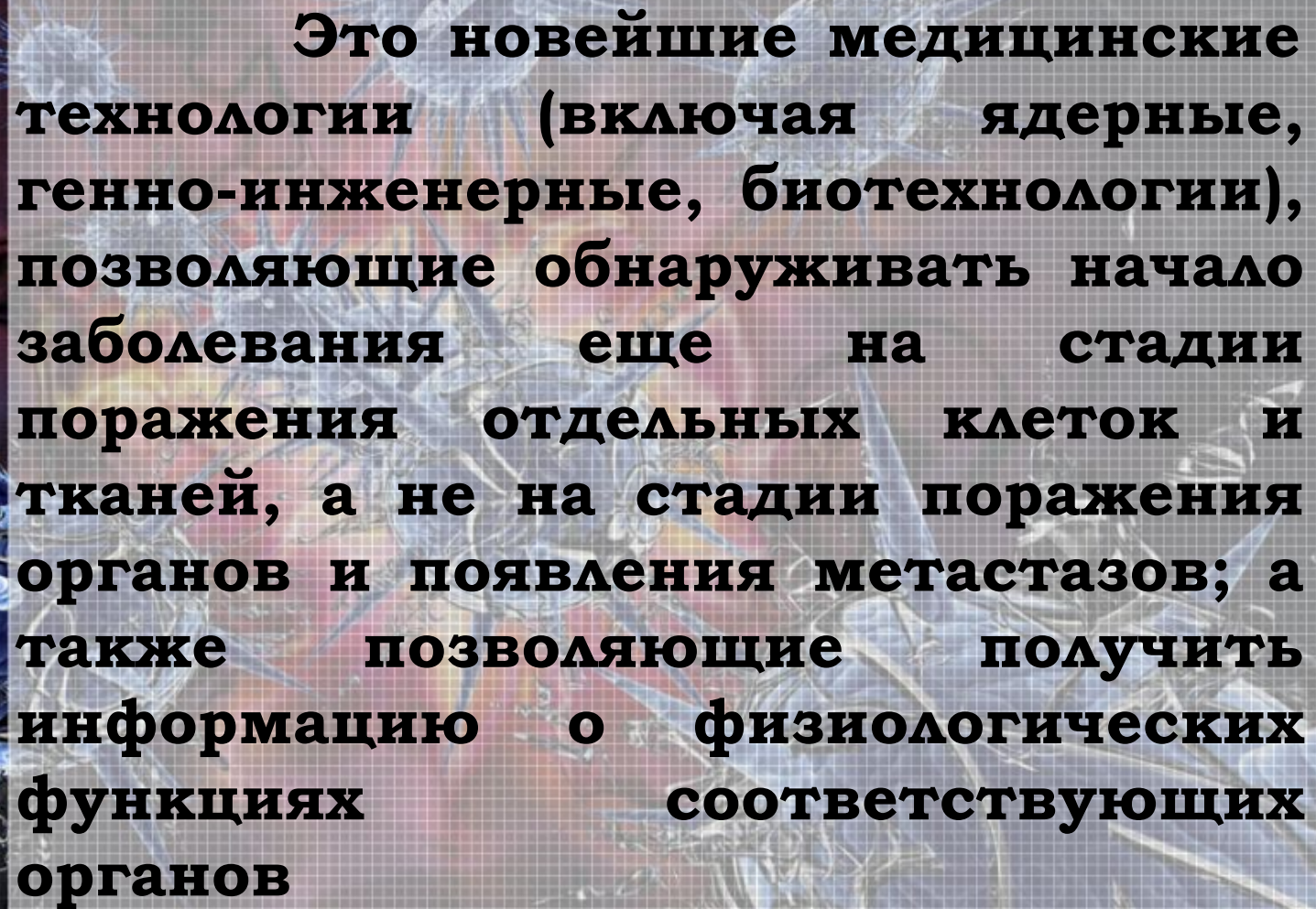


Ядерная медицина






Современная ядерная медицина:
область фундаментальной и
практической медицины, в
которой с целью профилактики,
диагностики и лечения
различных заболеваний органов
и систем человека,
применяются стабильные и
радиоактивные нуклиды,
самостоятельно или в форме
радиофармпрепаратов (РФП);



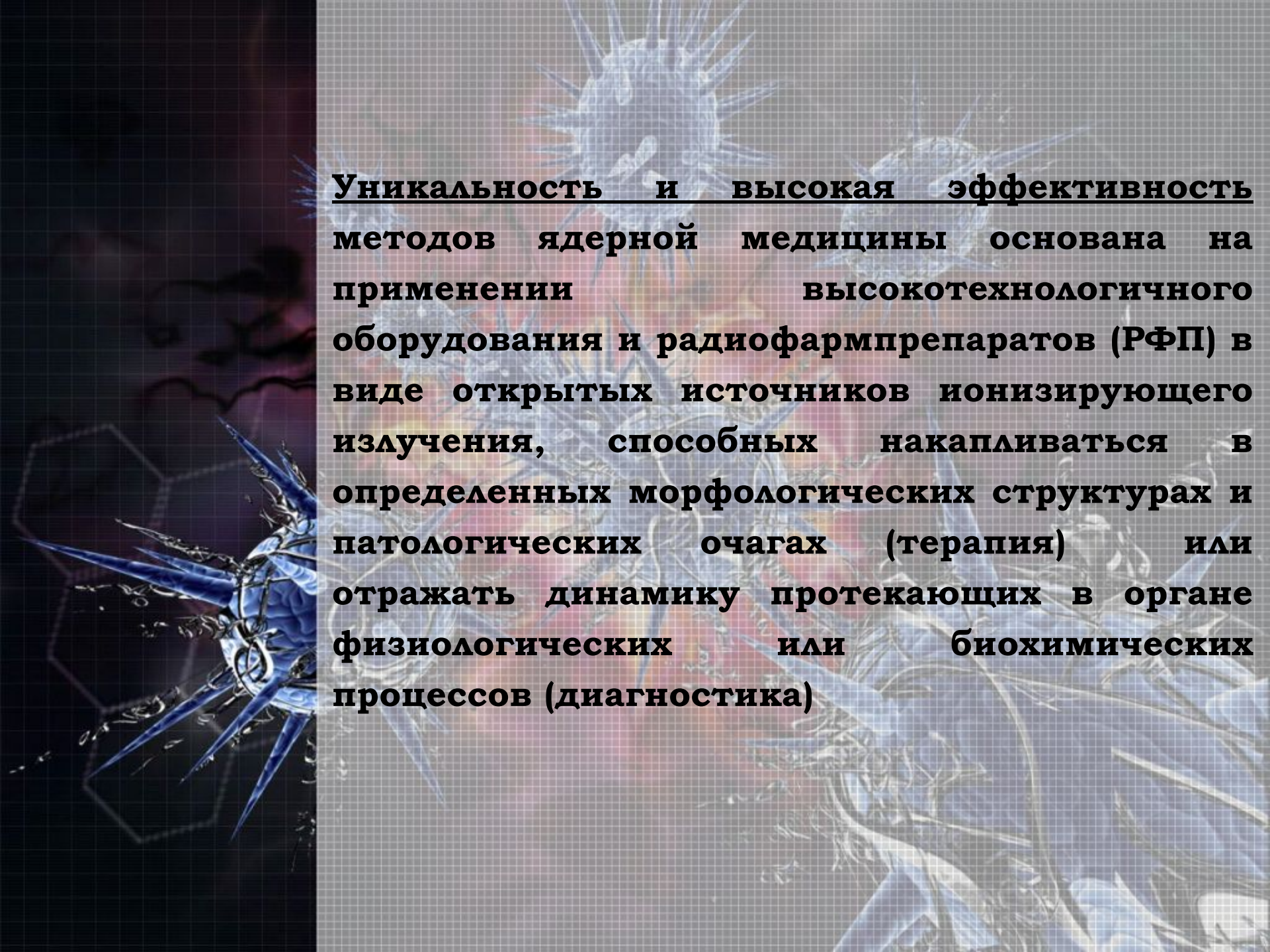
Это новейшие медицинские технологии (включая ядерные, генно-инженерные, биотехнологии), позволяющие обнаруживать начало заболевания еще на стадии поражения отдельных клеток и тканей, а не на стадии поражения органов и появления метастазов; а также позволяющие получить информацию о физиологических функциях соответствующих органов

The background of the slide features a grid pattern overlaid on a microscopic image. The image shows several blue, spiky, spherical structures, likely representing viruses or bacteria, against a blurred, reddish-pink background. On the left side, there is a vertical strip with a dark, textured background and a prominent blue spiky structure.

Методы ядерной медицины

СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ ядерной медицины

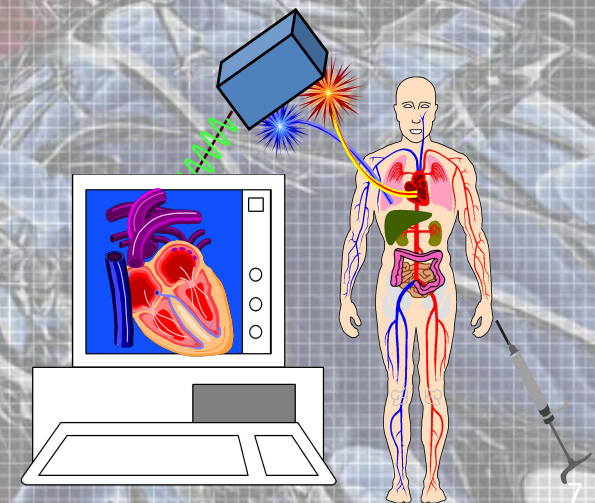




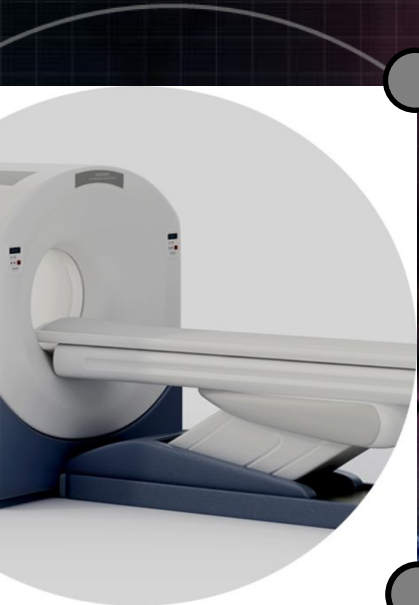
**Уникальность и высокая эффективность
методов ядерной медицины основана на
применении высокотехнологичного
оборудования и радиофармпрепаратов (РФП) в
виде открытых источников ионизирующего
излучения, способных накапливаться в
определенных морфологических структурах и
патологических очагах (терапия) или
отражать динамику протекающих в органе
физиологических или биохимических
процессов (диагностика)**

Изображения в ядерной медицине

- Радионуклидная визуализация определяет функциональные (а не анатомические) свойства человеческой ткани.
- Изображение создаётся путем индикации распределения радиофармпрепаратов в организме с помощью гамма-камеры



Радионуклидная диагностика



Онкологические
заболевания

Кардиологические
заболевания

Неврологические
заболевания

Радионуклидная терапия

Заболевания щитовидной
железы

Костные метастазы
опухолей различных
локализаций

Заболевания опорно-двигательного
аппарата



Лучевая терапия

Лучевую терапию различают по виду излучения:

- ЛТ рентгеновским излучением высокой энергии
- гамма-терапия
- облучение быстрыми электронами
- облучение протонами
- облучение нейтронами
- контактная (радионуклидная) ЛТ

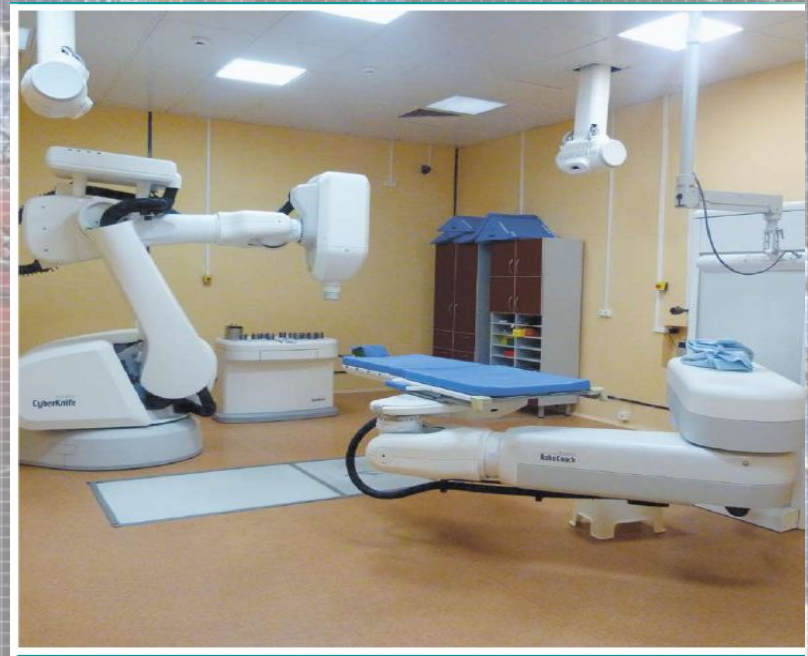
Нейтронная терапия

Нейтронзахватная терапия

Гамма-терапия (конвенциональная)

Адронная терапия

CyberKnife – роботизированный ускоритель



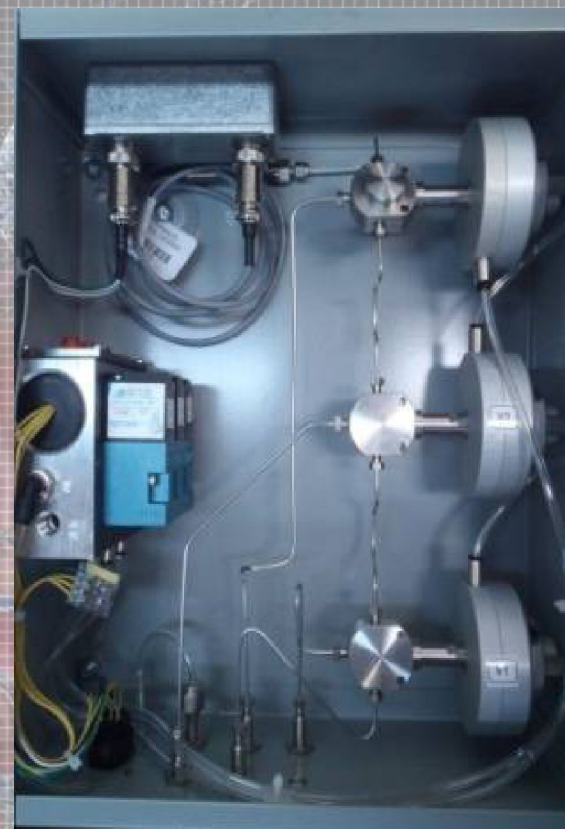
Радионуклидная диагностика

Выявление структурно-функциональных изменения органов и тканей практически на клеточном уровне, что позволяет диагностировать болезнь на самых ранних стадиях. Это существенно экономит средства на лечение и повышает шансы на выздоровление.

Используют препараты, меченные радиоактивными нуклидами. Наблюдая за их распределением в организме человека с помощью специальной детектирующей аппаратуры, можно получить изображение внутренних органов человека, **а также судить о жизнедеятельности органа в целом или какой-либо из его частей.**

Радионуклидная диагностика

Циклотрон ТР-30



ЦЭТ



**Мишенные
устройства: газовые
и жидкостные
мишени**

Радионуклидная диагностика - исследование, основанное на использовании соединений, меченных радионуклидами

В качестве таких соединений применяют разрешенные для введения человеку с диагностической и лечебной целью радиофармацевтические препараты (РФП) - химические соединения, в молекуле которых содержится определенный радионуклид.

В клинической практике применяют следующие виды радионуклидных исследований:

Визуализация органов, т. е. получение их радионуклидных изображений

Измерение накопления РФП в организме и его выведения

Измерение радиоактивности биологических проб жидкостей и тканей человеческого организма

Радионуклидная диагностика

Основные радионуклиды для
ОФЭКТ

^{82}Rb	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{199}Tl	^{123}I	^{111}In	^{201}Tl
↓	↓	↓	↓	↓	↓
1,25 МИН	360 МИН	445,2 МИН	792 МИН	4075 МИН	4378 МИН

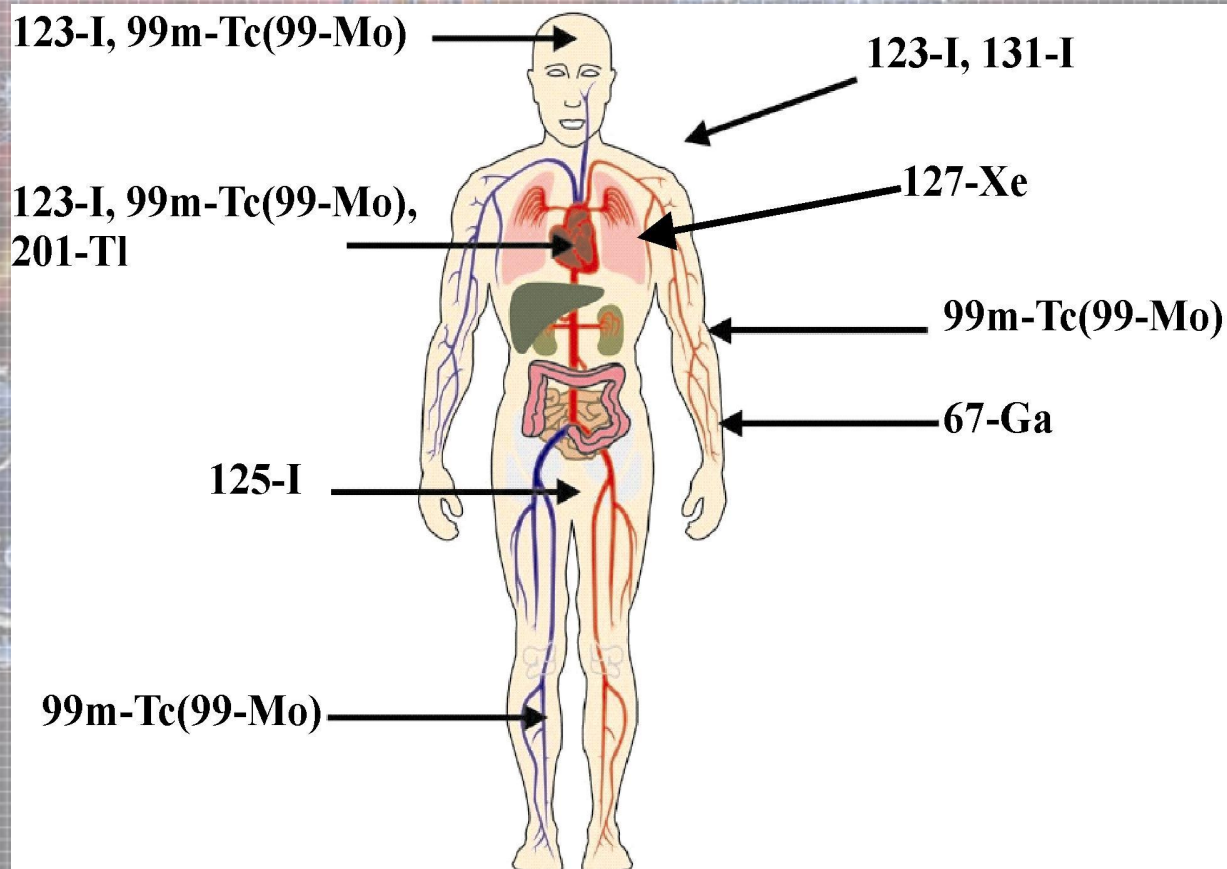
Энергия гамма-квантов в интервале 60 –
300 кэВ

Радионуклидная диагностика

Основные циклотронные ПЭТ радионуклиды

^{15}O	^{62}Cu	^{13}N	^{11}C	^{68}Ga	^{18}F
↓	↓	↓	↓	↓	↓
2,04 МИН	9,6 МИН	10 МИН	20,4 МИН	67 МИН	109,8 МИН
1730 кэВ	2926 кэВ	1198 кэВ	960 кэВ	1899 кэВ	653 кэВ

Пример использования некоторых радионуклидов при диагностике



Основные направления в онкологии

Выявление первичного очага новообразования - диагностика.

Определение степени распространенности процесса, т.е. определение стадии

Дифференциальная диагностика

Планирование лечения

Оценка эффективности противоопухолевого лечения, т.е. отслеживание результатов лечения

Выявление рецидива

Предоперационное выявление лимфоузлов первого порядка (позволяет хирургу, взять на биопсию только необходимые лимфоузлы, не нарушая регионального лимфотока).

ЯДЕРНАЯ КАРДИОЛОГИЯ

Оценка функционирования правого и левого желудочков в покое.

Визуализация кровоснабжения сердечной мышцы при нагрузке и в покое и.т. д.

ЯДЕРНАЯ НЕВРОЛОГИЯ

Выявление очага эпилепсии для, дальнейшего операционного, вмешательства.

Диагностика различных видов деменций.

Визуализация последствий, черепно-мозговой травмы, включая случай отсутствия нарушений на КТ, при продолжающихся жалобах пациента.

Определение возможности, центральной природы постоянного звона в ушах (тинитус).

Диагностика болезни Паркинсона.

Прогнозирование и объективную оценку результатов лечения патологий ЦНС в отделении гипербарической оксигенации (ГБО).

ОБЩАЯ ЯДЕРНАЯ МЕДИЦИНА

Визуализация патологии костной, системы с целью диагностики:

- травм и переломов, не поддающихся диагностики обычными методами обследования.
- патологии суставов
- осложнений после протезирования
- выявление первичных опухолей и метастазов в кости и наблюдение за их лечением, и.т. д.

Выявление патологии почек, начиная с месячного возраста пациента:

- мочекаменная болезнь
- сужение мочеточника в различных его частях.
- пиелонефрит и визуализация рубцовых изменений почек.
- пузырно-мочеточниковый рефлюкс
- опухоли мочевыводящей системы

Исследование функции желудочно - кишечного тракта позволяет диагностировать причины:

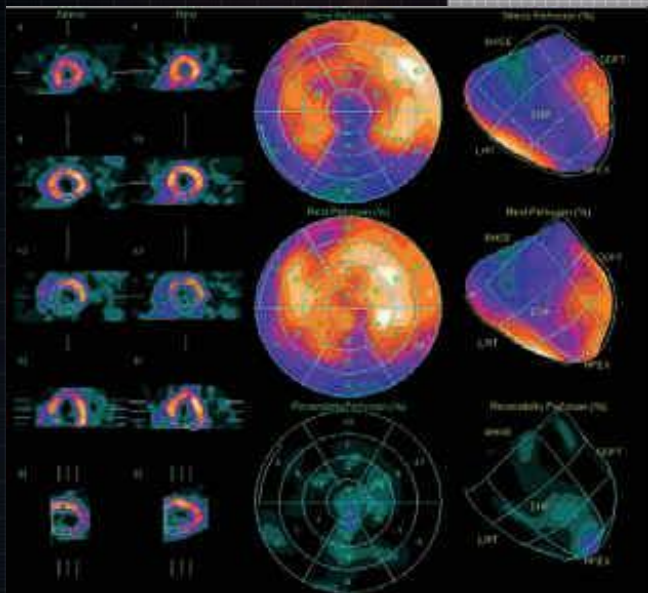
- нарушения глотания**
- нарушения опорожнения желудка**
- патологического заброса содержимого желудка в пищевод и его осложнения.**

Выявление рецидивирующего кровотечения, включая кишечные.

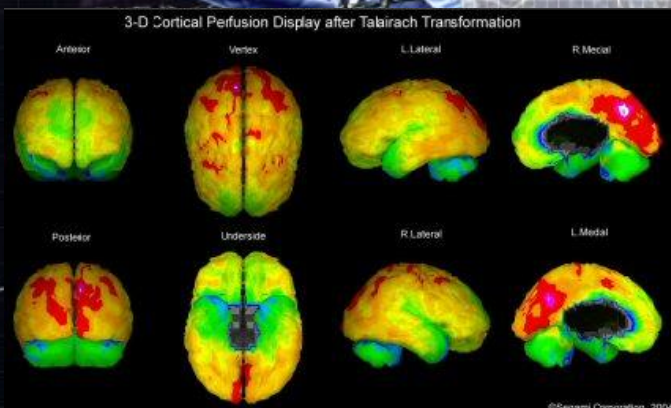
Обследование с мечеными эритроцитами дает точную диагностику гемангиом в печени.

Выявление местоположения аденомы паращитовидной железы неинвазивным способом, с целью минимизации хирургического вмешательства.

Предоперационное неинвазивное выявление наилучшего места для микрохирургического лечения нарушения оттока лимфы (лимфедемы)



**Визуализация миокарда
с помощью препарата
Технетрил, ^{99m}Tc.**



**Изучение кровотока
головного мозга методом
ОФЭКТ**

Обследования проводятся в амбулаторных условиях

Не имеют противопоказаний, побочных действий, возрастных ограничений

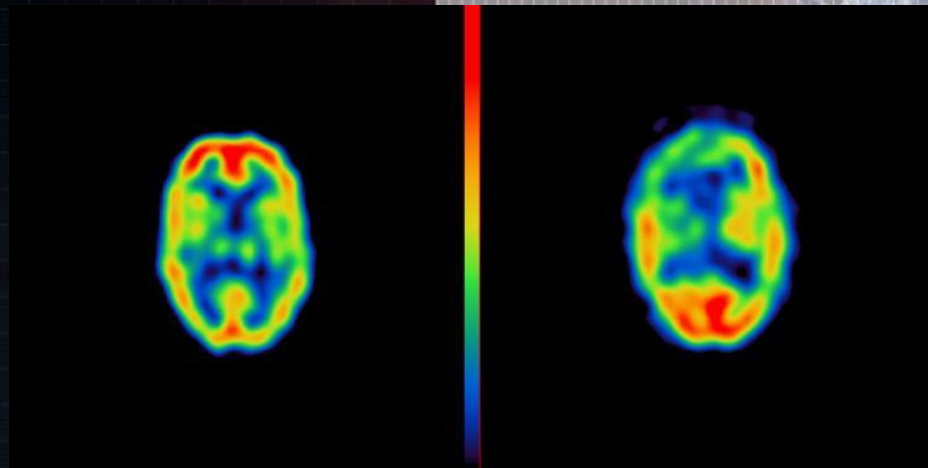
Неинвазивны (без физического вмешательства в организм, нетравматичны)

Могут неоднократно повторяться без риска для больного

Продолжительность обследования от 30 до 90 мин

Разовая лучевая нагрузка в ~10 раз меньше в сравнении с рентгеновским обследованием

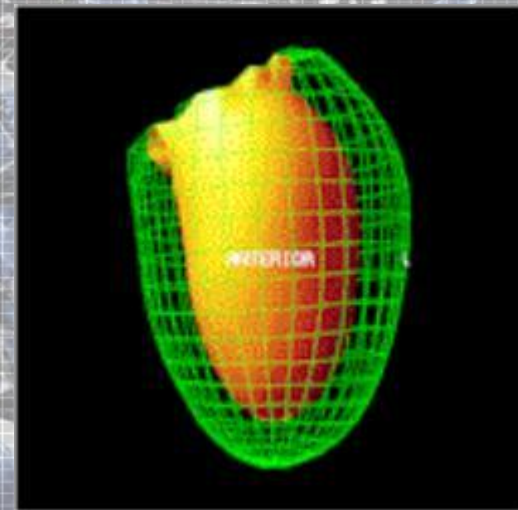
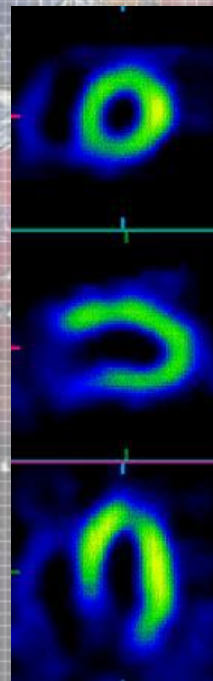
ЦЕРЕБРАЛЬНЫЙ КРОВОТОК



Нормальный

Болезнь Альцгеймера

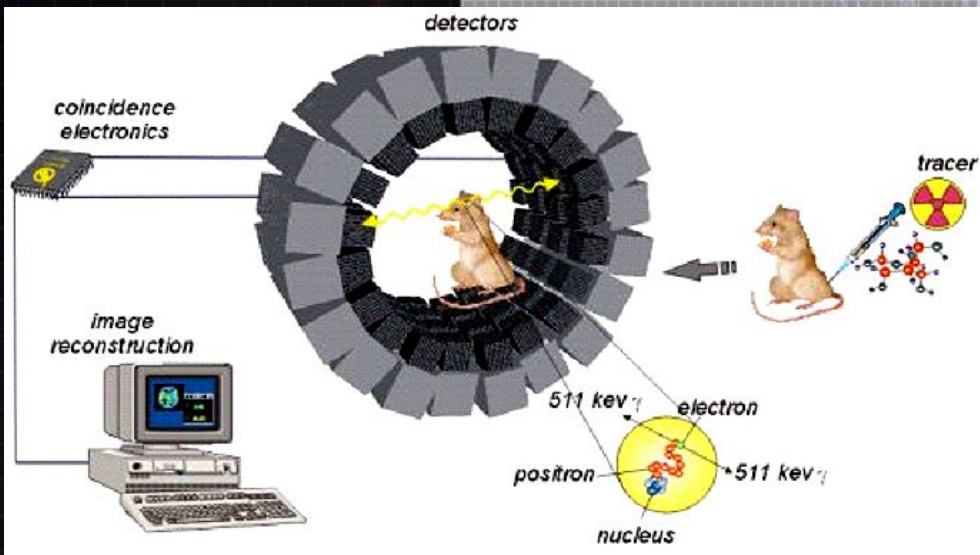
ЭКГ-
синхронизированная
ОФЭКТ



Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ)

Гамма-камеры используются для фиксации изображений, полученных с помощью излучения, испускаемого специальными введенными внутрь радионуклидами. Этот метод позволяет исследовать анатомию и функционирование различных органов, а также выявлять костные патологии.

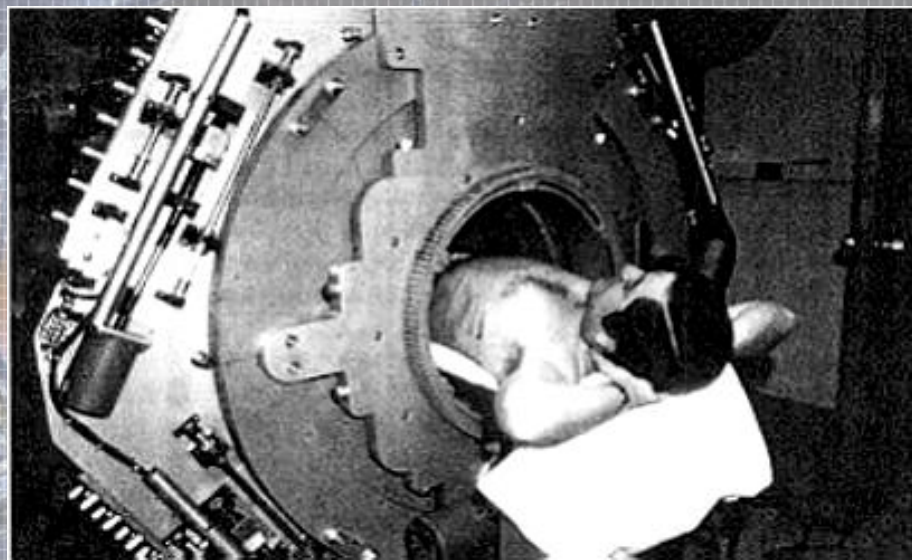
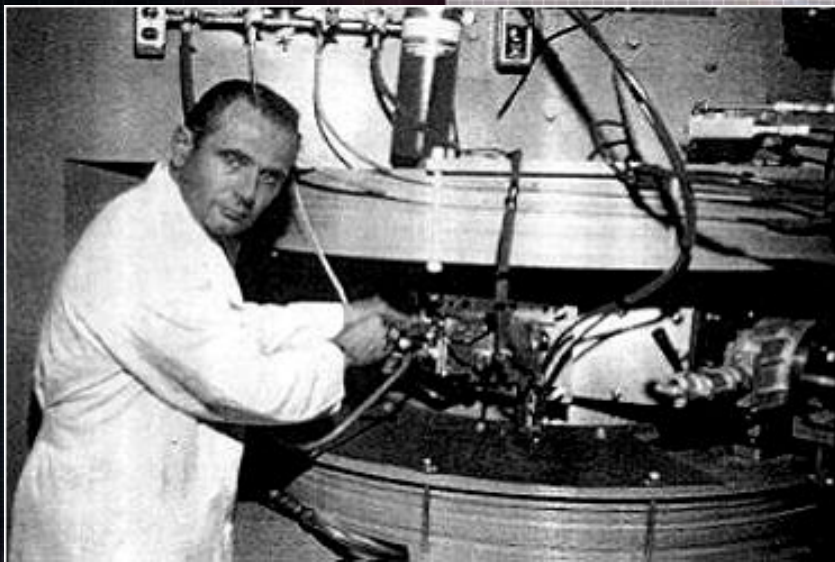
Гамма-камера регистрирует и подсчитывает количество фотонов, испускаемых исследуемым органом и формирует карту вспышек каждого из них в пространстве, строя таким образом изображение органа



ПЭТ с гамма-камерой

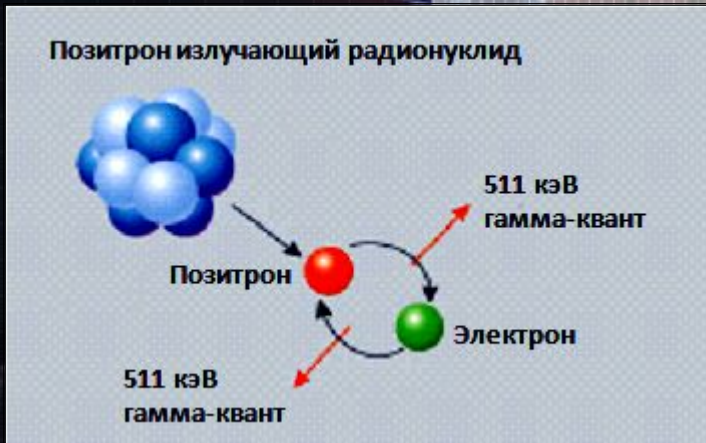
Позитронная эмиссионная томография (ПЭТ)





Мишель Тер-Погосян готовит радиофармпрепарат для обследования Генриха Вагнера младшего с использованием одного из первых ПЭТ-томографов (1975).

**ПЭТ – является высокотехнологичным
неинвазивным диагностическим методом на
основе:**



*одновременной регистрации двух
гамма-квантов, излучаемых при
взаимной аннигиляции позитрона и
электрона*

*получения на позитронном
томографе изображения от
введенного пациенту внутривенно
РФП с позитрон-излучающим
радионуклидом.*

*избирательном накоплении РФП в
патологических очагах*



Преимущества перед УЗИ, КТ, МРТ и ОФЭКТ:

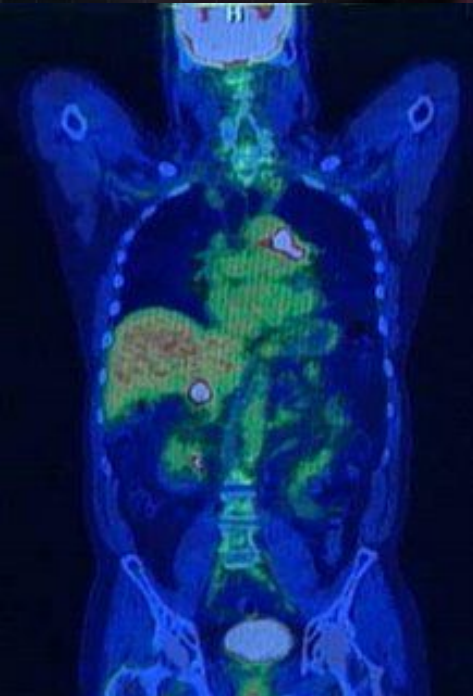
Чувствительность на 2 порядка выше в сравнении с ОФЭКТ

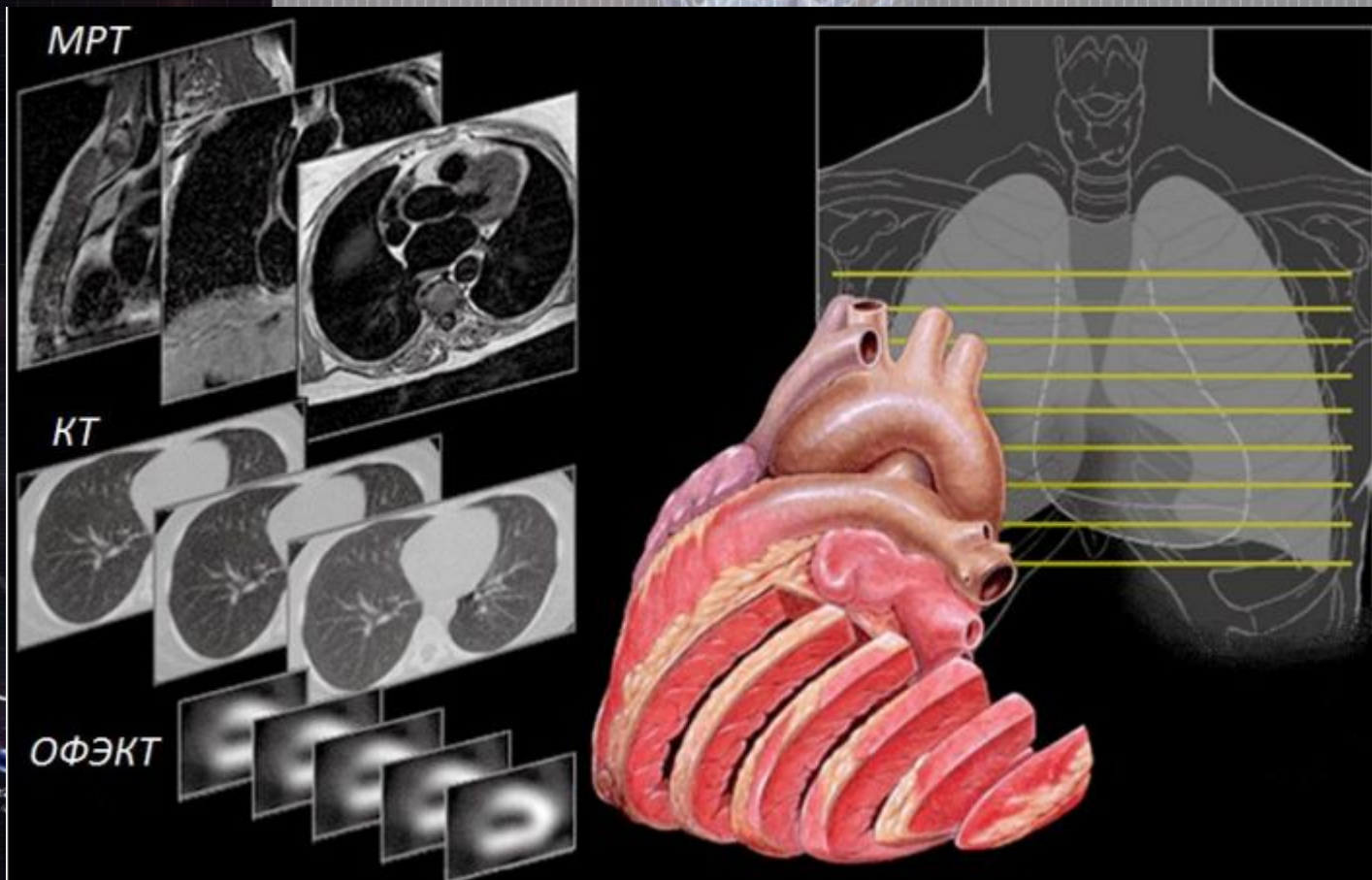
Возможность измерения функциональных изменений биохимических процессов в теле пациента:

- **высокая точность отличия доброкачественного образования от злокачественного**
- **своевременное определение эффективности примененной стратегии лечения**
- **ранняя диагностика**

Возможность определения метастазов размером 1-2 мм

Контроль всего тела пациента на наличие первичной опухоли и метастаз за один сеанс





Сравнение МРТ, КТ и ОФЭКТ изображений

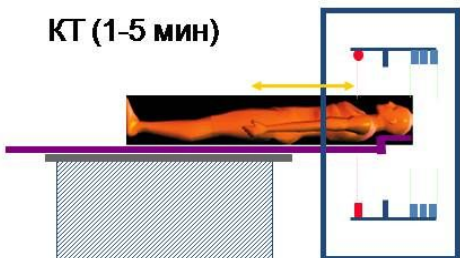
Сравнительные характеристики ПЭТ и КТ

Заболевание	Параметр	Диагностика		Стадирование		Рецидив	
		ПЭТ	КТ	ПЭТ	КТ	ПЭТ	КТ
Рак лёгкого	Чувствительность, %	96	67	83	64	-	-
	Специфичность, %	73	-	91	74	-	-
Колоректальный рак	Чувствительность, %	85	34	85	34	94	79
	Специфичность, %	71	92	71	92	87	73
Лимфома	Чувствительность, %	-	-	90	81	87	92
	Специфичность, %	-	-	93	69	93	10
Меланома	Чувствительность, %	-	-	83	88	-	-
	Специфичность, %	-	-	91	75	-	-
Рак головы и шеи	Чувствительность, %	93	66	87	62	-	-
	Специфичность, %	70	56	89	73	-	-
Рак желудка и пищевода	Чувствительность, %	96	81			73	50
	Специфичность, %	-	-			90	69

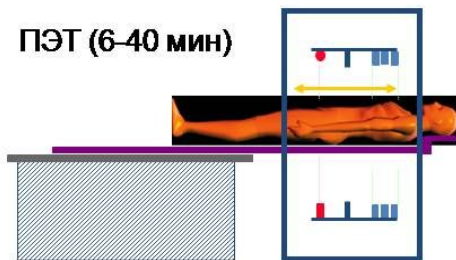
ПЭТ/КТ - технология совмещенных изображений

ПЭТ/КТ

КТ (1-5 мин)



ПЭТ (6-40 мин)



КТ



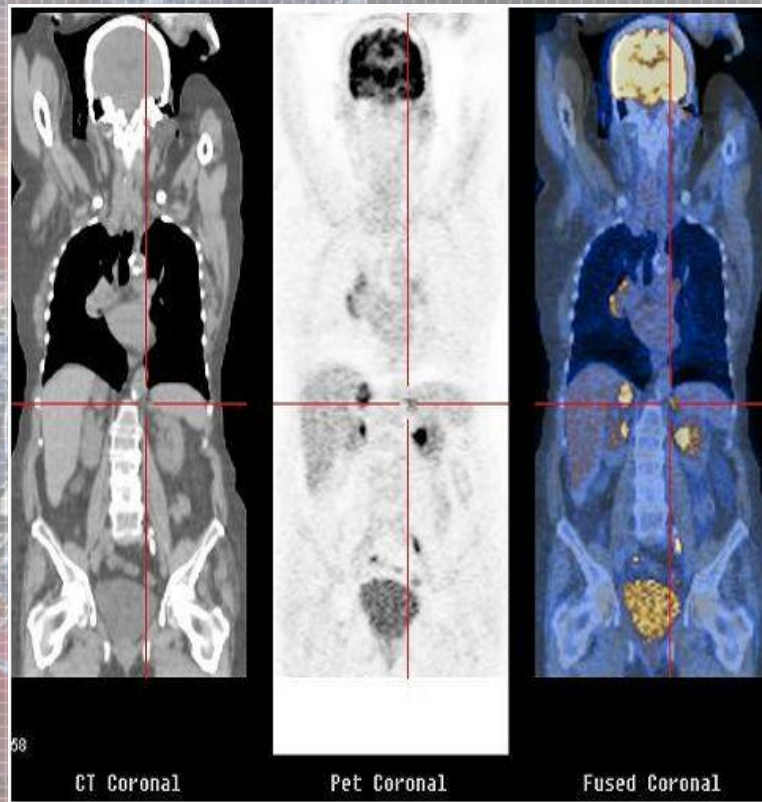
Корректировка

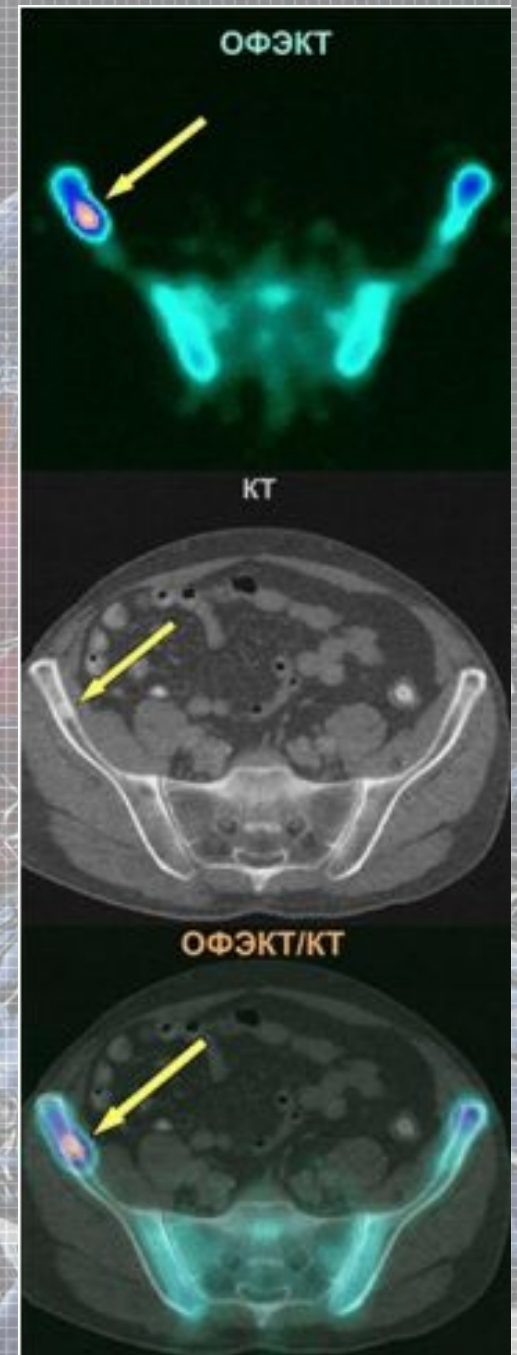
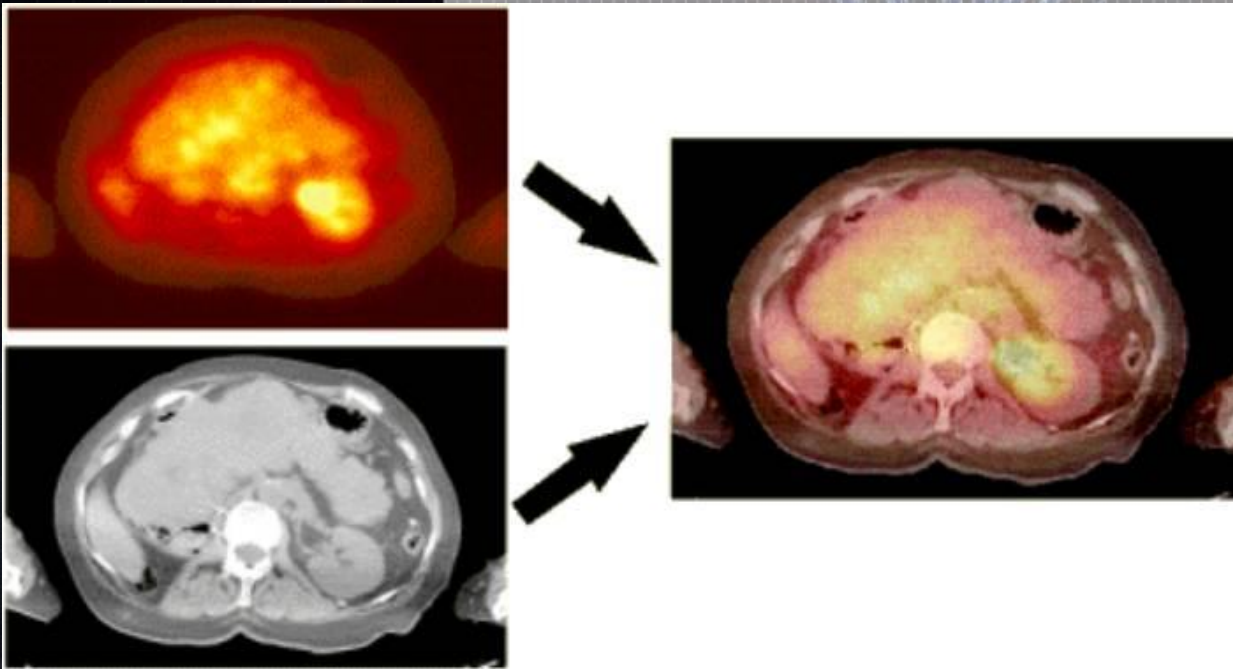


ПЭТ



Совмещенное изображение





**Сравнение ОФЭКТ и КТ
изображений и совместное
ОФЭКТ/КТ изображение**

Терапия

Лечебный эффект - повреждение жизненно важных компонентов опухолевых клеток, прежде всего ДНК, в результате чего эти клетки утрачивают способность к делению и погибают

Радионуклидная терапия (РНТ)

метод лечения на основе введения в организм больного терапевтических РФП на основе открытых источников ионизирующего излучения, которые, накапливаясь непосредственно в патологическом очаге в организме, разрушают поврежденную ткань.

Лучевая терапия (ЛТ)

метод лечения, основанный на использовании закрытых источников ионизирующего излучения и ядерных технологий, формирующих поток ионизирующего излучения, воздействующего на зону, где находится опухоль:


- **дистанционная ЛТ:** источник ионизирующего излучения находится на определенном расстоянии от тела пациента.
- **контактная ЛТ (брахитерапия):** закрытый источник ионизирующего излучения подводится непосредственно к опухоли.



Радионуклидная терапия

Формирование в патологических очагах поглощенных доз ионизирующего излучения, позволяющих добиться излечения отдаленных метастазов и диссеминированных опухолей при незначительных побочных эффектах и минимальном повреждении нормальных тканей.

Используют методы, когда лекарственное средство, содержащее радионуклид, целенаправленно доставляется к пораженному опухолью органу



Технология радионуклидной терапии (РНТ) основана на применении терапевтических радиофармпрепаратов, которые, попадая в определенное место в организме, испускают частицы с коротким пробегом, которые разрушает ткань - лечение опухолевых заболеваний. Закрытые радионуклидные источники могут быть помещены непосредственно в опухоль или рядом с ней, что также дает терапевтический эффект (брахиотерапия).

К преимуществам РНТ относятся:

- избирательность повреждения опухоли или патологического очага;
- хорошая переносимость процедуры терапии;
- относительно короткое время госпитализации;
- возможность использования лечения тяжелобольных

ЯДЕРНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ТЕРАПИЯ

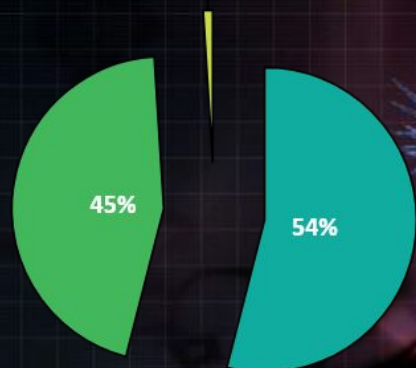
Лечение радиоизотопными препаратами таких патологий как:

- доброкачественных заболеваний, щитовидной железы.
- злокачественных заболеваний щитовидной железы и наблюдение за результатами при помощи радиоактивного йода, без необходимости прекращать заместительную гормональную терапию.

Выявление нейроэндокринных, опухолей и их терапия.

Лечение костных метастазов опухоли, предстательной железы с использованием радиоактивного радия.

Результаты радиойодтерапии отдаленных метастазов рака щитовидной железы у детей и подростков 1%



- Полное излечение
- Частичный эффект
- Отсутствие эффекта радиойодтерапии

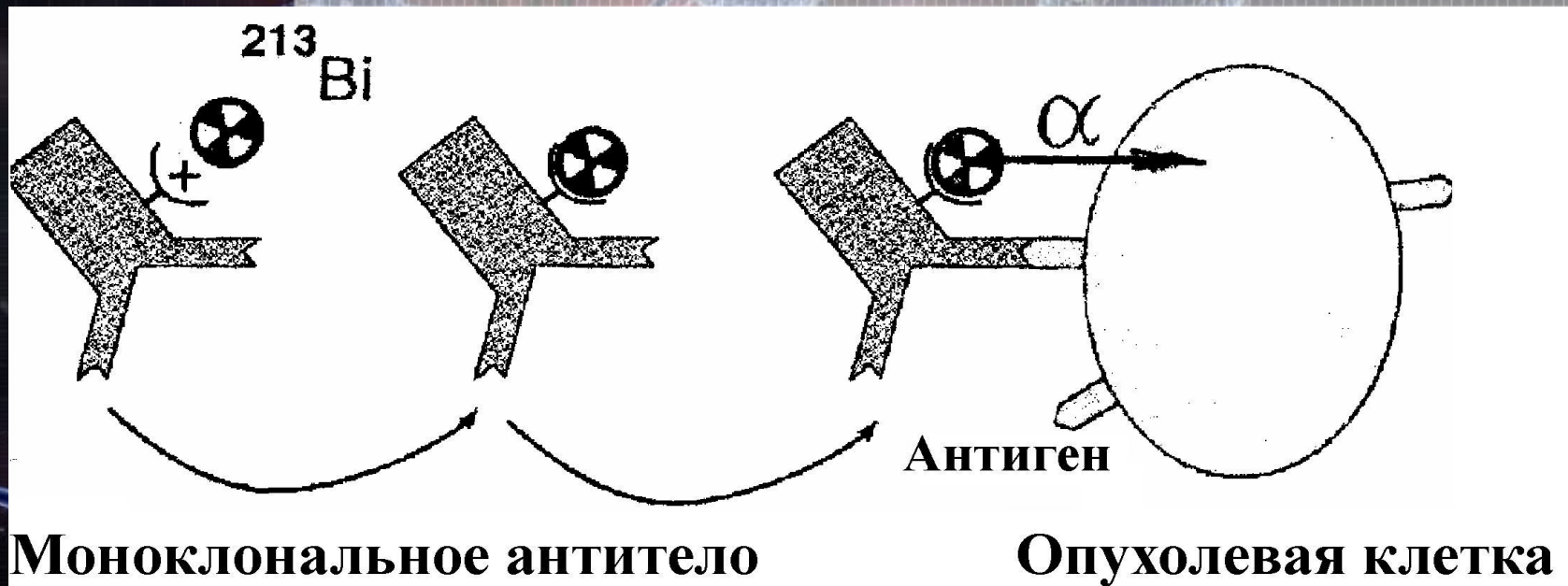


Преимущества РИТ :

- избирательность повреждения опухоли или патологического очага
- воздействие происходит одновременно на все патологические очаги
- минимальное повреждение здоровых тканей
- хорошая переносимость процедуры терапии
- относительно короткое время госпитализации
- возможность использования лечения тяжелобольных

Радионуклидная терапия

Радиоиммунотерапия с использованием α -излучающих радионуклидов



Разработаны «почтовые» (homing) материалы (моноклональные антитела, пептиды, нановещества), которые присоединяются к различного типа раковым клеткам. Такие соединения обладают специфической особенностью связываться только с определенной антигенной детерминантой, в результате чего происходит процесс направленной доставки терапевтического радионуклида к определенной злокачественной клетке.

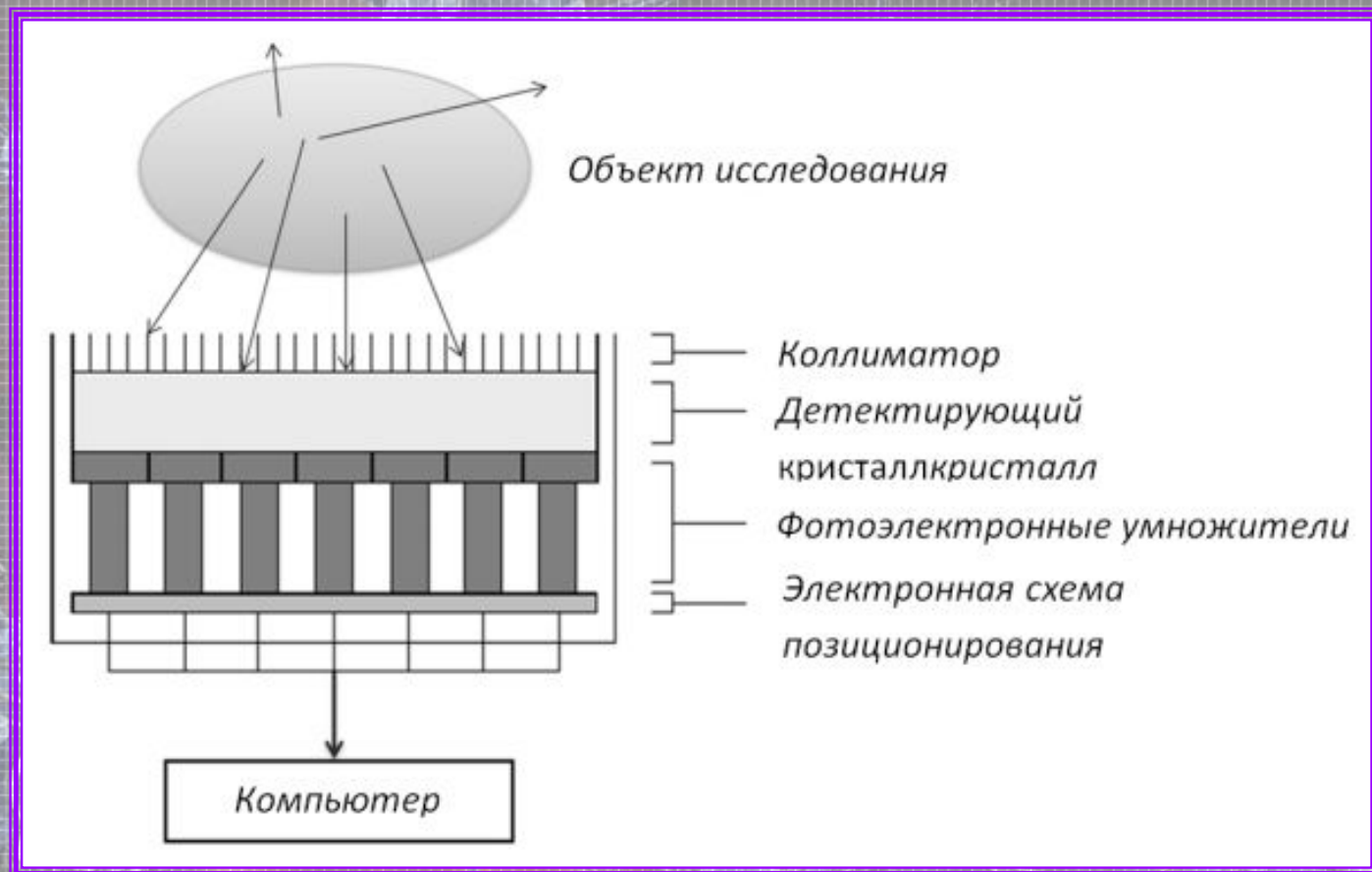
Нейтронная и нейтрон-захватная терапия

Нейтронная терапия

Основные преимущества: слабая зависимость действия от насыщения клеток кислородом и фазы клеточного цикла, высокая эффективность повреждающего действия на клеточные мишени.

Нейтрон-захватная терапия (НЗТ)

В основе метода НЗТ лежит способность ядер некоторых химических элементов интенсивно поглощать тепловые нейтроны с образованием вторичного излучения. Если вещества, содержащие такие элементы, как бор-10, литий-6, кадмий, гадолиний, избирательно накопить в опухоли, а затем облучать потоком тепловых нейтронов, то возможно интенсивное поражение опухолевых клеток при минимальном воздействии на окружающие опухоль нормальные ткани (позволяет эффективно воздействовать, в частности, на ряд злокачественных новообразований головного мозга).



Структура гамма-камеры



**Внешний вид томографа
(ПЭТ, КТ, МРТ)**



**Однофотонный эмиссионный
компьютерный томограф**



**Радиохирургическая система
«Кибер-Нож»**



**Установка для облучения
рентгеновским излучением**





**Установка для облучения
фотонами и электронами**



Установка для гамма-терапии





Установка для облучения нейтронами



Установка для облучения протонами

