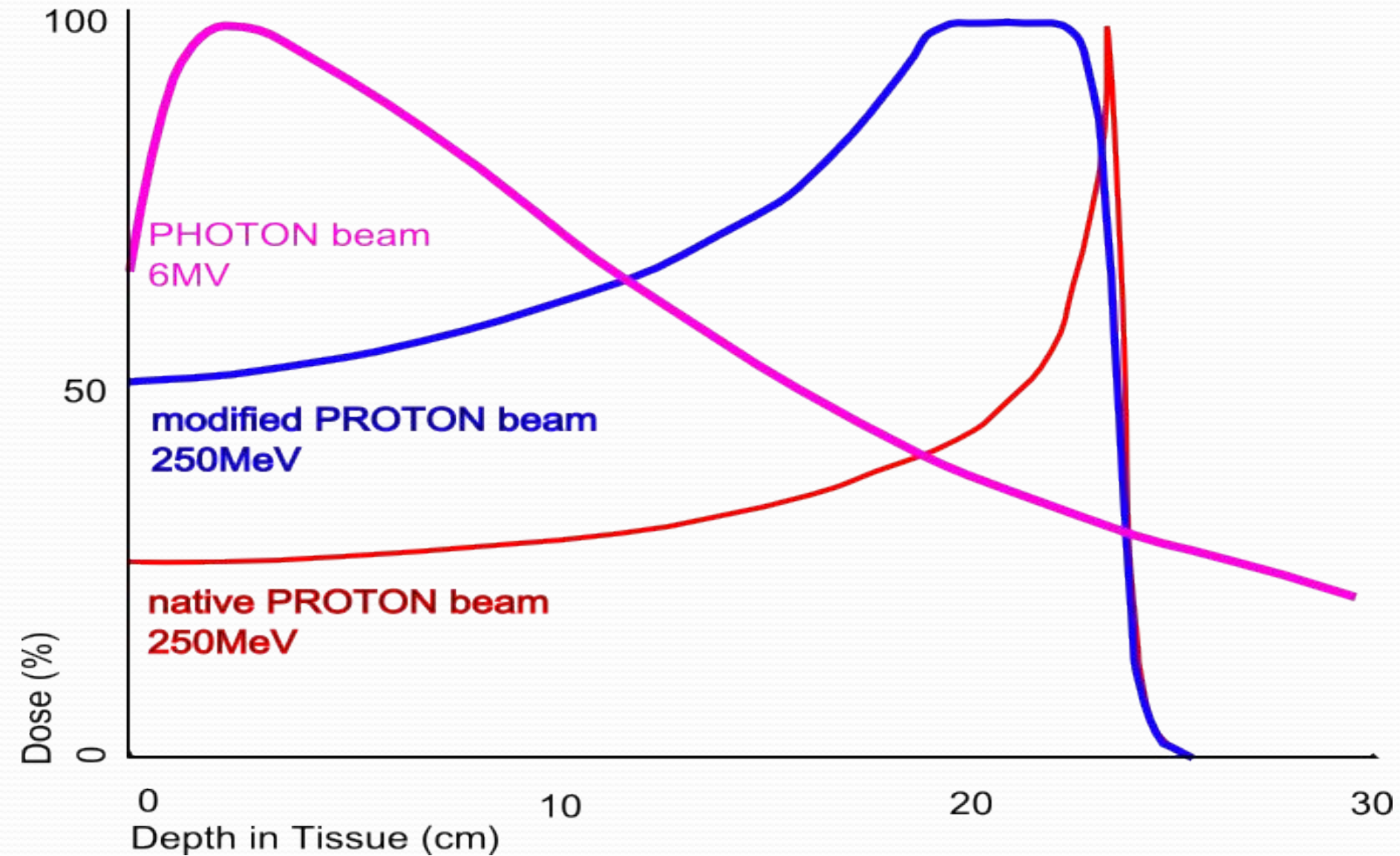
- 0-50 % – здоровые ткани;
- 60-70 % – осложнения;
- 80-100 % – разрушение клеток и тканей



# Распределение дозы различных видов ионизирующего излучения



# Протонное излучение: пик Брегга



# Физические основы протонной терапии

- Контролируемый пробег протонов в веществе жестко зависящий от энергии пучка и плотности тканей
- Отсутствие облучения нормальных тканей позади мишени
- Резкий градиент дозы по краю поля и по глубине
- Увеличение ионизации в конце пробега пучка (пик Брегга)

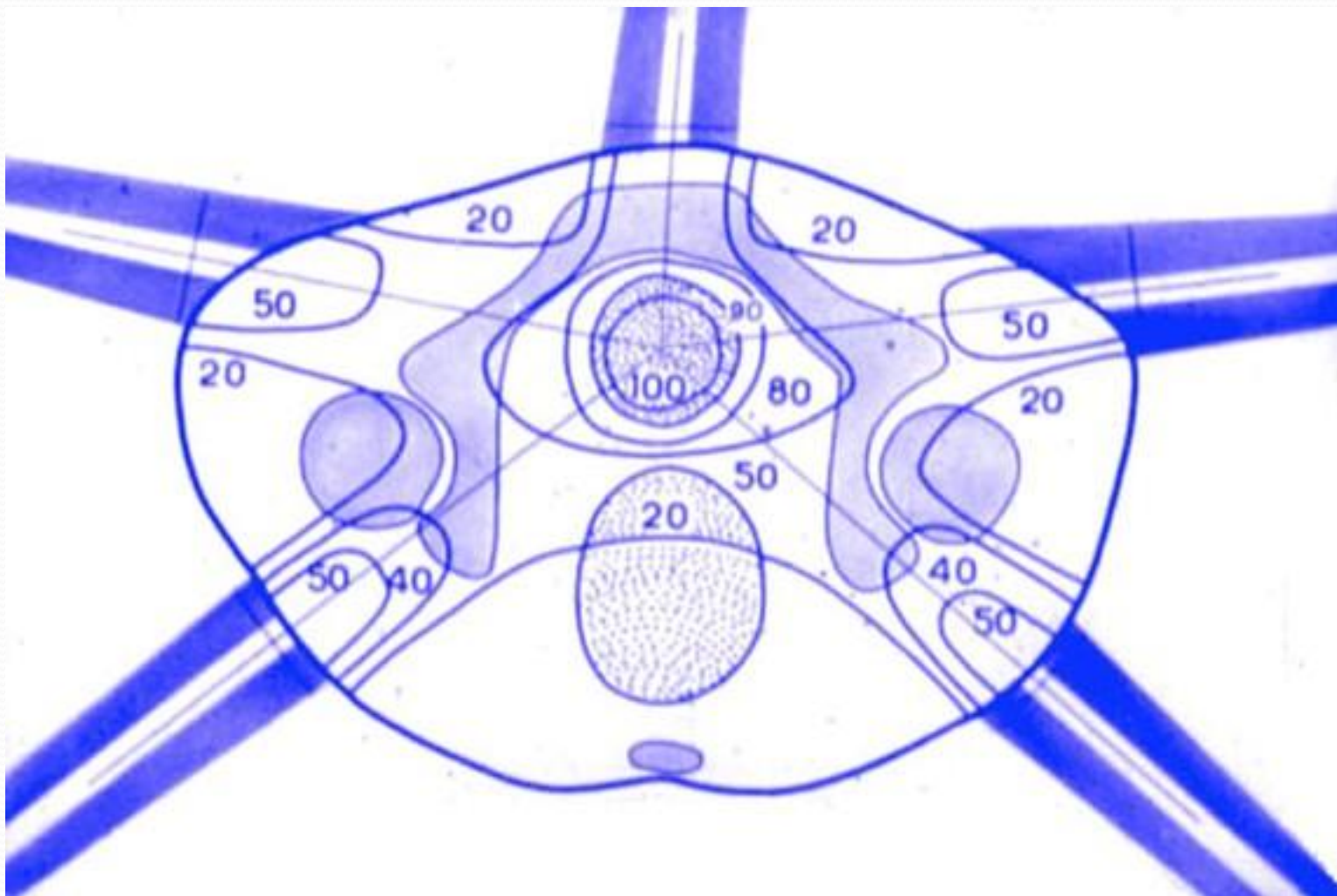
# Клиническая дозиметрия

- Дозное поле - пространственное распределение энергии излучения в облучаемой среде (в облучаемом очаге, в жизненно важных органах, во всем организме).

Изодозные кривые - линии, соединяющие на эскизе облучаемого объекта все точки с одинаковым значением поглощенной дозы.

Интегральная доза - полное количество энергии, поглощенной в облучаемом объеме.

# Дозное поле при облучении рака мочевого пузыря с 5 полей, размером 6 на 8 см





# КЛИНИЧЕСКАЯ ТОПОМЕТРИЯ

- Топографоанатомическое взаимоотношение опухоли и соседних тканей дает компьютерная томография.
- Для каждого больного изготавливают индивидуальную топографоанатомическую карту (на ней должны быть показаны контуры сечения тела, облучаемый объект и органы, которые нуждаются в защите от излучения).

# Предлучевая подготовка – **симуляция** состоит из следующих этапов:

- - получение анатомо-топографических данных об опухоли и прилежащих структурах;
- - разметка на поверхности тела полей облучения;
- - выбор взаиморасположения мишени и полей облучения, угол и направление центральных лучей;
- - введение анатомо-топографического изображения в планирующую систему;
- - моделирование процесса радиотерапии и расчет условий плана лечения.

# При планировании выбирают:

- Вид и энергию пучка излучения;
- РИП (расстояние: источник - поверхность) или РИО (расстояние - источник - очаг);
- Размеры поля облучения;
- Положение пациента во время облучения;
- Координаты точки входа пучка, угол пучка;
- Положение защитных блоков или клиньев;
- Начальное и конечное положение головки аппарата при ротации;
- Вид нормировки для карты изодоз - по максимуму дозы, по дозе в очаге или др.;
- Доза в очаге; в «горячих точках»; на выходе для каждого пучка;
- Площадь или объем очага и объем, который будет облучен.

# Дозиметрия

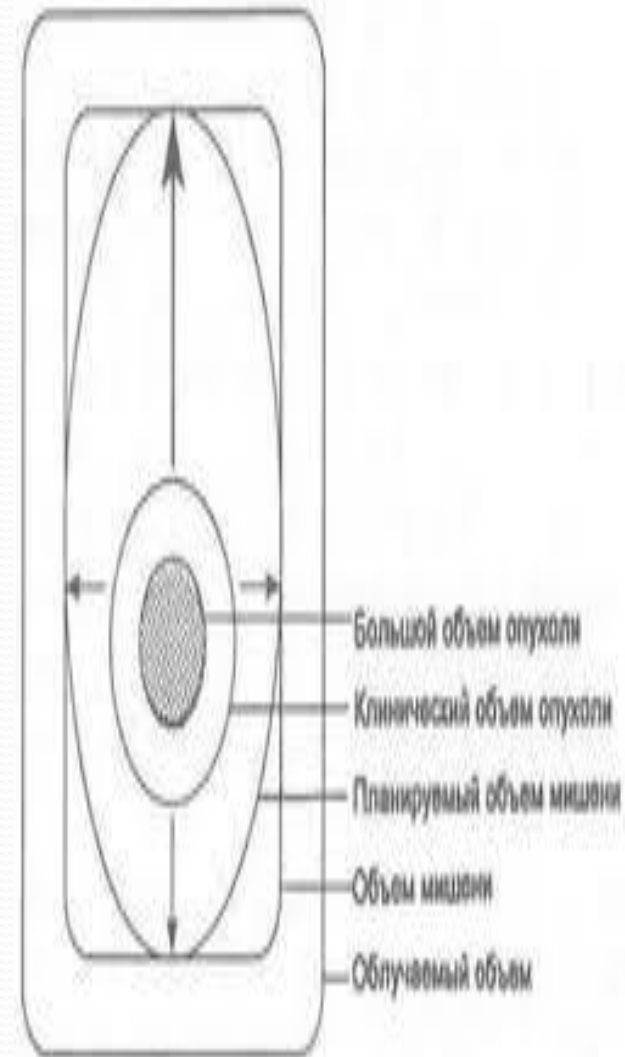
- Все методы регистрации количественного определения величины поглощенной энергии называют дозиметрией.
- Поглощенная доза излучения - величина энергии, переданная веществу.
- Для характеристики источника рентгеновского и  $\gamma$ -излучения введено понятие "экспозиционная доза излучения" (количество энергии, поглощенной из данного пучка в единице массы воздуха).



# На основании полученной информации КТ устанавливается макроскопический объем опухоли:

## Выделяют:

- (БОО), в котором сосредоточена основная часть опухолевых клеток.
- в процессе предлучевой подготовки выделяют клинический объем опухоли, включающий макроскопический объем опухоли и ткани, в которых имеет место микроскопическое распространение опухоли.
- Планируемый объем облучения учитывает смещение пациента и его органов во время одного сеанса облучения, а также от сеанса к сеансу.
- Объем, который получает дозу достаточную для радикального или паллиативного лечения с учетом толерантности нормальных тканей, обозначается как «объем лечения». Наиболее оптимальное распространение дозы излучения достигается при объемном (трехмерном) планировании.
- Облучаемый объем лежит в основе конформного облучения, задачей которого является «придание объему высокой дозы формы опухоли, ограничивая при этом до минимума дозу на окружающие здоровые ткани» (G.Kuthcer).



# Спасибо за внимание

