

Радиоизотопная диагностика

Лучевая диагностика – наука о применении излучений для изучения строения и функции нормальных и патологически изменённых органов и систем человека в целях профилактики и распознавания болезней, а также для контроля эффективности лечения.

Рентгенодиагностика (рентгенология, РКТ, Электронно-лучевая компьютерная томография (ЭЛКТ), СРКТ, МСРКТ).

Радионуклидная диагностика (сцинтиграфия, ОФЭКТ, ПЭТ).

Ультразвуковая диагностика

Магнито-резонансная диагностика (МРТ, МРС с регистрацией тканевых концентраций холина, креатинина и цитрата)

Медицинская термография (тепловидение)

Денситометрия костей

Рентгенофлуоресцентный анализ интратиреоидного стабильного йода

Интервенционная радиология, включающая в себя выполнение лечебных вмешательств на базе лучевых диагностических процедур.

Лучевая терапия – наука о применении ионизирующих излучений для лечения болезней.

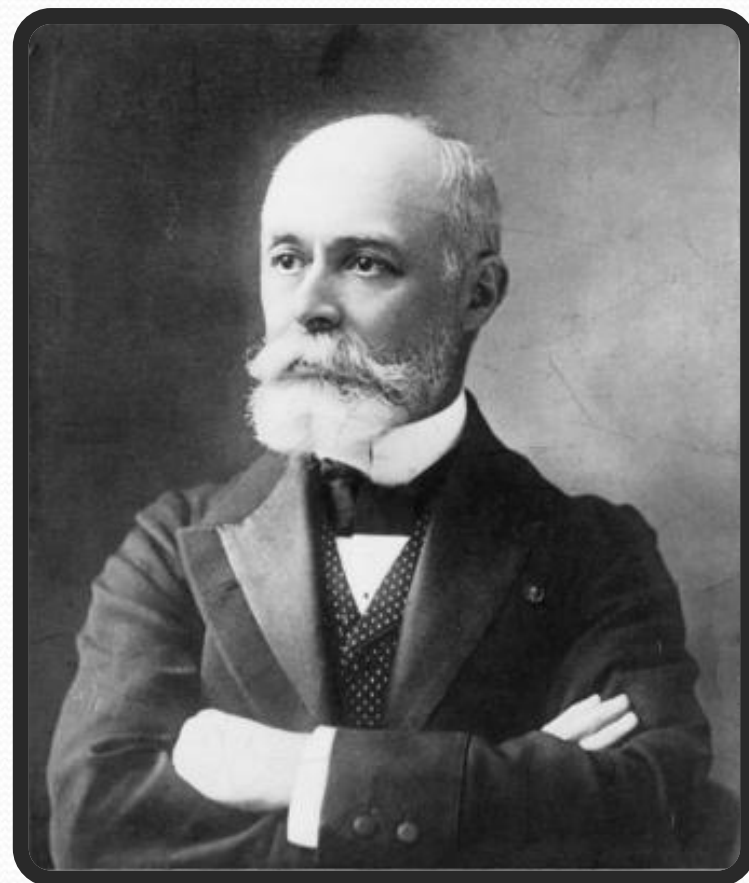
(14.00.19)

Ядерная медицина – это область медицинской практики, в которой для диагностики используют открытые радиофармацевтические препараты.

Историческая справка

В основе радионуклидного метода диагностики лежит явление естественной радиоактивности, открытое в конце XIX века французским физиком Анри Беккерелем.

Этот ученый впервые показал, что некоторые химические элементы способны испускать «невидимые лучи», которые засвечивают рентгеновскую пластину так же, как и рентгеновские лучи. За это открытие Анри Беккерель в 1903 г. был удостоен Нобелевской премии.



Излучение, обнаруженное Беккерелем, стали называть сначала беккерелевыми лучами - по аналогии с рентгеновскими. Однако оказалось, что новое излучение не однородное, а складывается из трех составляющих, которые стали именовать по первым буквам греческого алфавита - α -, β -и γ -излучение.

- Альфа-излучение представляет собой поток атомов гелия, лишенных электронов. Альфа-частица имеет двойной положительный заряд (два протона и два нейтрона).
- Бета-излучение - это поток β -частиц, т. е. электронов или позитронов. Каждая частица обладает одним элементарным положительным или отрицательным электрическим зарядом.
- Гамма-излучение - электромагнитное излучение, испускаемое при радиоактивном распаде. γ -кванты имеют высокую проникающую способность и оказывают выраженное биологическое действие.

Первое применение радиоактивных индикаторов относят к 1911 году и связывают с именем Дьердя де Хевеши. Молодой ученый, живший в дешевом пансионе, начал подозревать, что остатки пищи, которые он не доел, подавали ему вновь на следующий день. Он добавил радиоизотопный индикатор к несъеденной порции и с помощью детектора излучения доказал своей хозяйке, что дело обстояло именно так. Хозяйка выгнала молодого ученого из пансиона. Он же продолжал начатую работу, результатом которой стала Нобелевская премия за использование радионуклидов в качестве индикаторов в биологии.

Активность – мера радиоактивности какого-либо количества радионуклида, находящегося в данном энергетическом состоянии в данный момент времени, вычисляемая по определенной формуле. **Единицей активности** является 1 распад (ядерное превращение) в секунду – Бк (беккерель). $100000000 \text{ Бк} = 100 \text{ МБк}$ (G, M, k, m, μ, n, p)

Со временем активность радионуклида уменьшается за счёт превращения его атомов в атомы стабильного элемента. Время, в течение которого активность радионуклида уменьшается вдвое, называют **периодом полураспада**. Эта величина для каждого радионуклида связана зависимостью с постоянной радиоактивного распада. Периоды полураспада разных радионуклидов неодинаковы – от миллионов долей секунды до миллиардов лет.

Время, в течение которого активность радионуклида, введенного в организм, уменьшается вдвое за счёт физического и биологического процессов называют **эффективным периодом полувыведения**.

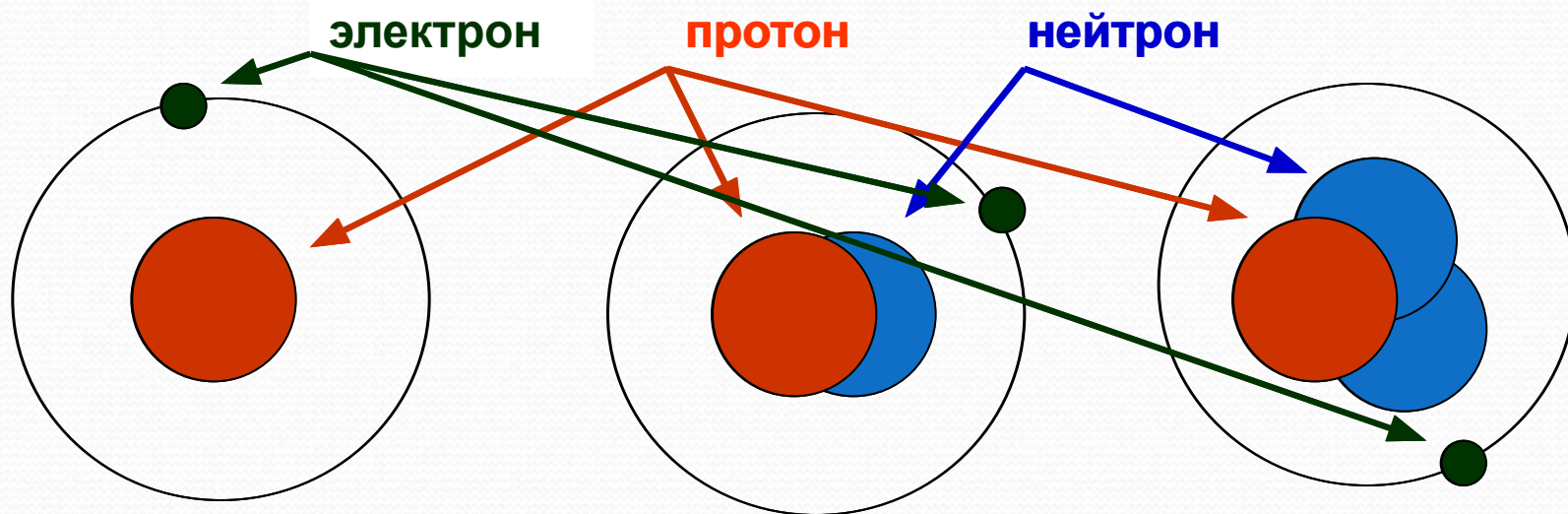
Доза поглощенная (гамма-излучения) – величина энергии ионизирующего излучения, переданная веществу, вычисляемая по определенной формуле (грей – Гр)

Доза эквивалентная – поглощенная доза в органе или ткани, умноженная на соответствующий взвешивающий коэффициент **для данного вида излучения**, вычисляемая по определенной формуле (зиверт – Зв)

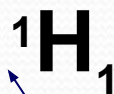
Что такое радионуклиды?

- Радионуклиды – нестабильные атомы, спонтанно распадающиеся с выделением энергии.
- Радионуклиды и их соединения подбираются таким образом, чтобы их поведение в организме не отличалось от поведения естественных веществ, а значит, отличие будет только в возможности давать излучение, т.е. «выдавать» свое местонахождение, количество и динамику содержания.

Нуклиды (изотопы) - разновидности одного химического элемента, отличающиеся массой (протоны + нейтроны) **АТОМОВ**.
Изотопы - содержат одинаковое число протонов в ядре и одинаковое число электронов в **атомной оболочке**, но отличаются числом **нейтронов**.

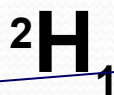


Водород



Массовое число

Водород



Водород



Атомный номер

Методы радионуклидной индикации были впервые использованы в клинической практике в 1927 г., когда Блумгарт и Вейс применили газ радон для оценки гемодинамики у больных с сердечной недостаточностью. Именно этот год можно считать датой рождения новой дисциплины - радионуклидной диагностики. За восемьдесят лет, прошедших с тех пор, данная ветвь медицины прочно вошла в арсенал диагностических средств современных учреждений здравоохранения и по своей значимости не уступает таким современным инструментальным методикам, как магнитно-резонансная томография, ультразвуковые и рентгеновские исследования.

Развитие методов радионуклидной диагностики представляет собой увлекательное сочетание развития радиофармацевтики и физических методов регистрации ионизирующих излучений. Искусственные радионуклиды появились лишь после изобретения в 1931 г. Лоуренсом циклотрона, а первым в 1938 г. на циклотроне в Беркли был синтезирован радионуклид ^{99}Tcm . Но эра ядерной медицины наступила вслед за пуском первого ядерного реактора (1942 г.) с момента начала поставок радиоактивных изотопов потребителям в 1946 г.

Методы получения изображений с помощью радиофармпрепаратов начали развиваться (не считая более раннего периода развития детекторов и методов регистрации излучений) с 1948 г., когда Энселл и Ротблат осуществили поточечную регистрацию изображения щитовидной железы. Весь период развития этих методов, который можно условно разбить на следующие этапы: автоматическое сканирование, гамма-камера, однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ), позитронная эмиссионная томография (ПЭТ). Процесс развития шел непрерывно и не всегда возможно назвать одного изобретателя того или иного аппарата, но можно назвать тех, кто внес основной вклад.

Так, методы сканирования начались в 1950-1951 г.г. с работ Кассена и Мейниорда. Идея гамма-камеры (1949) принадлежит Коупленду и Бенжамину, а основной вклад в развитие этого метода и создание принципиально новых приборов начиная с 1952 г. внесли Энгер и Мэллард. Основным конструктивным принципом гамма-камеры (наличие плоского сцинтилляционного кристалла больших размеров с расположенными над ним фотоэлектрорумножителями) позволяет объединить в одном приборе возможности для выполнения всех трех видов радиоизотопных исследований: радиометрии, радиографии и визуализации.

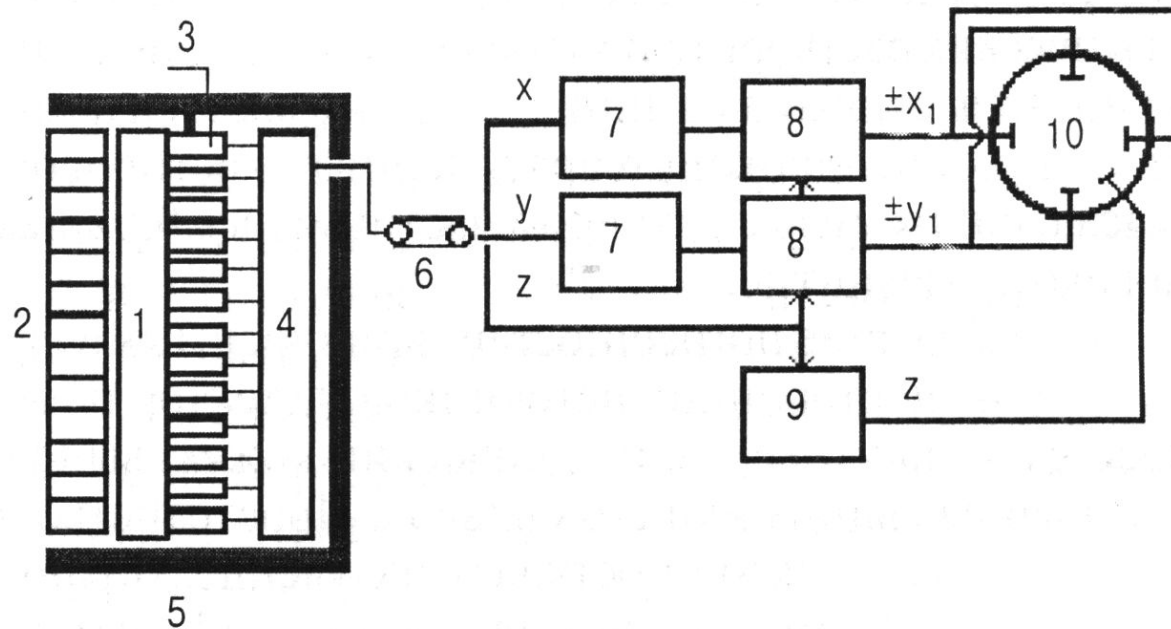


Рис. 1.2.1. Блок-схема гамма-камеры: 1 – сцинтилляционный кристалл; 2 – коллиматор; 3 – фотоэлектронные умножители; 4 – декодирующий блок; 5 – свинцовая защита; 6 – кабель; 7 – усилитель координат; 8 – делитель; 9 – анализатор; 10 – электронно-лучевая трубка

Именно после изобретения гамма-камеры в 1963 г. началось динамичное развитие ядерной медицины. Используя гамма-камеру Anger как прототип, ведущие мировые производители медицинского оборудования предложили на рынок множество самых разнообразных моделей этого аппарата. Современные гамма-камеры, оснащенные специализированным или универсальным компьютером, обеспечивают хорошее пространственное разрешение и высокую скорость регистрации излучения.

Особо следует отметить, что гамма-камера дает возможность для одномоментной регистрации излучения инкорпорированного радиофармпрепарата без перемещения детектора над пациентом. Этим гамма-камеры выгодно отличаются от изобретенных ранее сканеров, которые позволяют получить картину пространственного распределения РФП в исследуемом органе лишь за счет механического перемещения детектора с тяжелой защитой, что делает невозможной визуализацию быстропротекающих физиологических процессов. Это, по сути дела, и заложило основы для современной ядерной кардиологии.

Оборудование для исследований

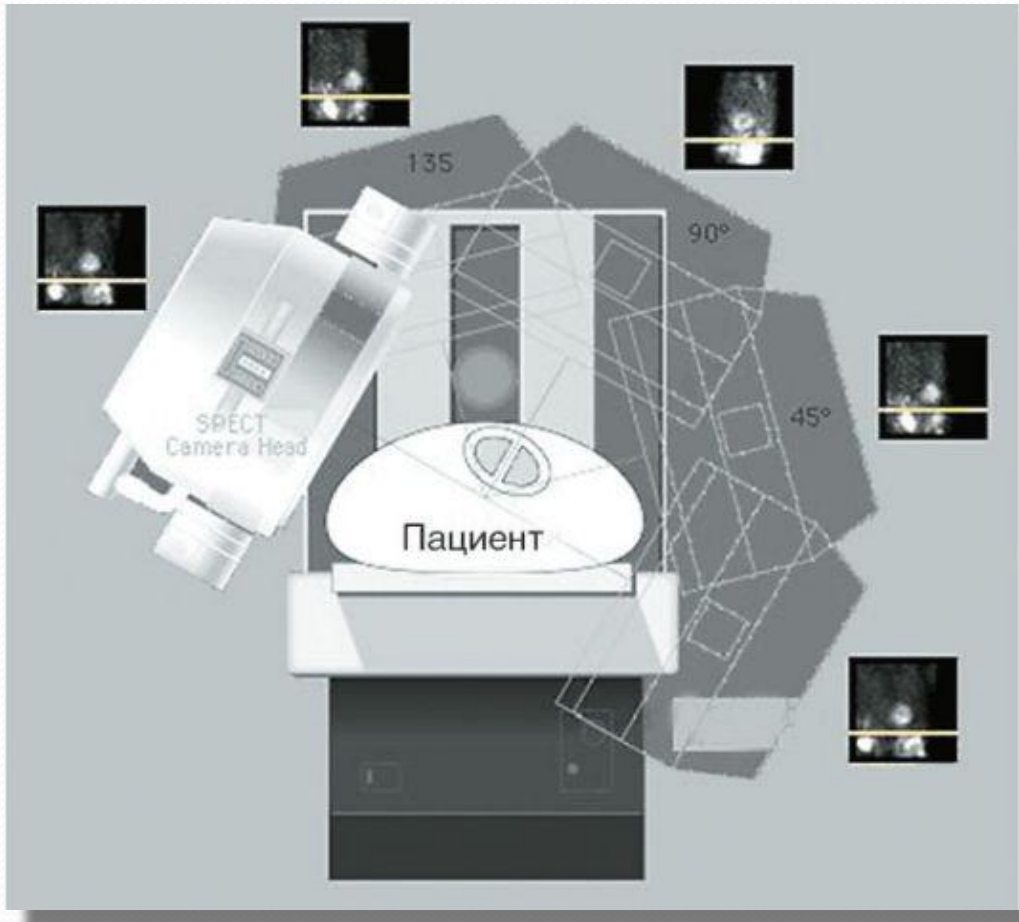
В зависимости от способа и типа регистрации излучений все радиометрические приборы разделяются на следующие типы:

- лабораторные радиометры для измерения радиоактивности отдельных образцов или проб различных биологических сред;
- дозкалибраторы для измерения величины абсолютной радиоактивности образцов или растворов радионуклидов;
- медицинские радиометры для измерения радиоактивности всего тела или отдельного органа;
- радиографы для регистрации динамики перемещения РФП в органах с представлением информации в виде кривых;
- профильные сканеры для регистрации распределения РФП в теле больного либо в исследуемом органе с представлением данных в виде изображений (сканеры) или в виде кривых распределения.

В настоящее время все функции радиографов и сканеров совмещают в себе современные сцинтилляционные гамма-камеры.

Современные гамма-камеры представляют собой комплекс, состоящий из 1-2 систем детекторов большого диаметра, стола для позиционирования пациента и компьютерной системы для накопления и обработки изображений. Механические системы томографов позволяют вращать детекторы вокруг тела пациента по разным орбитам.





Современная радионуклидная диагностика основана на регистрации γ -квантов либо испускаемых непосредственно радиоактивными нуклидами при их распаде и превращении **в стабильный элемент** (сцинтиграфия, ОФЭКТ), либо образующихся при взаимодействии позитронов, испускаемых радионуклидом, с электронами окружающих атомов (ПЭТ).

Первым радионуклидом для медицины был ^{131}I (^{131}Xe), который получали или из смеси продуктов деления урана, или из облученного медленными нейтронами теллура.

В настоящее время радионуклиды чаще всего получают с помощью использования генераторов - переносных устройств с локальной радиационной защитой для быстрого получения короткоживущих радионуклидов в условиях медицинского учреждения. Принцип работы генератора основывается на том, что распад некоторых нестабильных элементов заканчивается не образованием стабильного изотопа, а созданием дочернего, нового нестабильного элемента.

В медицинской диагностической практике используются чаще всего две генераторные пары $^{113}\text{Sn} - ^{113\text{m}}\text{In}$ (^{113}In) и $^{99}\text{Mo} - ^{99\text{m}}\text{Tc}$ (^{99}Ru). В России чаще работают с радиоактивным изотопом $^{99\text{m}}\text{Tc}$, имеющим идеальный для сцинтиграфии моноэнергетический спектр гамма излучения 140 кэВ и период полураспада - 6 часов. Для его получения используется ^{99}Mo - период полураспада ~ 7 суток. Технологически $^{99}\text{MoO}_4^{2-}$ прочно соединяется с сорбентом - окисью алюминия и опускается в стеклянную колонку, заполненную стерильным физиологическим раствором. При этом оксид молибдена ($^{99}\text{MoO}_4^{2-}$) остается жестко присоединенным к сорбенту, и в результате β - распада превращается в водорастворимый оксид технеция ($^{99\text{m}}\text{TcO}_4^{2-}$), который оказывается в растворе в виде пертехнетата натрия - $\text{Na}+(^{99\text{m}}\text{TcO}_4)^-$. В медицинское учреждение привозят генератор с находящимся внутри защитного контейнера молибденом $^{99}\text{MoO}_4^{2-}$, из которого в течение недели и более, непосредственно на рабочем месте, можно получать соединения технеция $^{99\text{m}}\text{Tc}$ с периодом полураспада всего 6 часов.

В настоящее время известно около 80 радионуклидов, которые применялись или используются для получения РФП для ядерной медицины. Среди большого числа радионуклидов «зеленый свет» для диагностики получили лишь немногие: Tc-99m, In-111, In-113m, I-131, I-125, Se-75, Xe-133, Au-198, Hg-197. Из них наиболее часто используются лишь первые два: Технеций-99m и Индий-113m. Они – чистые гамма-излучатели (что и необходимо для эффективного исследования при минимальной дозе облучения) и их получают непосредственно перед исследованием в специальных генераторах.

Радионуклид	Период полураспада
^{99m}Tc	6 часов
^{113}In	99 минут
^{123}I	13 часов
^{131}I	8 суток
^{201}Tl	3 суток
^{67}Ga	2.5 суток
^{133}Xe	5 суток

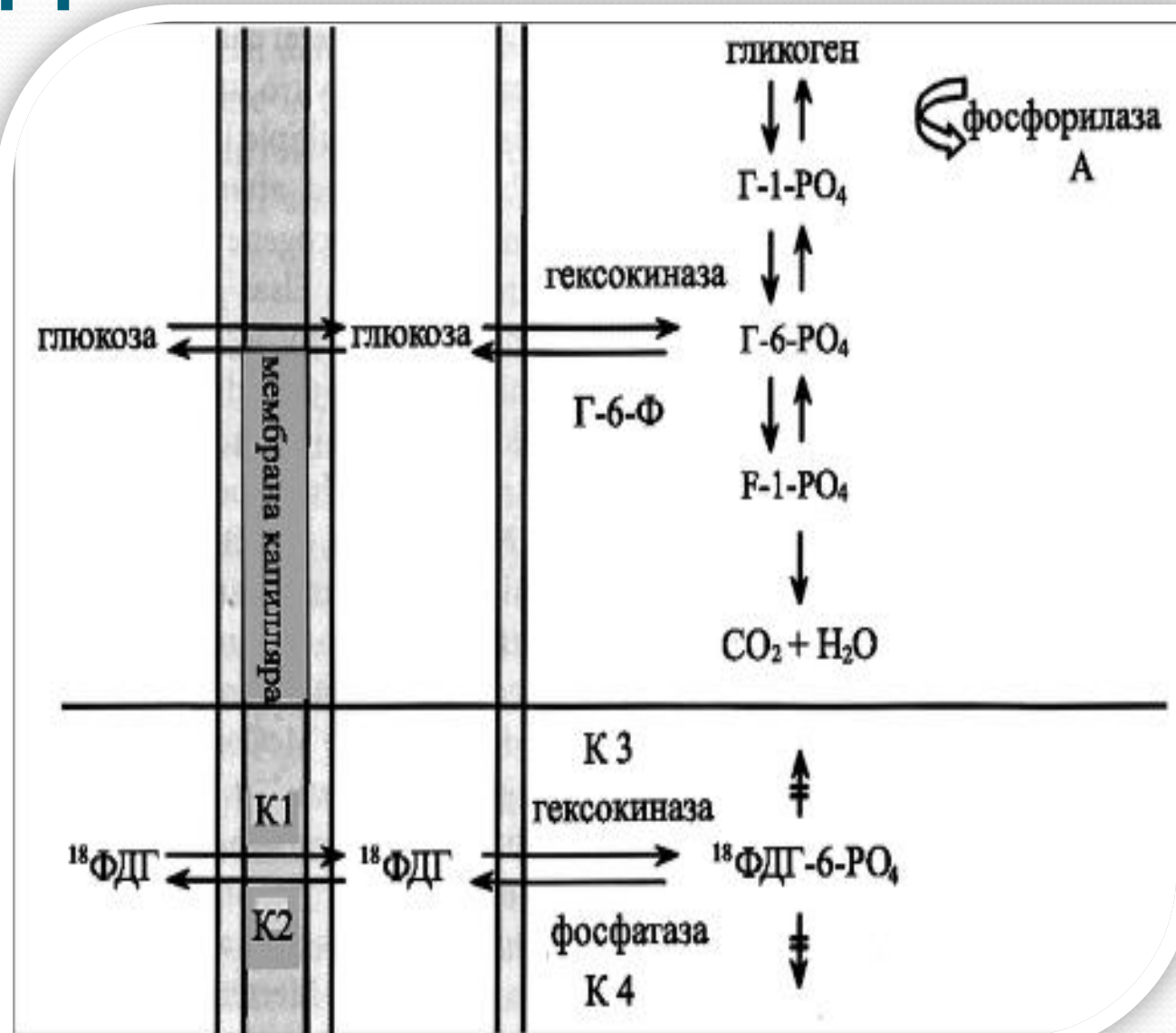
Радионуклид	Период полураспада
^{11}C	20,4 МИН
^{13}N	9,9 МИН
^{15}O	2,1 МИН
^{18}F	110 МИН
^{68}Ga	68 МИН
^{82}Rb	1,3 МИН

Отличительной чертой методов ядерной медицины является их функциональность. Не обладая столь высоким пространственным разрешением, как изображения, получаемые с помощью рентгеновской (КТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ), сцинтиграммы способны отражать физиологические и патофизиологические изменения, происходящие в организме. Это достигается за счет использования радиофармпрепаратов, способных накапливаться в определенных морфологических структурах или отражать динамику протекающих в органе физиологических или биохимических процессов.

Радионуклиды и их соединения подбираются таким образом, чтобы их поведение в организме человека не отличалось от поведения естественных веществ, а значит, отличие будет только в возможности давать излучение, т.е. «выдавать» свое местонахождение, количество и динамику содержания. Каждый РФП утверждается для использования Минздравом только после тщательных испытаний. Лучевую безопасность при этом обеспечивает расчет оптимальной активности вводимого радионуклида. Активность подбирается таким образом, чтобы ее как раз хватило на проведение исследования. Дозы облучения пациента при этом четко регламентированы.

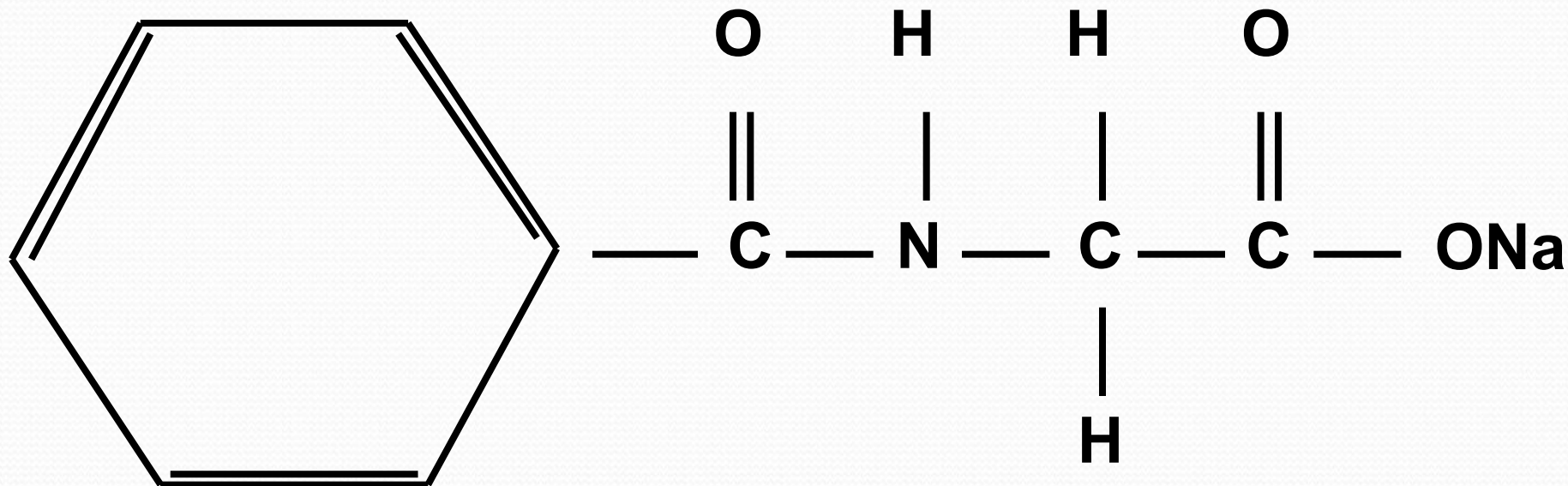
Виды РФП

- Углеводные
- Белковые
- Липидные
- Холин
- Ацетат
- Аммоний
- Бутират
- натрия



Радиофармацевтический препарат (РФП)

С¹¹С-99m



Пути введения РФП в

организм

1. Энтеральный. При таком пути введения РФП всасывается в кровь из желудочно-кишечного тракта и накапливается в исследуемом органе.
2. Внутривенное введение РФП (используется для исследования функции и топографии печени, почек, сердечно-сосудистой системы, головного мозга и других органов).
3. Внутриартериальный.
4. Подкожный (для оценки состояния лимфатических узлов при диагностике регионарных метастазов).
5. Внутрикожный (для оценки тканевой резорбции при заболеваниях сосудов).
6. Ингаляционный (для оценки вентиляционной способности легких и мозгового кровообращения).
7. В лимфатические сосуды (для проведения прямой лимфографии).
8. Непосредственно в ткани (для оценки мышечного кровообращения).
9. В спинно-мозговой канал (для определения его проходимости).

Критерии выбора РФП:

- ✓ органотропность;
- ✓ низкая радиотоксичность при относительно высоких допустимых дозах;
- ✓ короткий период полураспада метки;
- ✓ оптимальная для визуализации энергия излучения.

Наличие в молекуле РФП радиоактивного атома лишь обеспечивает возможность внешней регистрации излучения, а тропность к тому или иному органу или ткани обусловлена химической структурой молекулы-носителя.

Органотропность РФП бывает направленной, если препарат создан специально для исследования определенного органа, в котором происходит его избирательное накопление, и косвенной, под которой понимают временную концентрацию РФП по пути его выведения из организма.

- **Радионуклидный метод** - это способ исследования функционального и морфологического состояния органов и систем с использованием радионуклидов. Эти индикаторы вводят в организм больного, а затем посредством различных специальных приборов определяют скорость и характер перемещения, фиксации и выведения их из органов и тканей.
- Все радионуклидные методики связаны с введением радиофармпрепаратов (РФП) в организм или в извлеченные из организма ткани и жидкости. В первом случае говорят о радионуклидном исследовании живого и целостного организма (исследование *in vivo*), во втором — об исследовании в пробирке (исследование *in vitro*). РФП— химическое соединение, содержащее в своей молекуле радиоактивный нуклид.

Классификация радионуклидных методов

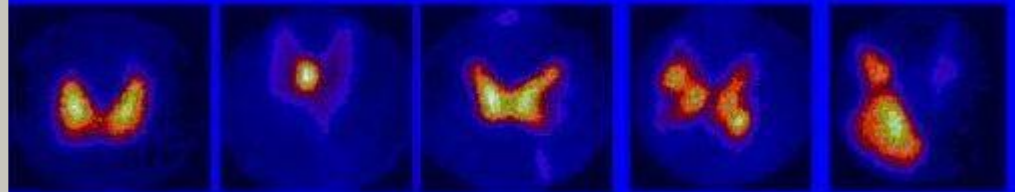
- **Радиография** — отображение в виде кривой процесса накопления и постепенного выведения изотопа в зоне интереса за определенный отрезок времени (оценивается функция органа по захвату и выведению определенных веществ).
- **Сцинтиграфия** — отображение на плоскость распределения (по уровням накопления) РФП в организме (органе).

- **Статическая сцинтиграфия** — отображение распределения РФП в организме в виде проекции на плоскость.

При статической сцинтиграфии получают двухмерное изображение при выполнении одной или нескольких сцинтиграмм для изучения анатомо-топографического состояния внутренних органов и обнаружения в них очагов патологического распределения радиофармпрепарата. Этот метод наиболее часто применяют при заболеваниях щитовидной и паращитовидных желез, почек, печени, легких.

- **Динамическая сцинтиграфия** — получение серии плоскостных изображений в течение определенного времени. Применяется, когда необходимо оценить динамику (накопление и выведение) индикатора в органе (ткани).

Сцинтиграфия щитовидной железы



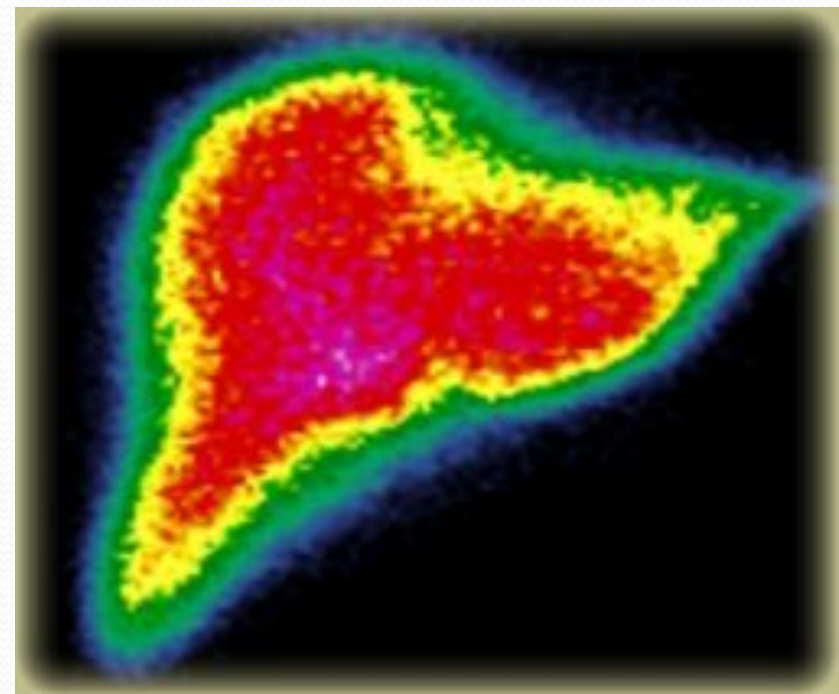
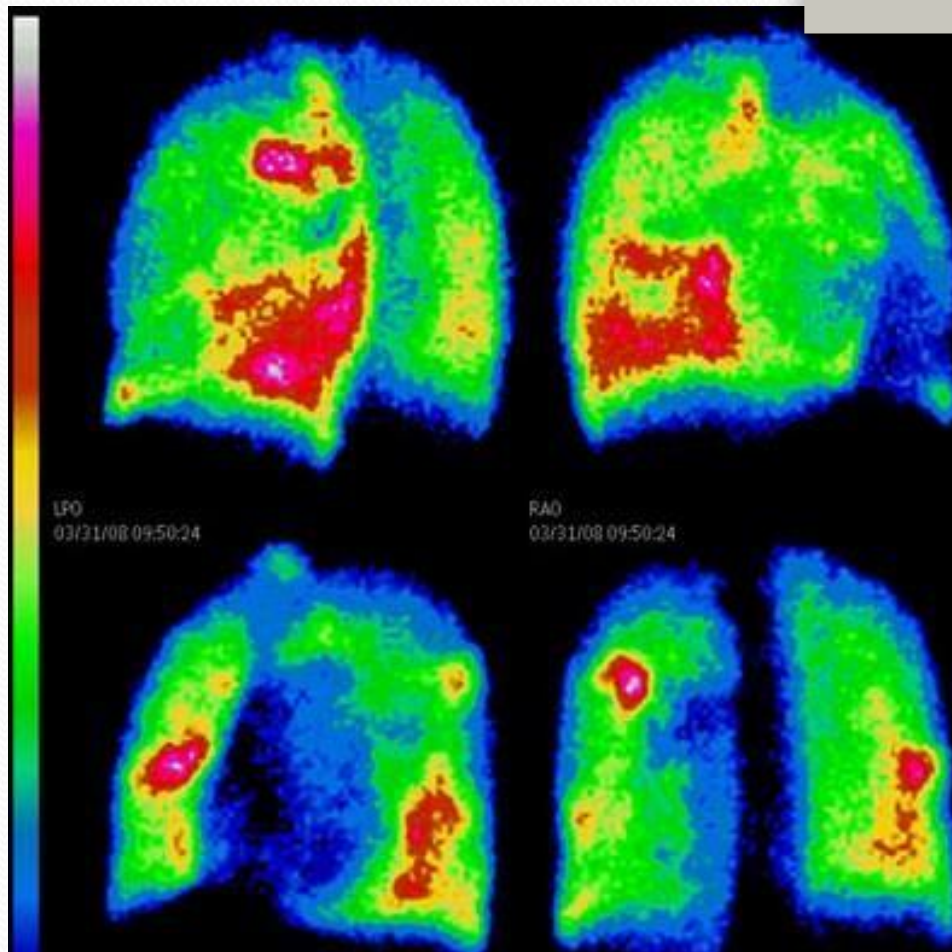
Норма

«Горячий»
узел

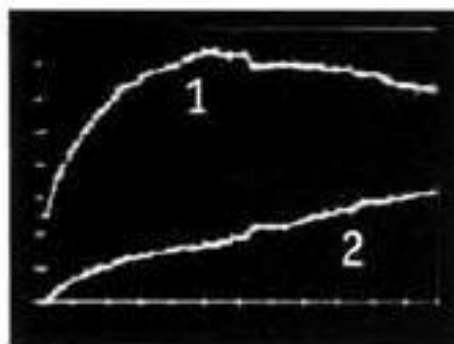
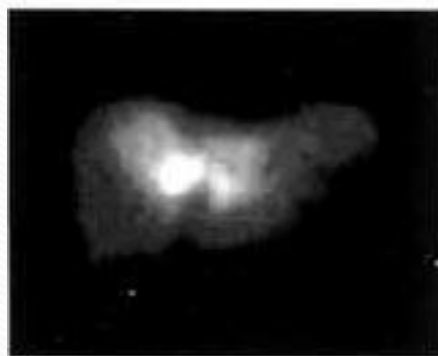
«Холодный»
узел

Множественный
узловой зоб

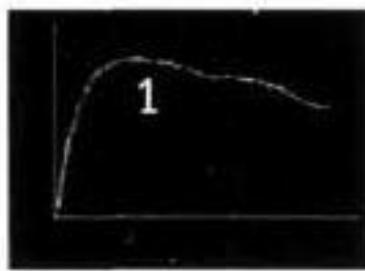
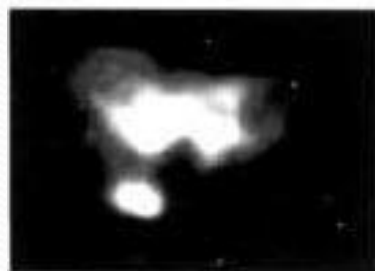
Загрудинный
зоб



Динамика печени



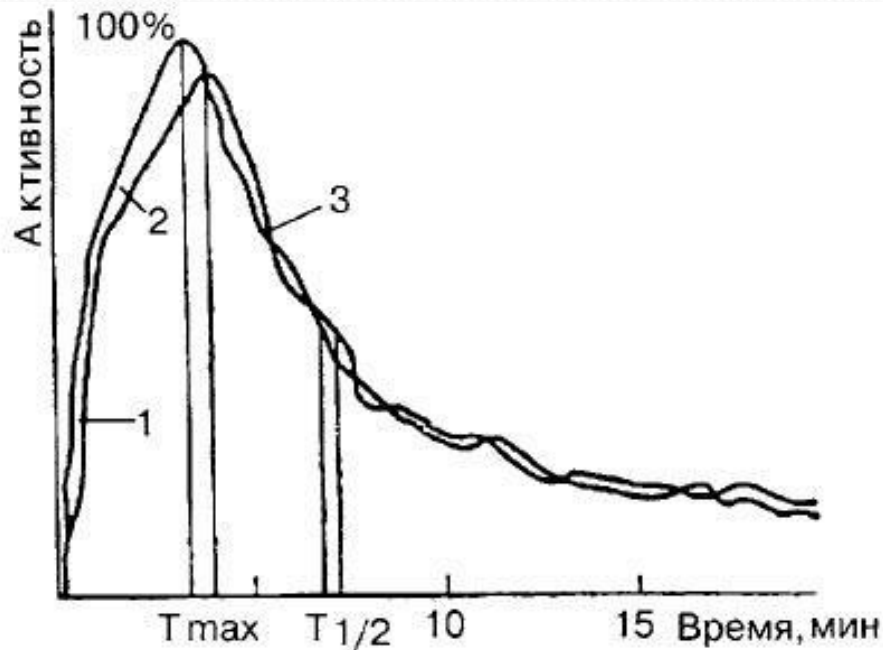
а



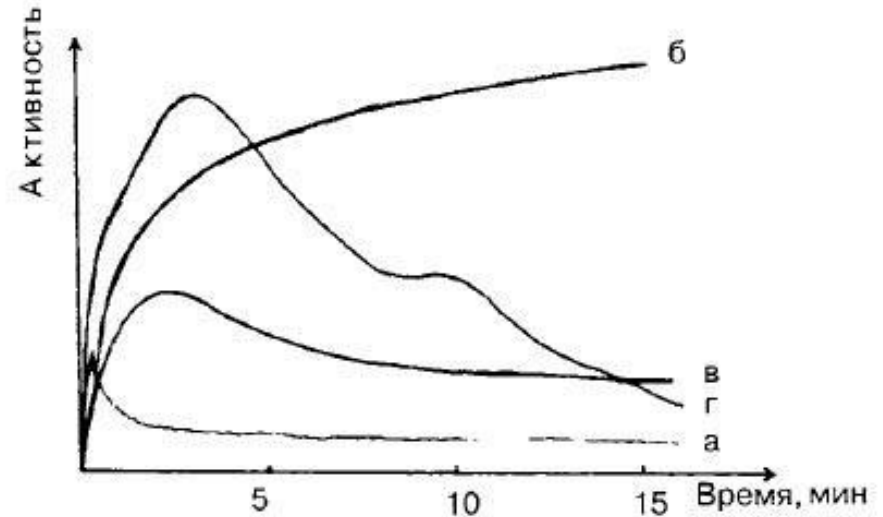
б

(а, б). а – гепатосцинтиграфия, выполненная по стандартной методике; б – гепатосцинтиграфия на фоне лизосомальной индукции бензоналом. 1 – кривая “активность/время” с области паренхимы печени; 2 – кривая “активность–время” с области желчного пузыря

Реносцинтиграфия



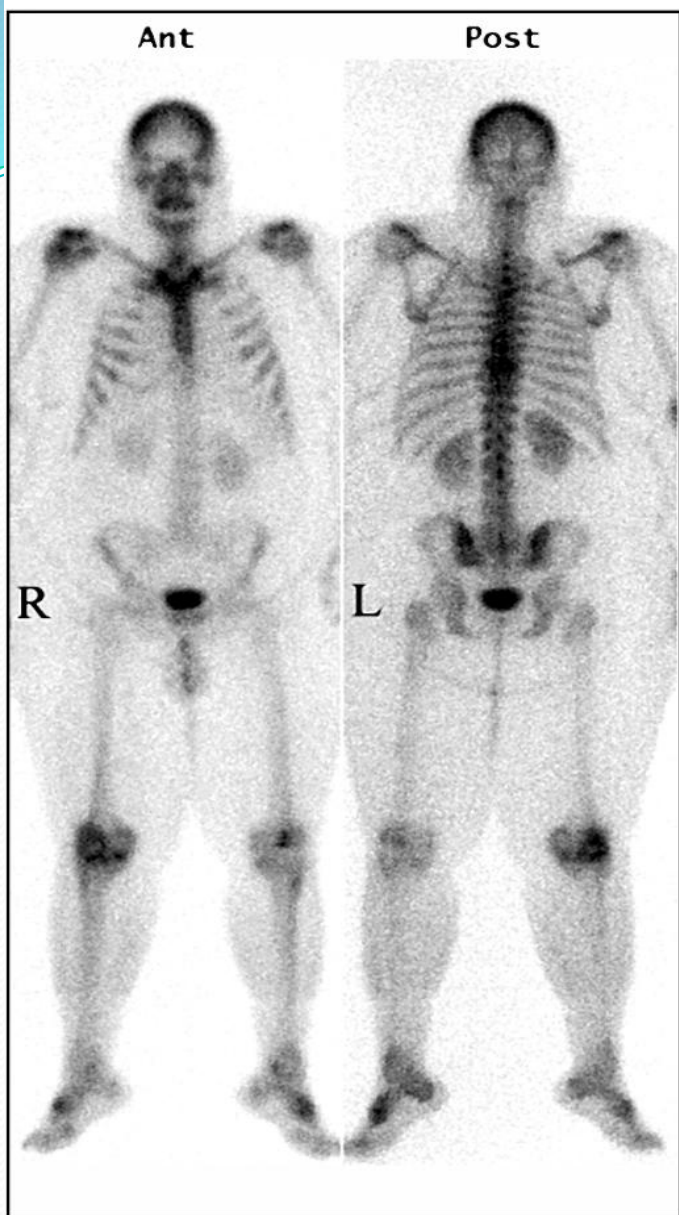
Нормальные ренограммы, полученные при исследовании с ^{131}I -гиппураном



Основные типы ренографических кривых (схема): а – афункциональный; б – обструктивный; в – гипоизостенурический; г – повторный подъем на ренографической кривой при пузырно-мочеточниковом рефлюксе

- **Сцинтиграфия всего тела** — разновидность статической сцинтиграфии, когда размер исследуемой области превышает размеры поля зрения гамма-камеры.

Преимуществом этого метода является получение сцинтиграммы всего тела за одно исследование после однократного введения радиофармпрепарата. Наиболее часто используется в онкологии для выявления первичного очага опухоли и поиска отдаленных метастазов, планирования и оценки результатов лечения.



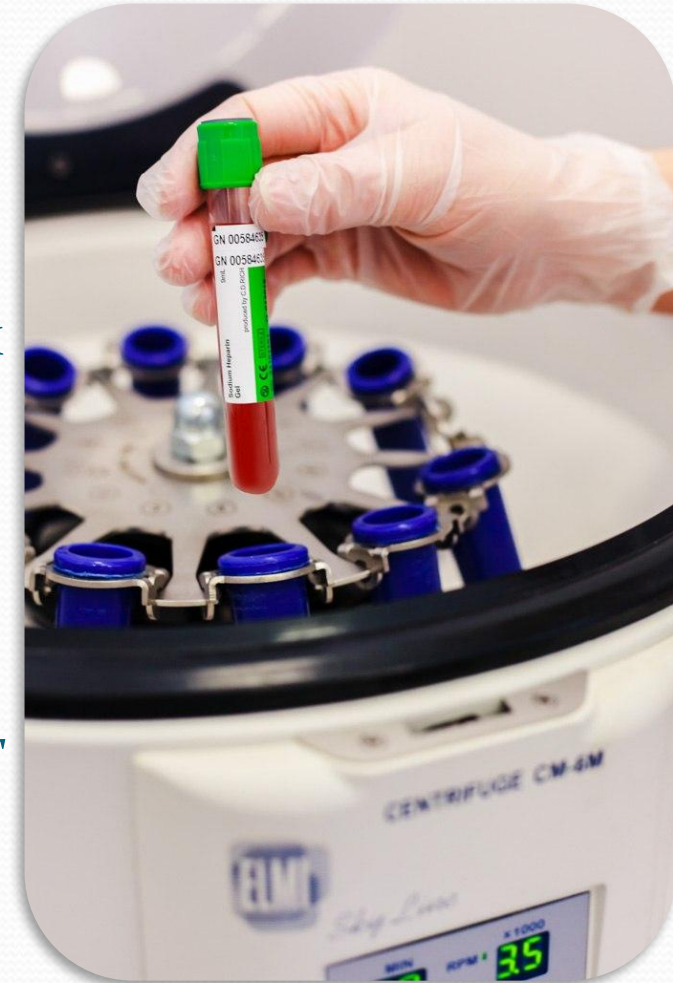
**Рис. Статические сцинтиграммы
костей скелета в прямых передней
и задней проекциях**

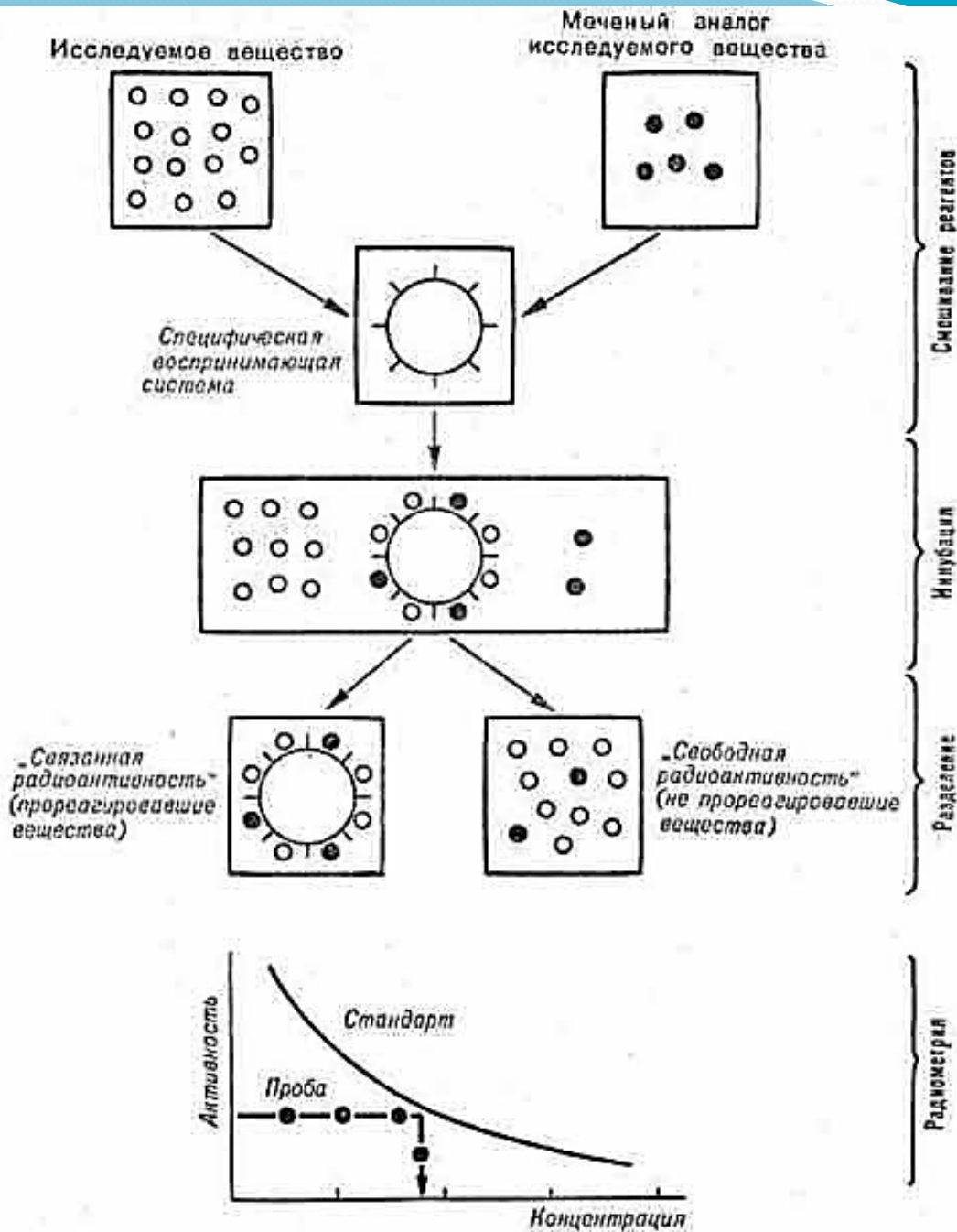


**Рис. Статические сцинтиграммы
тела с мечеными лейкоцитами в
норме**

Радионуклидные исследования в пробирке методом конкурентного микроанализа

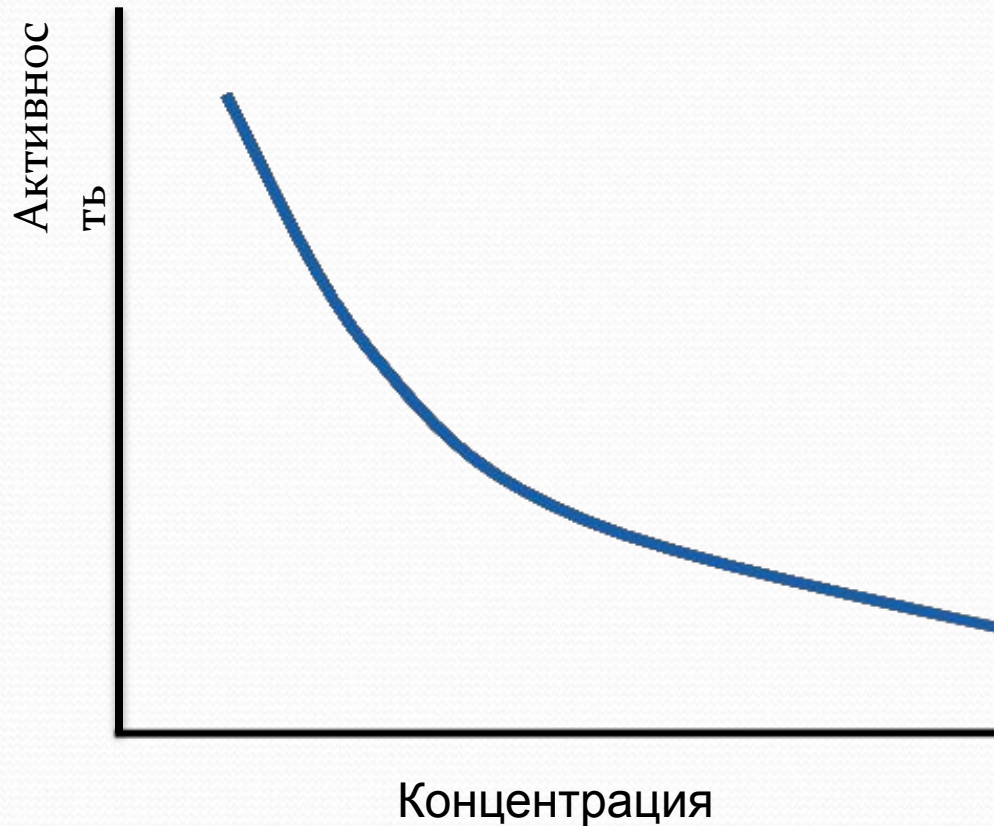
Для диагностики различных заболеваний и для научных исследований бывает необходимо обнаружить и измерить в биологических образцах очень малые количества разных соединений и, (напр., гормонов, ферментов, лекарственных препаратов). Если концентрация искомого вещества равна 10^{-8} г/мл или ниже, то исследовать его с помощью обычных химических методов невозможно или крайне трудно. Сложные биологические тесты занимают много времени и дают большую статистическую погрешность.





Принцип метода состоит в использовании конкурентного связывания искомых стабильных и аналогичных им по химико-биологическим свойствам меченых веществ или соединений со специфическими связывающими системами.

Как видно из рисунка, специфическая воспринимающая система вступает во взаимодействие как с исследуемым веществом, так и с его меченым аналогом, которые вводят в биосубстрат извне.



По соотношениям активностей строят калибровочную кривую, отражающую зависимость активности пробы от концентрации исследуемого вещества. Сопоставляя активность проб с известной (стандартной) и неизвестной концентрациями, определяют содержание искомого вещества.

**Сегодня эксперты констатируют ренессанс
лечебных ядерных технологий в России. Это
связывают с появлением новых методов:
однофотонной эмиссионной КТ (ОФЭКТ) и
позитронной эмиссионной томографии
(ПЭТ)**

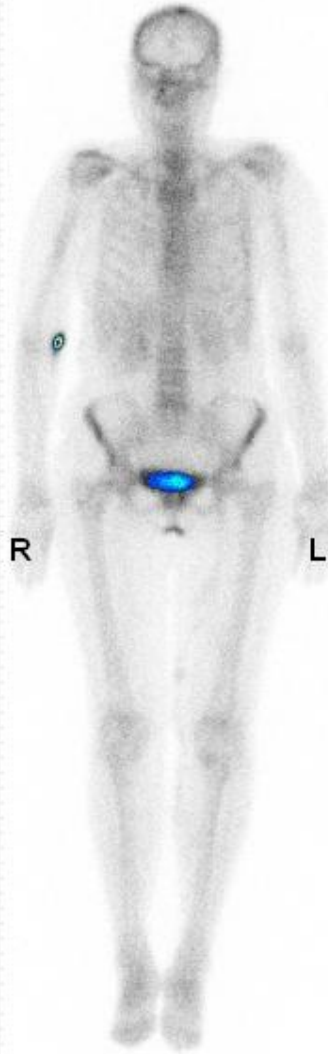
ОФЭКТ

ОФЭКТ основана на вращении вокруг тела пациента обычной гамма-камеры. Фиксируя радиоактивность при различных углах, можно реконструировать секционное изображение. ОФЭКТ - это широко используемый метод, особенно в кардиологических и неврологических обследованиях. Позволяет проводить: перфузионную и метаболическую однофотонную эмиссионную компьютерную томографию (ОФЭКТ) миокарда, перфузионную ОФЭКТ головного мозга, радионуклидную равновесную вентрикулографию с фазово-амплитудным анализом (РНВГ с ФАА).

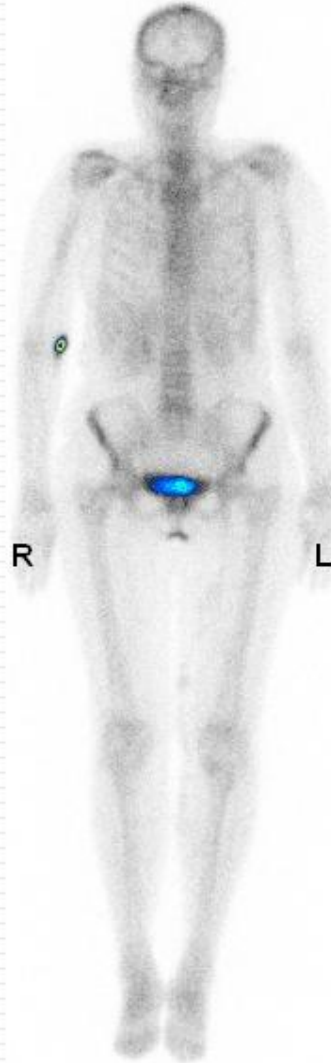
Она позволяет получать объемное изображение распределения радионуклидов, относящихся к чистым гамма-излучателям. Этот метод используют для исследования кровообращения. В кардиологии по информативности он сравним с эхокардиографией, а для изучения церебральной ишемии часто оказывается предпочтительнее других методов и достойно конкурирует с ПЭТ.

В последнее время, ведущие фирмы-производители медицинской техники выпустили на мировой рынок аппаратуру, которая объединяет в себе позитронные эмиссионные или однофотонные эмиссионные томографы с КТ или МРТ. Тем самым удастся совместить высокое пространственное разрешение последних и "функциональность" методов ядерной медицины.

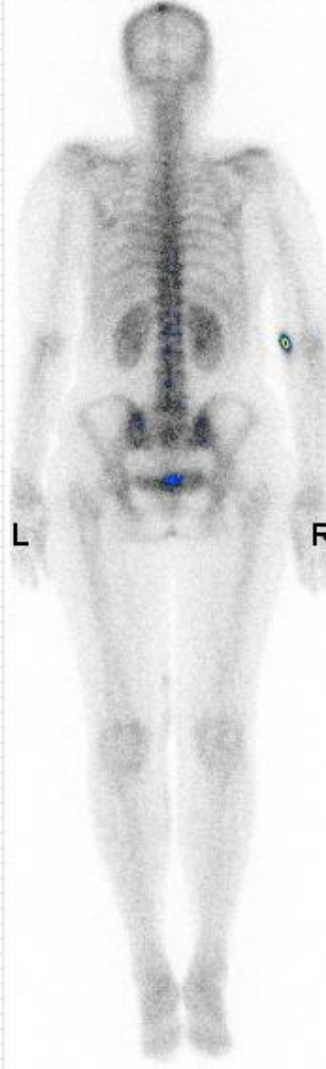
Autosized Ant



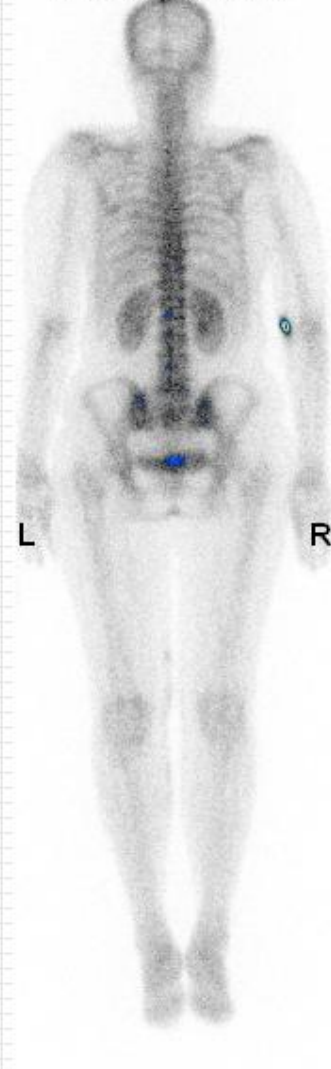
Autosized Ant*

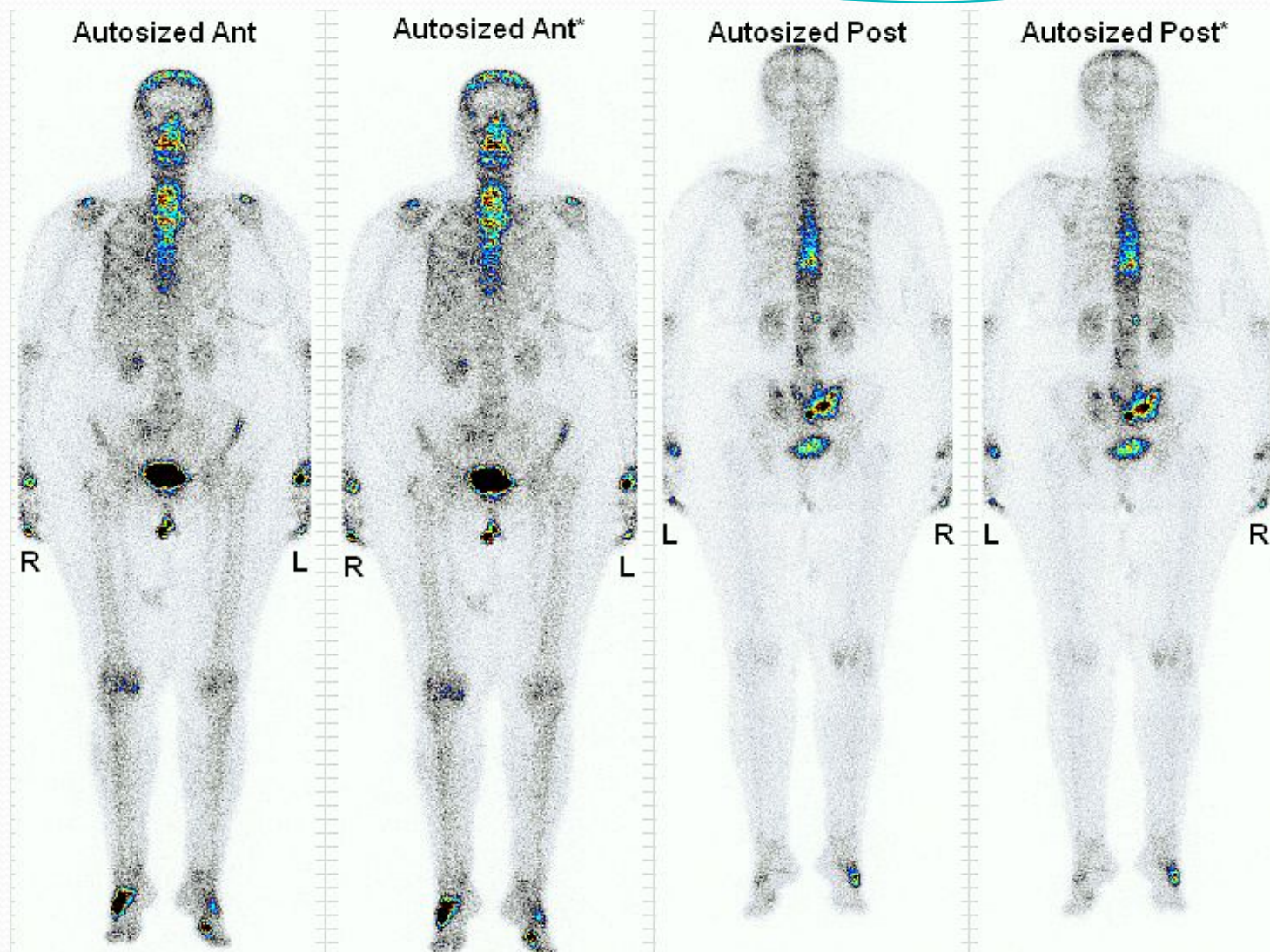


Autosized Post

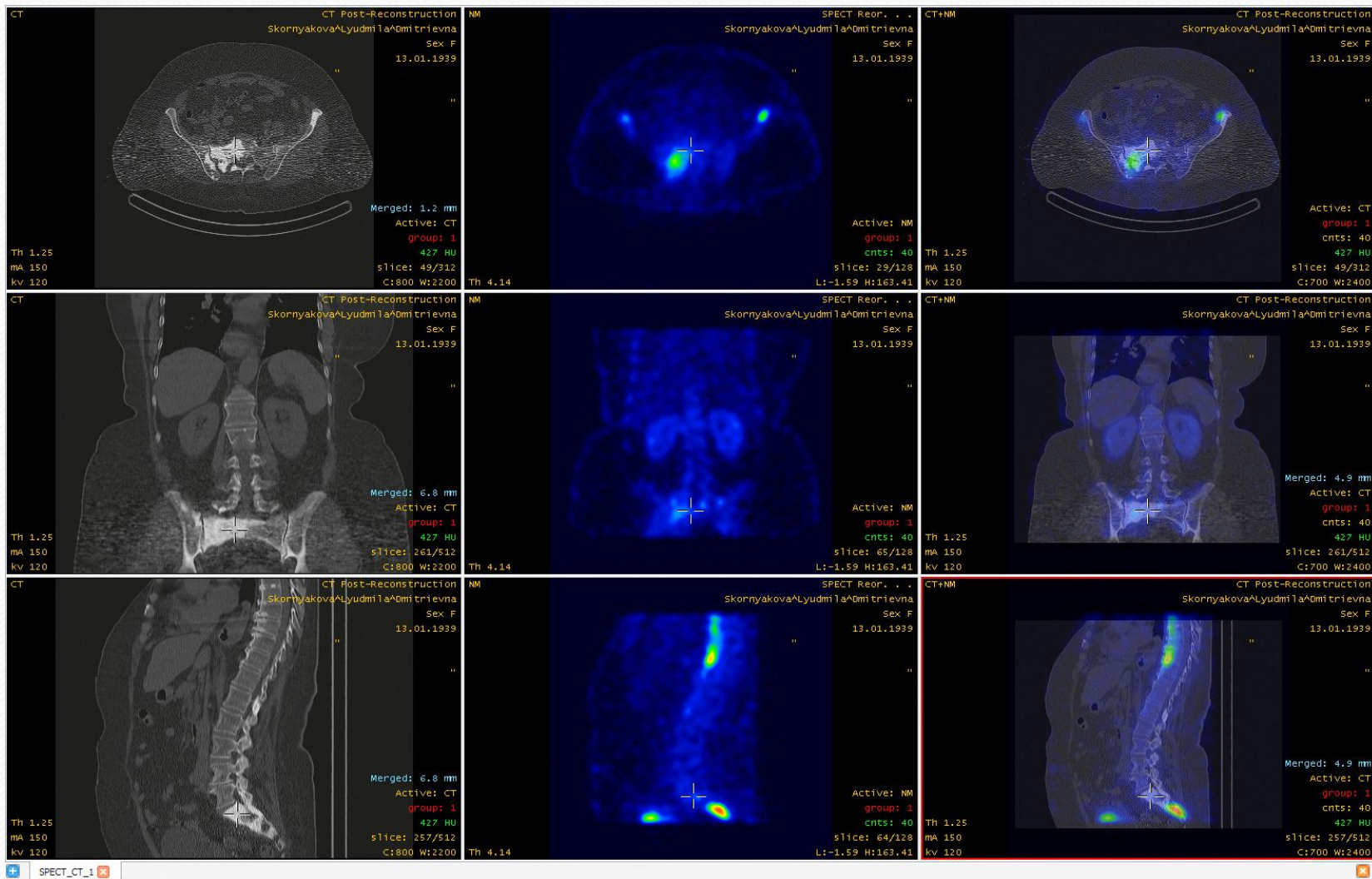


Autosized Post*

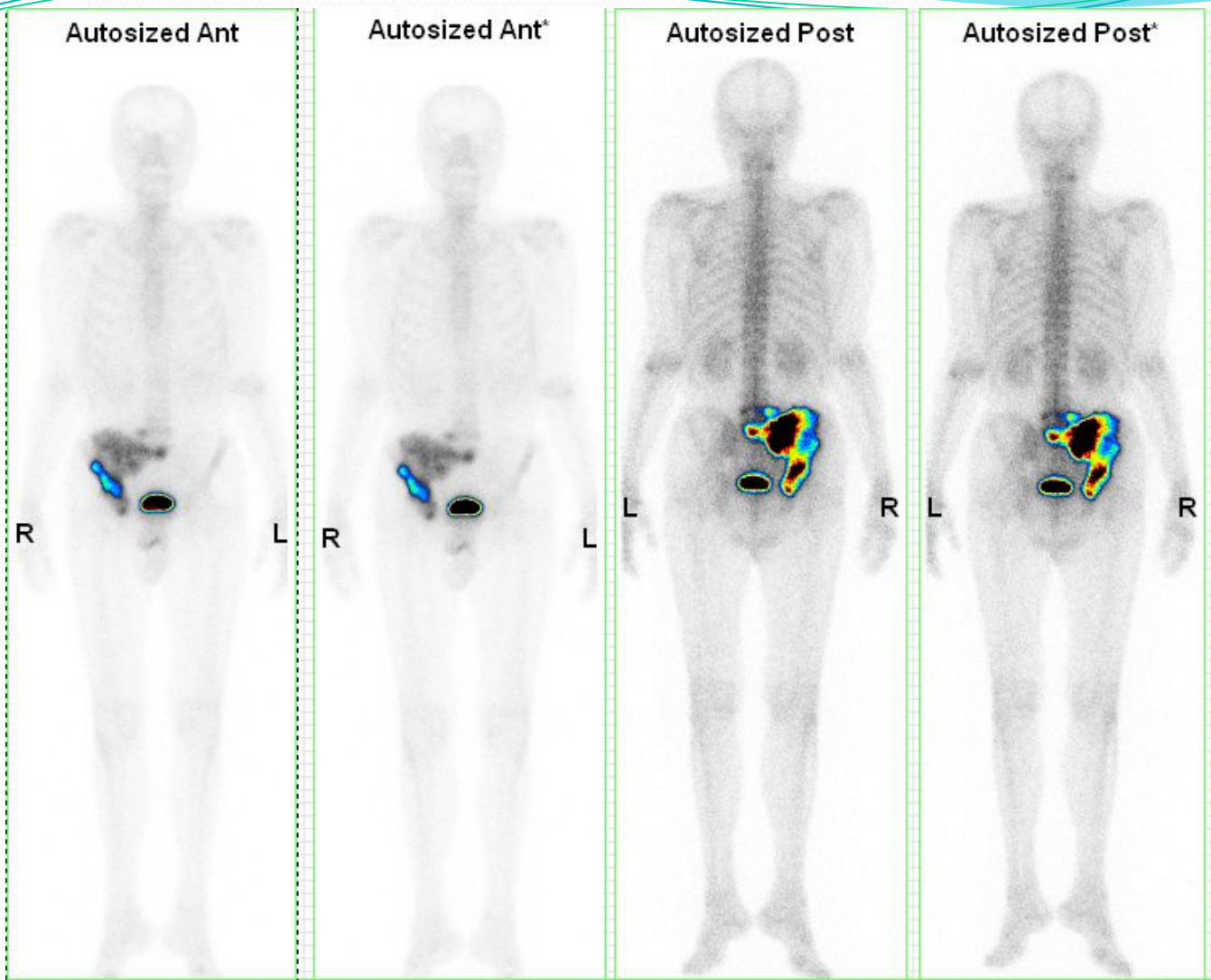




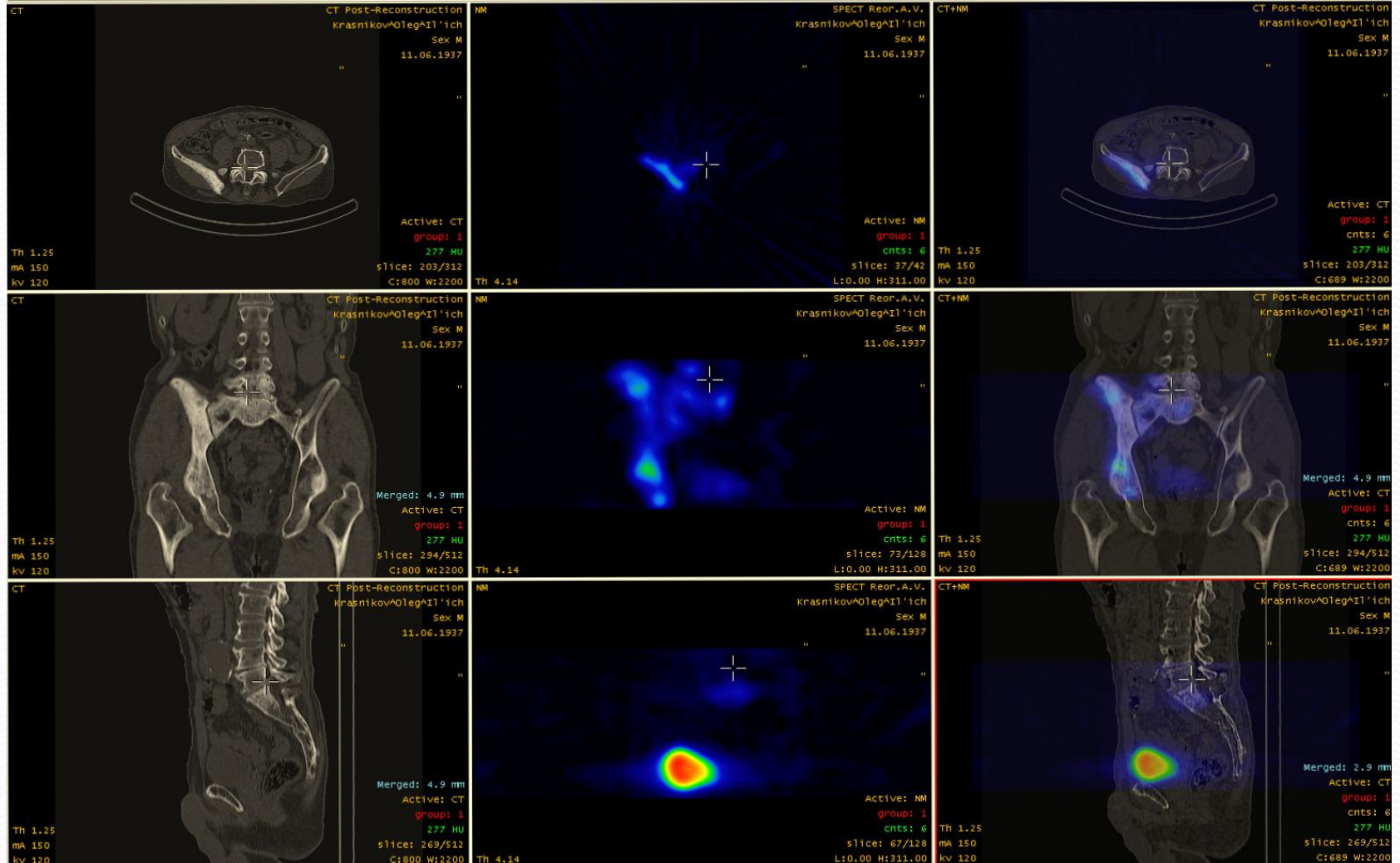
Пациентка С. 1939 г.р. Ds: рак правой молочной железы T2NoMo.
ОФЭКТ-КТ.



Пациентка С. 1939 г.р. Ds: рак правой молочной железы T2NoMo.
ОФЭКТ-КТ.



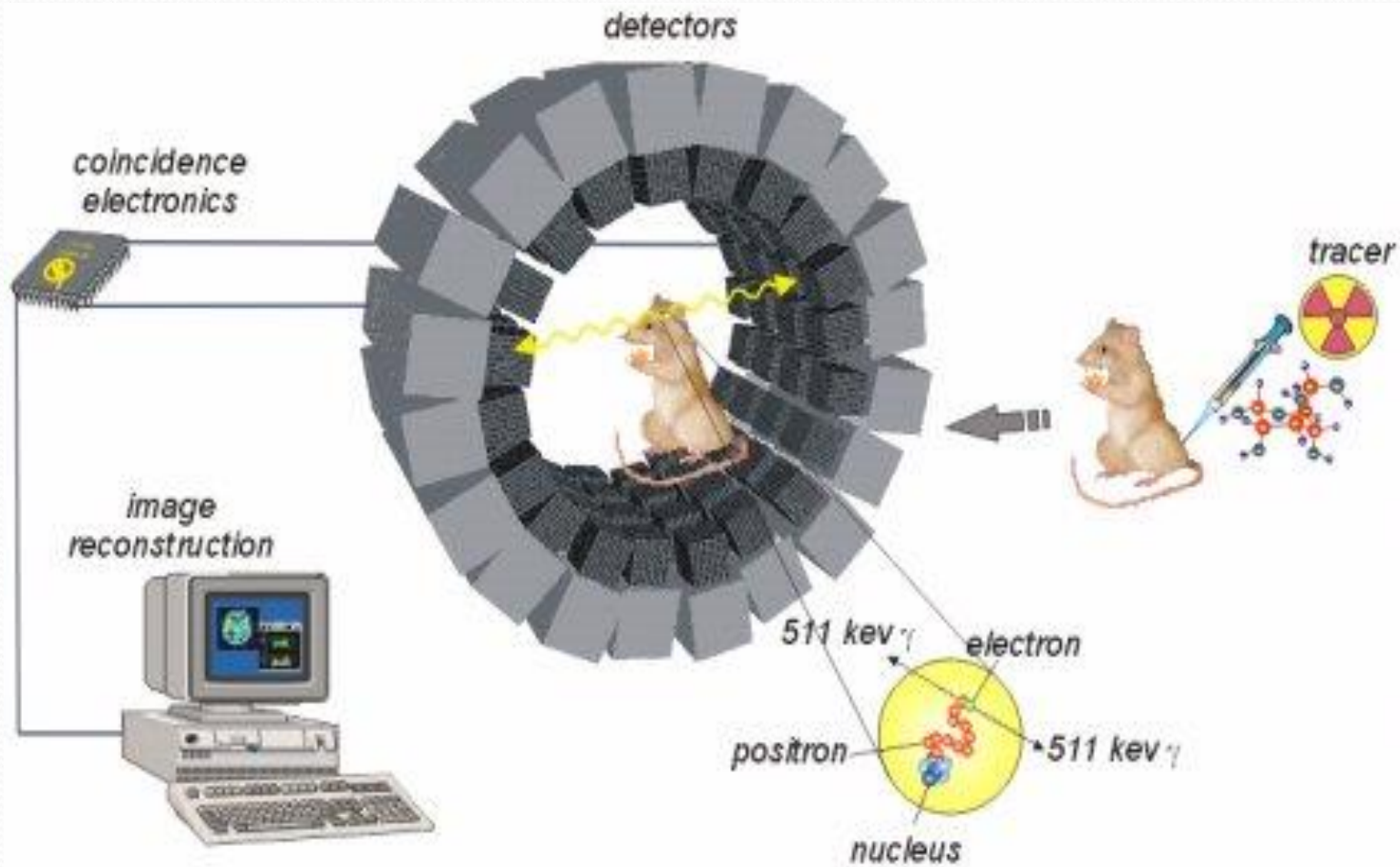
Пациент К. 1937 г.р. Ds: рак предстательной железы T₃N_xM₀.



Пациент К. 1937 г.р. Ds: рак предстательной железы T₃N_xM₀.
ОФЭКТ-КТ.

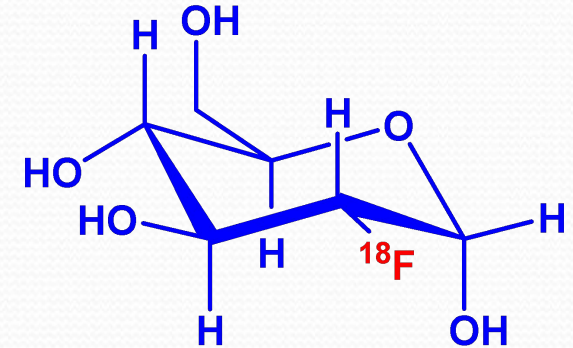
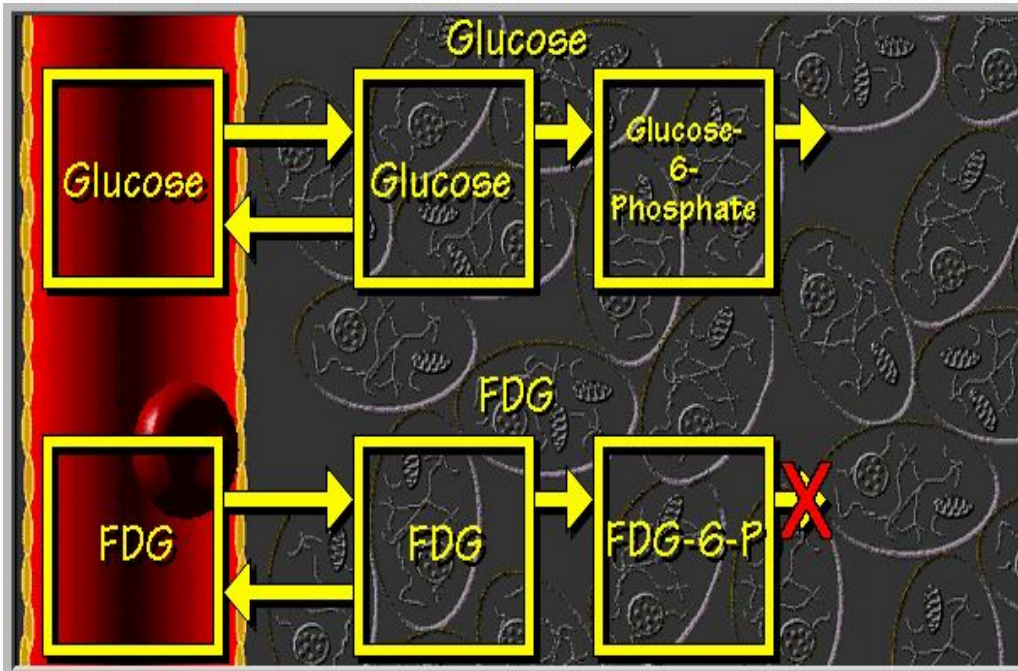
Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)

Новейший уникальный метод радиоизотопной диагностики. Физической основой ПЭТ является использование ультракороткоживущих позитрон-излучающих изотопов, которые при столкновении с электронами атомов аннигилируют, образуя пару гамма-квантов. Последние разлетаются из точки аннигиляции в строго противоположных направлениях и регистрируются детекторами позитронного эмиссионного томографа. Система противоположно установленных детекторов томографа позволяет регистрировать координаты источника излучения и получать томографическое изображение органов, являющихся биологической мишенью.



^{18}F -ФДГ - основной РФП для ПЭТ диагностики опухолей

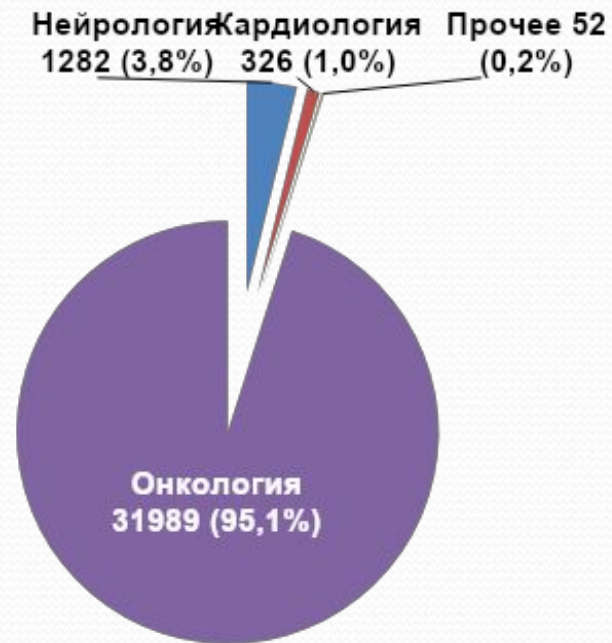
□ 2-[^{18}F]-фтор-2-дезоксид-D-глюкоза, радиотрейсер гликолиза



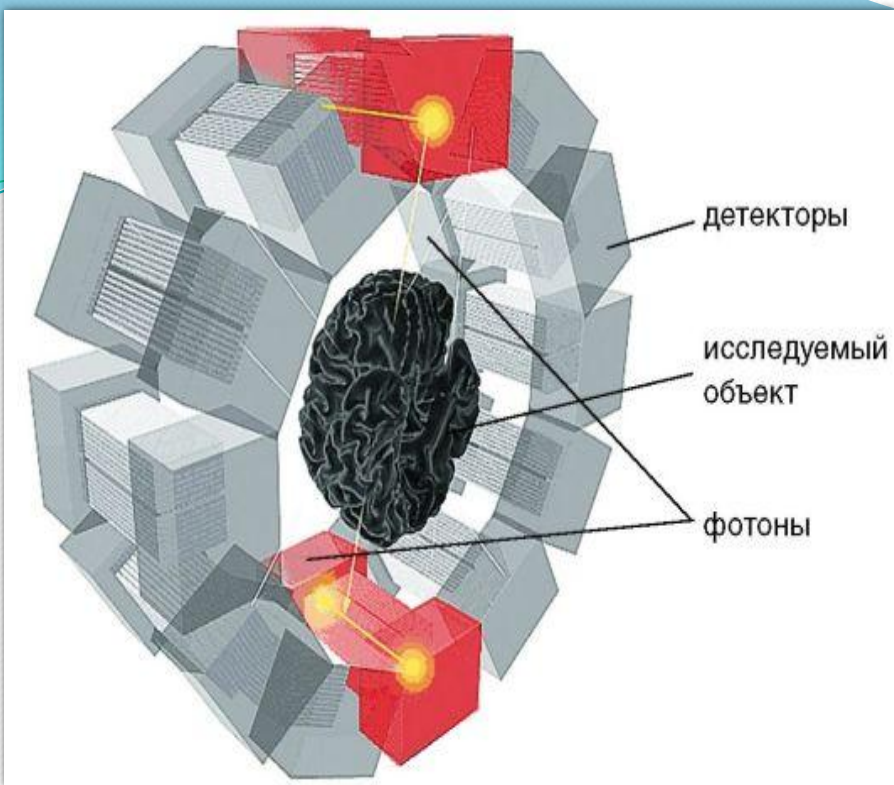
Злокачественные клетки характеризуются более активными процессами гликолиза, что обусловлено повышенным уровнем белков, транспортирующих глюкозу (транспортеров глюкозы Глут1 и Глут 2), и, в большей степени, увеличением активности гексокиназы в неоплазме.

ПЭТ с ФДГ позволяет количественно определять регионарную скорость потребления глюкозы в тканях

^{18}F -ФДГ - основной РФП для ПЭТ диагностики опухолей



*Kuwabara et al. Ann Nucl
Med 2009, 23: 209-215*

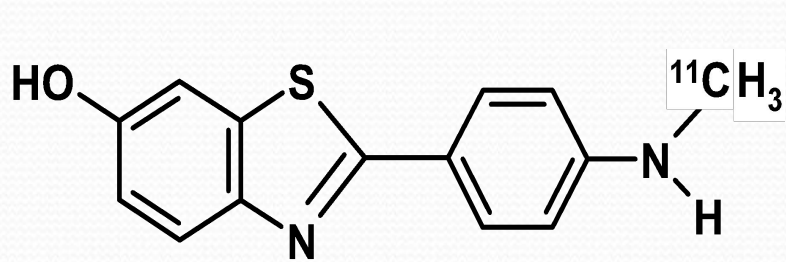


Особенность детекторов ПЭТ позволяет значительно увеличить разрешающую способность прибора при введении **меньших доз радиофармпрепарата**. Кроме того, большинство используемых позитронных излучателей имеют период полураспада не более нескольких минут, что позволяет значительно **снизить лучевую нагрузку** на пациента.

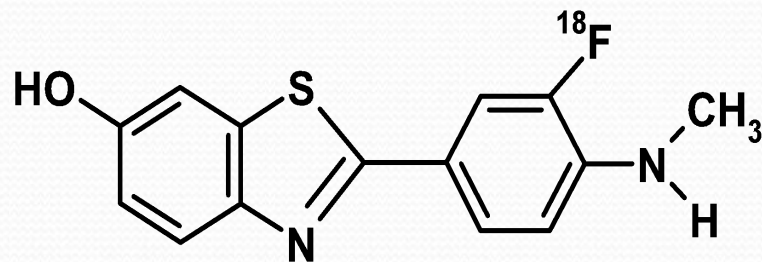


Большинство радиофармацевтических препаратов, предназначенных для ПЭТ, представляют собой биологические соединения, которые активно участвуют в физиологических и обменных процессах различных органов и тканей. Главное преимущество позитронно-эмиссионной томографии – возможность не только получать изображения внутренних органов, но и оценивать их функцию и метаболизм, таким образом, при помощи позитронной томографии удастся выявлять болезнь на самом раннем этапе, еще до проявления клинических симптомов.

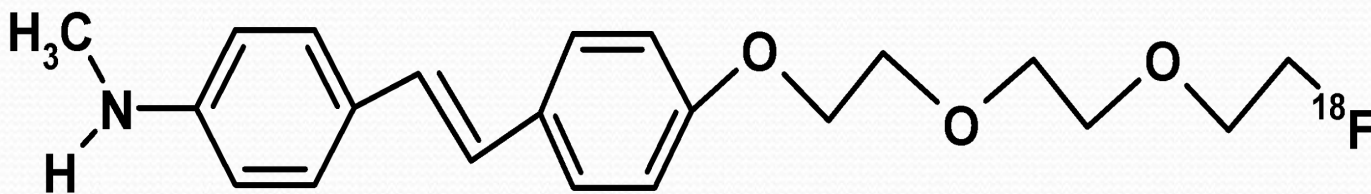
Меченные фтором-18 ПЭТ радиолиганды для визуализации бета амилоидных агрегатов при болезни Альцгеймера



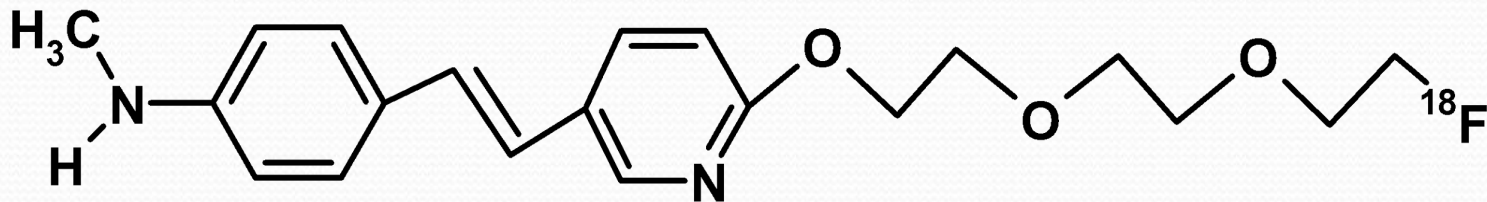
¹¹C-PIB



¹⁸F-Flutemetamol GE Health Care



¹⁸F-FBAY94-9172 (Rowe et al. Lancet Neurol 2008)



¹⁸F-AV 45 (Florbetapir F18) (Yao et al. Appl Rad Isot 2010)

Чувствительность ПЭТ настолько высока, что удается констатировать изменение расхода глюкозы, меченной ^{11}C , в глазном центре головного мозга при открывании глаз. Поэтому ПЭТ используют при исследовании тончайших метаболических процессов в мозге, вплоть до мыслительных. С помощью ПЭТ изучают метаболизм глюкозы, жиров, белков, кинетику переноса веществ через клеточные мембраны, динамику концентрации водородных ионов в клетках, фармакокинетику и фармакодинамику лекарственных препаратов. ПЭТ позволяет осуществлять количественную оценку концентрации радионуклидов и включает в себе колоссальные потенциальные возможности по изучению метаболических процессов на различных стадиях заболевания, в том числе психических.

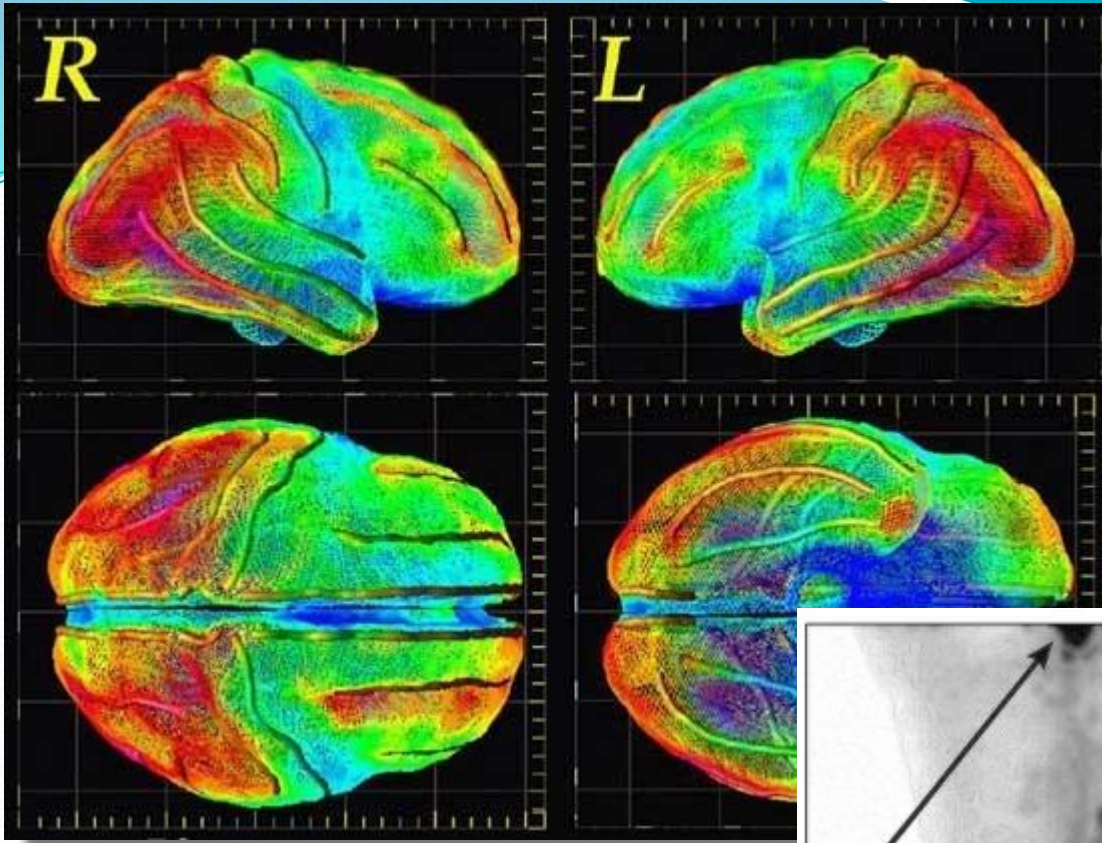
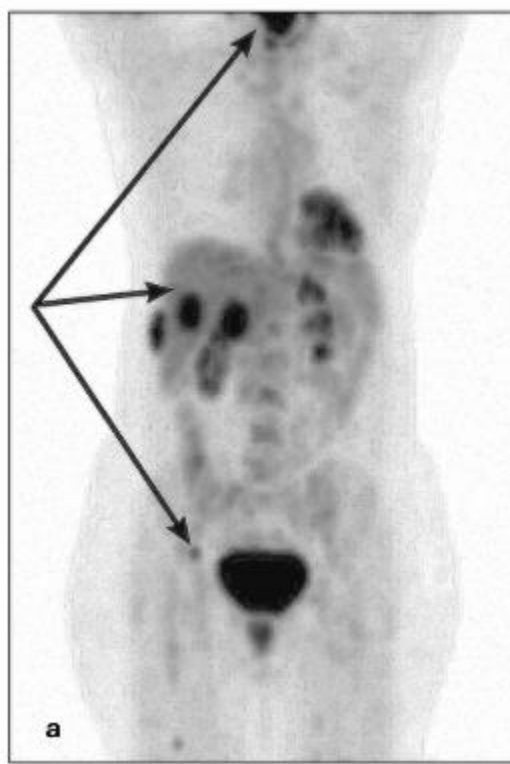


Рис. Лимфома Ходжкина: а - на ПЭТ-томограмме до лечения отмечается множественное поражение печени и лимфатических узлов (стрелки); б - на ПЭТ-томограмме через 6 мес после химиотерапии отмечается полная ремиссия



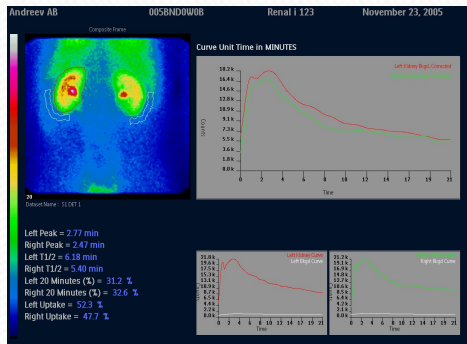
Преимущества радионуклидных методов

- Методы радионуклидной диагностики относятся к методам молекулярной визуализации, так как отражают патологические процессы, происходящие на молекулярном и клеточном уровне, и не дублируют информацию, полученную другими методами лучевой диагностики (УЗИ, КТ, МРТ).
- Функциональные изменения, намного опережающие анатомические, делают радионуклидные методы уникальными при динамическом наблюдении.
- Благодаря короткому периоду полураспада радионуклидов, небольшой энергии гамма-излучения и быстрому выведению радиофармпрепаратов из организма, пациент получает небольшую лучевую нагрузку, которая ниже лучевой нагрузки, получаемой при обычных рентгенологических исследованиях.
- Радионуклидная диагностика широко применяется в онкологии, эндокринологии, кардиологии, уронефрологии, неврологии.

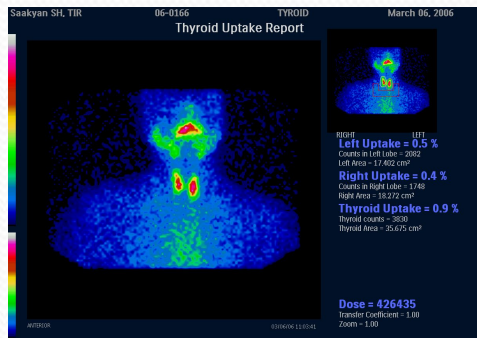
- ❖ Очаги гиперфиксации РФП более 30% оцениваются как патологические. Проводят сравнение накопления радиофармпрепарата в симметричных (контралатеральных) зонах правой и левой сторон скелета, а также рядом лежащих (ипсилатеральных) областях.
- ❖ Увеличение (уменьшение) накопления РФП по сравнению с нормальной тканью указывает на увеличение (уменьшение) активности метаболизма в этой зоне.
- ❖ Фокусы снижения накопления, без перифокального увеличения накопления РФП вокруг очага, чаще оказывается доброкачественной природы (ослабление, артефакт, отсутствие кости, послеоперационные изменения), но может быть признаком литического процесса в кости.

Основные виды радионуклидных исследований.

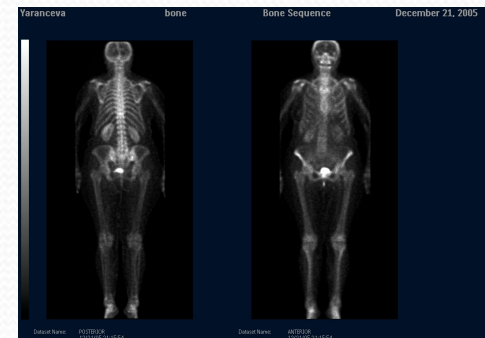
Сцинтиграфия почек



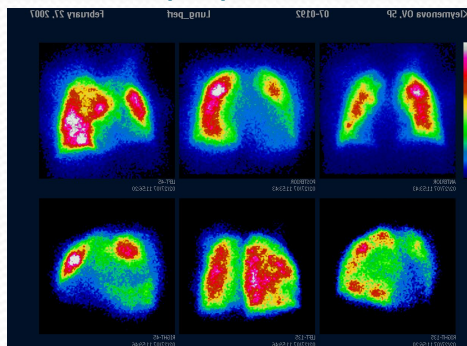
Сцинтиграфия щитовидной железы



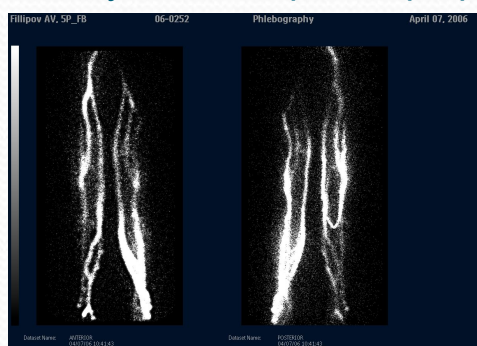
Сцинтиграфия скелета



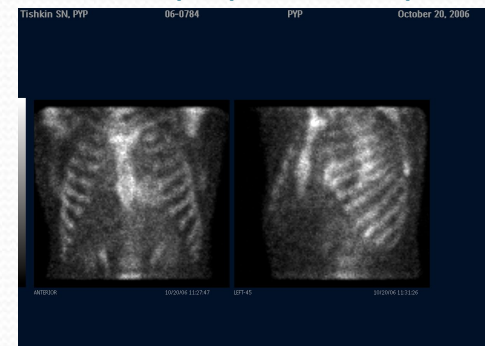
Сцинтиграфия легких



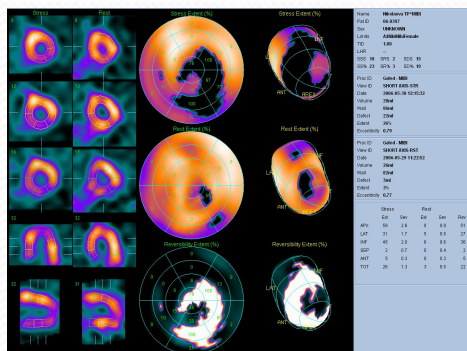
Радионуклидная флебография



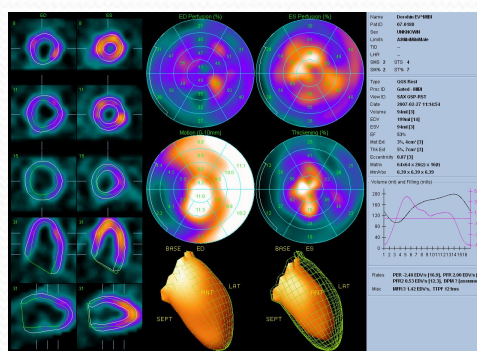
Сцинтиграфия миокарда



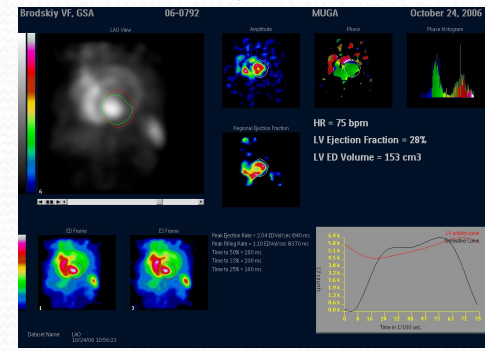
ОЭКТ миокарда



СОЭКТ миокарда



Вентрикулография



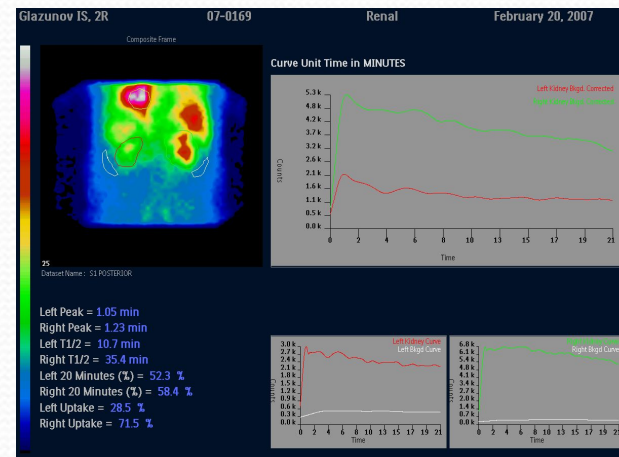
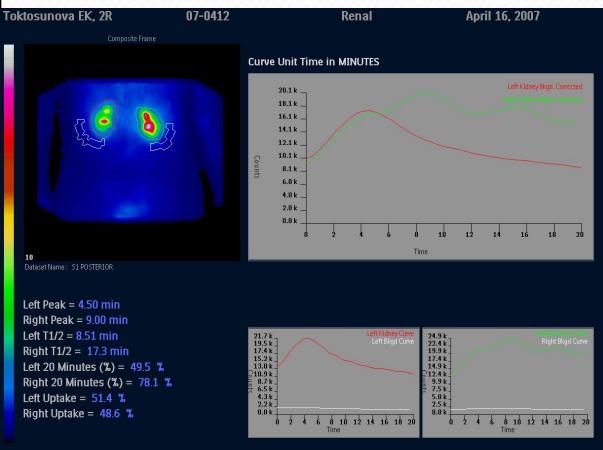
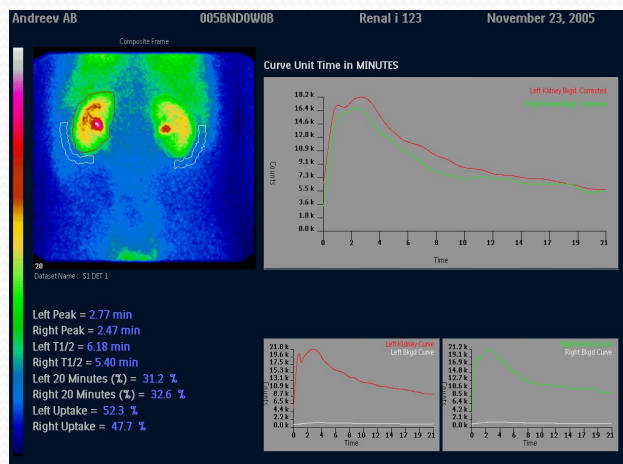
Диагностика заболеваний почек

почек

Функция почек не нарушена

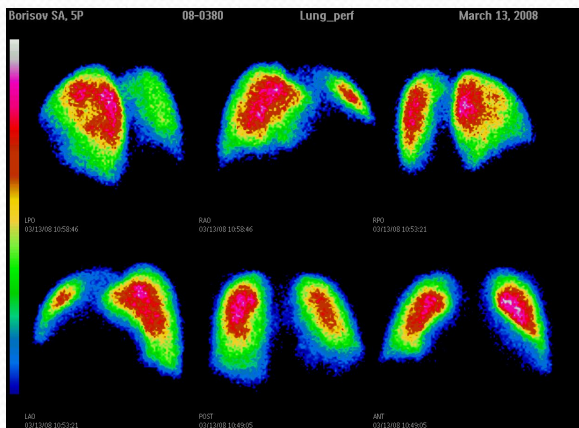
Нарушения уродинамики

Почечная недостаточность

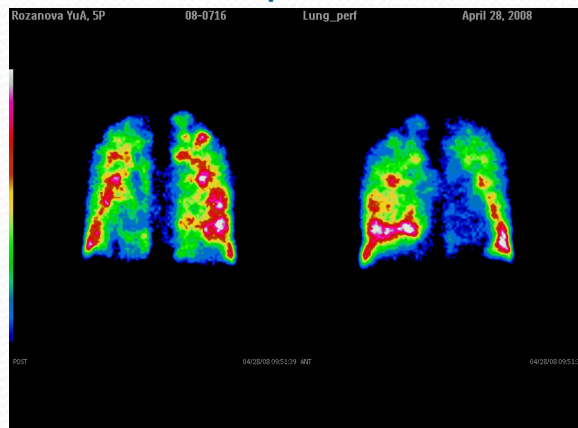


Диагностика заболеваний легких

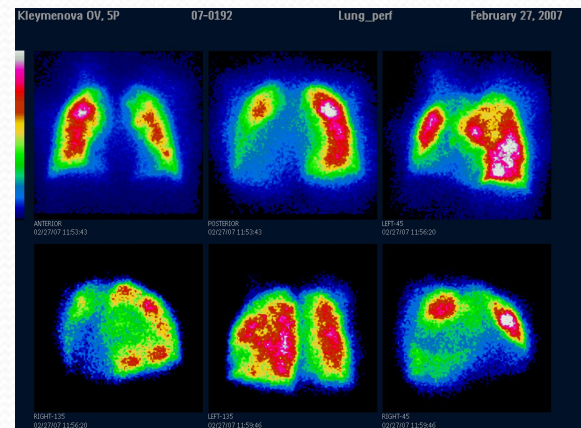
Норма



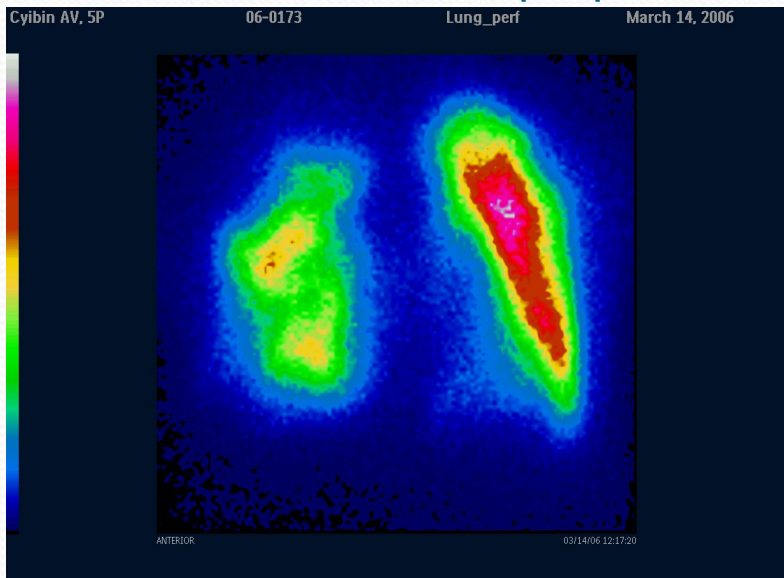
Первичная легочная гипертензия



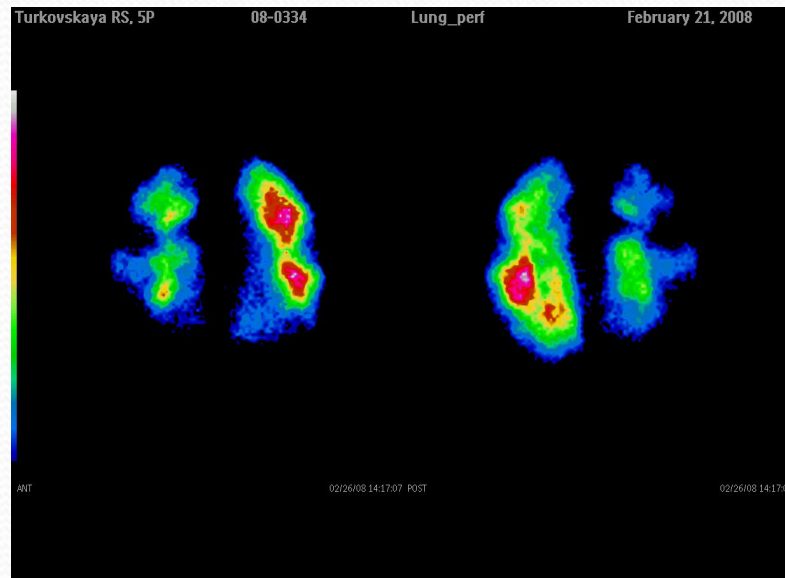
Плевральный выпот



Тромбоэмболия сегментарной ветви легочной артерии

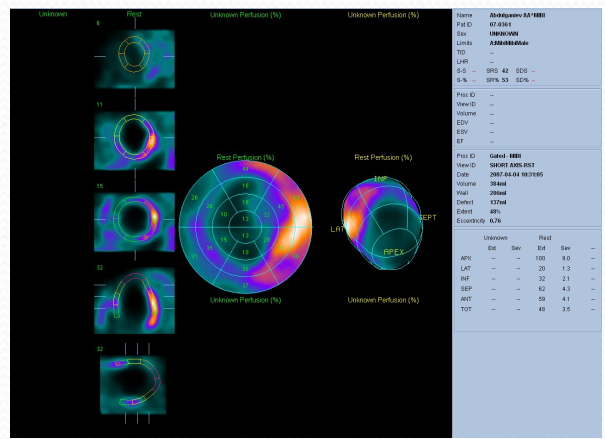
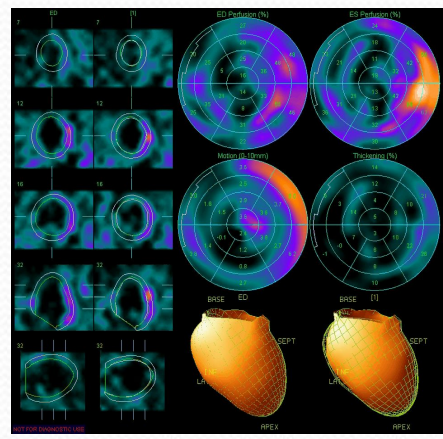


Множественная тромбоэмболия ветвей легочной артерии

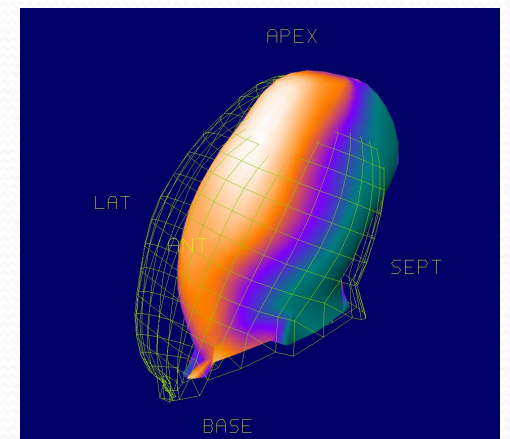


Синхронизированная однофотонная эмиссионная компьютерная томография миокарда

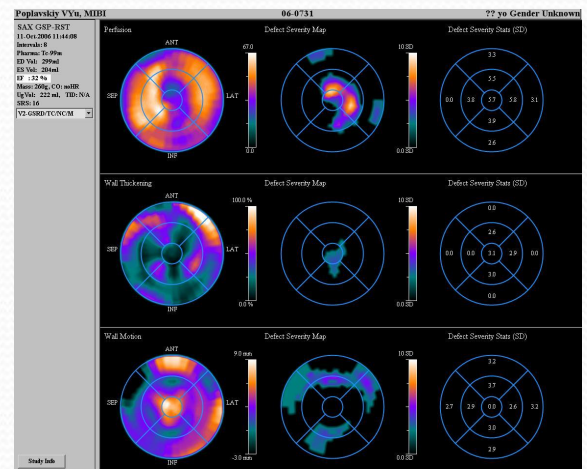
Диагностика инфаркта миокарда с оценкой локальной сократимости



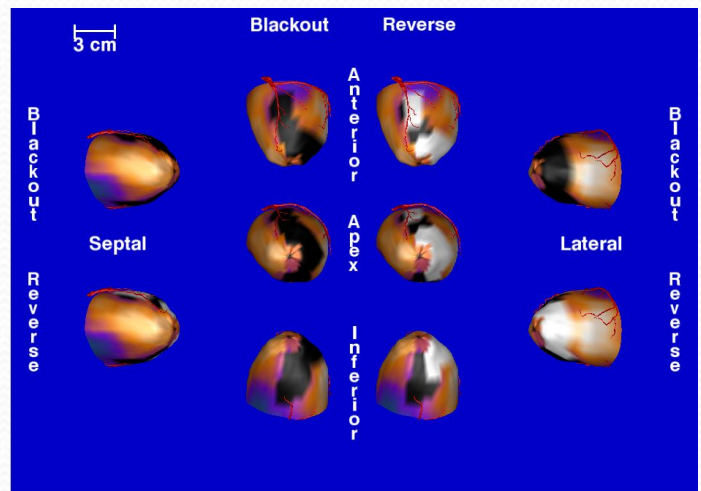
Диагностика аневризмы



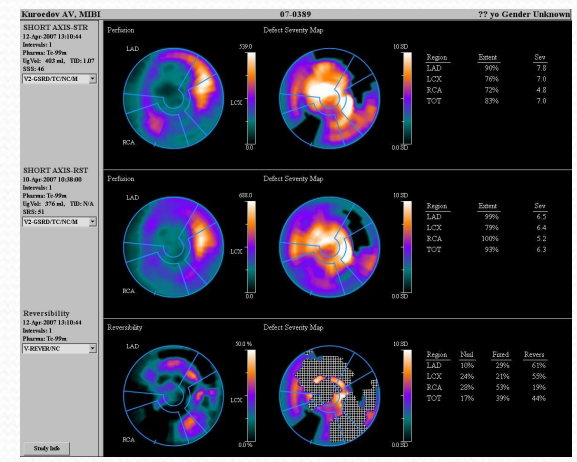
Диагностика кардиомиопатий



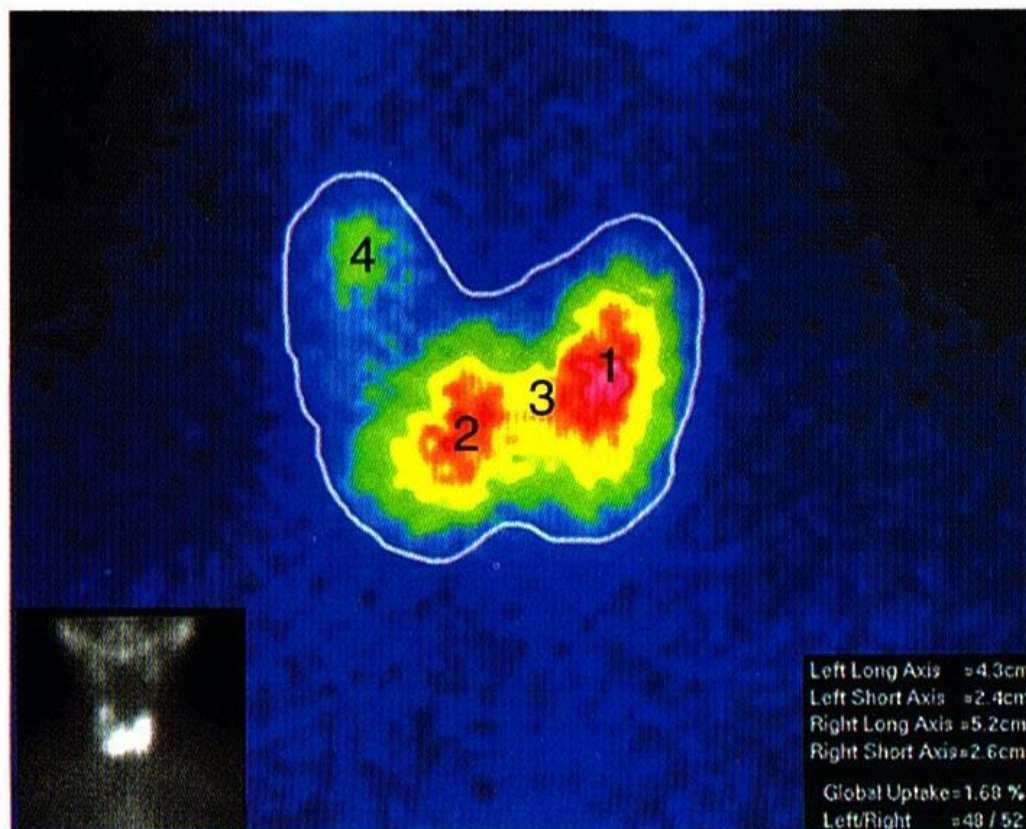
Диагностика преходящей ишемии миокарда



Оценка жизнеспособности миокарда



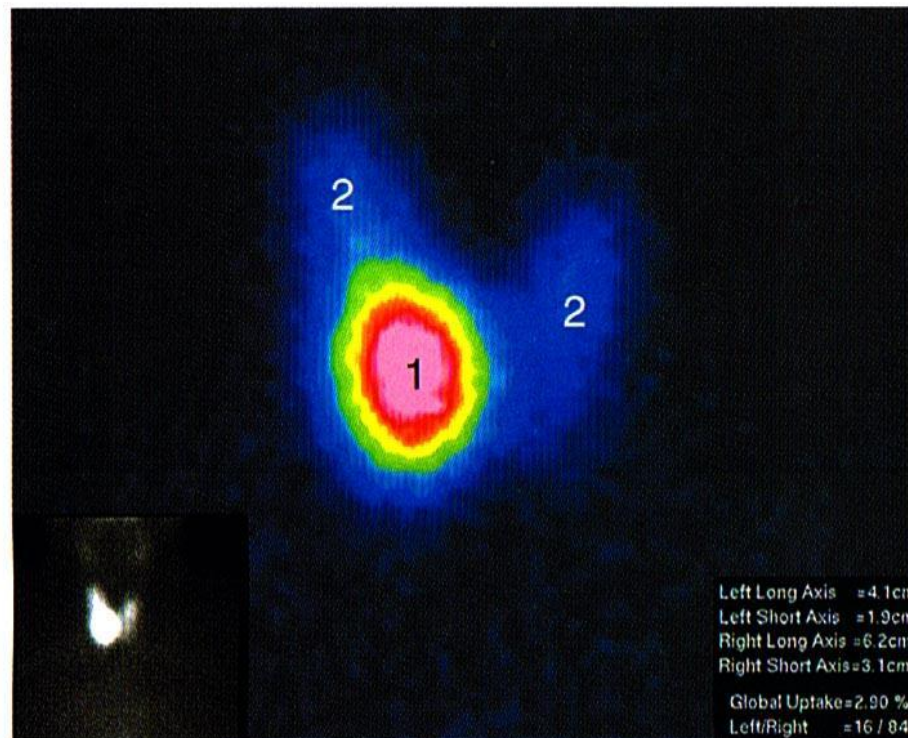
Холодный узел



Сцинтиграфия щитовидной железы. Функционально неактивный («холодный») узел правой доли.

1 — левая доля; 2 — правая доля; 3 — перешеек; 4 — «холодный» узел

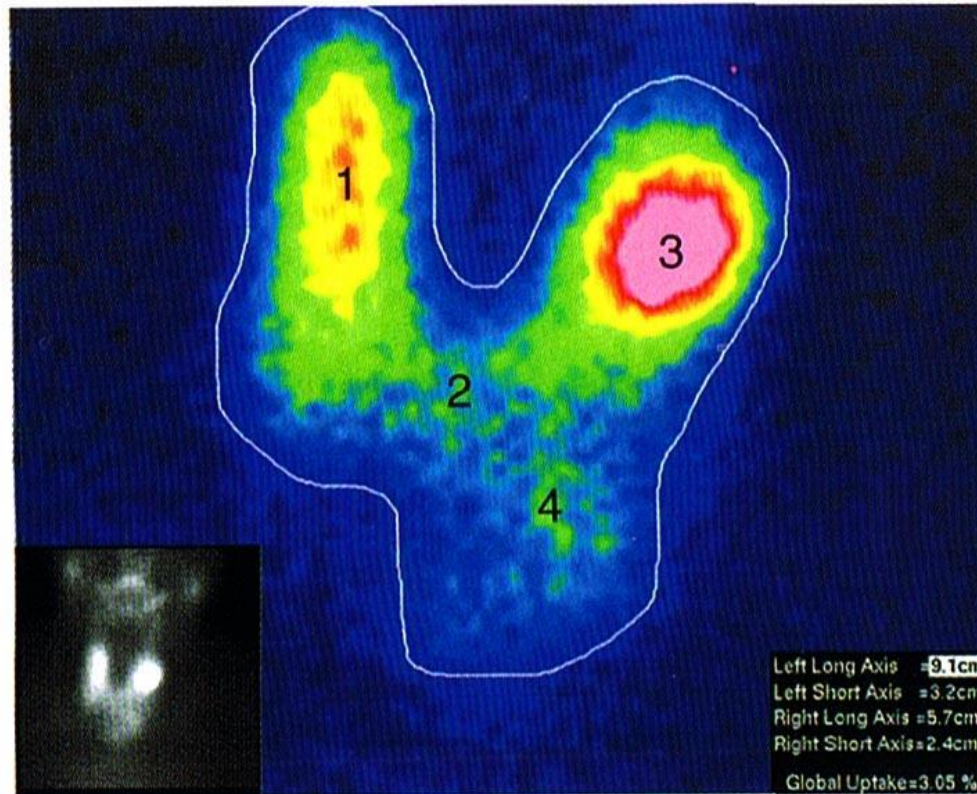
Аденома



Сцинтиграфия щитовидной железы. Функционально автономный узел (токсическая аденома) правой доли.

1 — гипераккумулятивный («горячий») узел в нижней трети левой доли;
2 — существенно снижено накопление индикатора в остальной части железы (эндогенная супрессия) при общей высокой накопительной функции (индекс накопления — 2,9% при норме 1,0...1,8%)

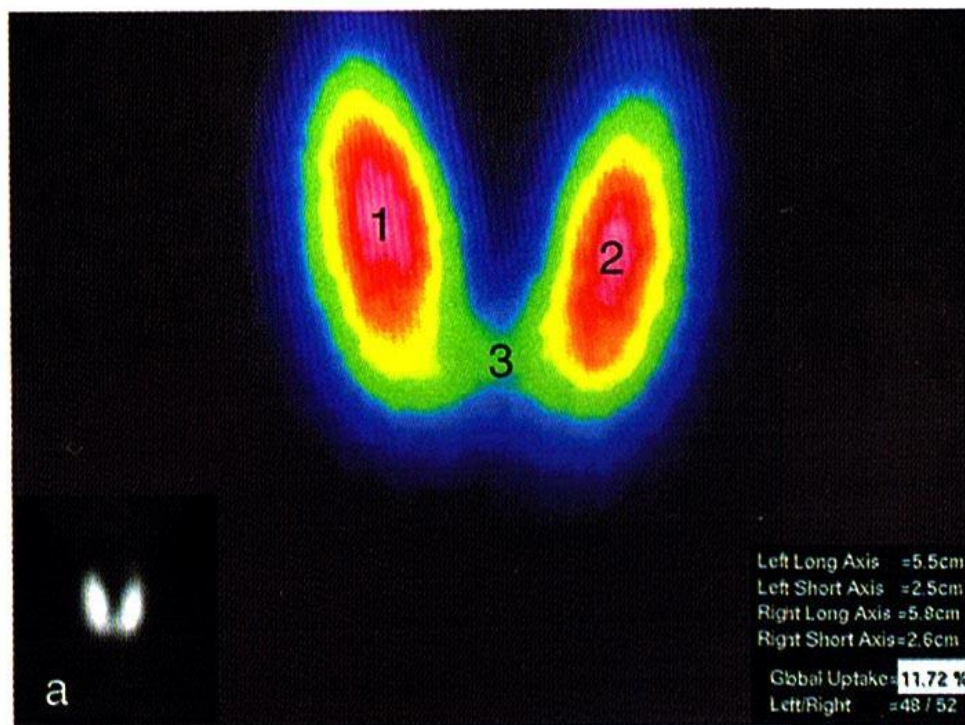
Многоузловой зоб



Сцинтиграфия щитовидной железы с ^{99m}Tc -пертехнетатом. Многоузловой смешанный, частично загрудинный зоб.

1 — правая доля; 2 — перешеек; 3 — гипераккумулятивный («горячий») очаг левой доли; 4 — ретростернально расположенный, гипоаккумулятивный («холодный») очаг, исходящий из нижнего полюса левой доли

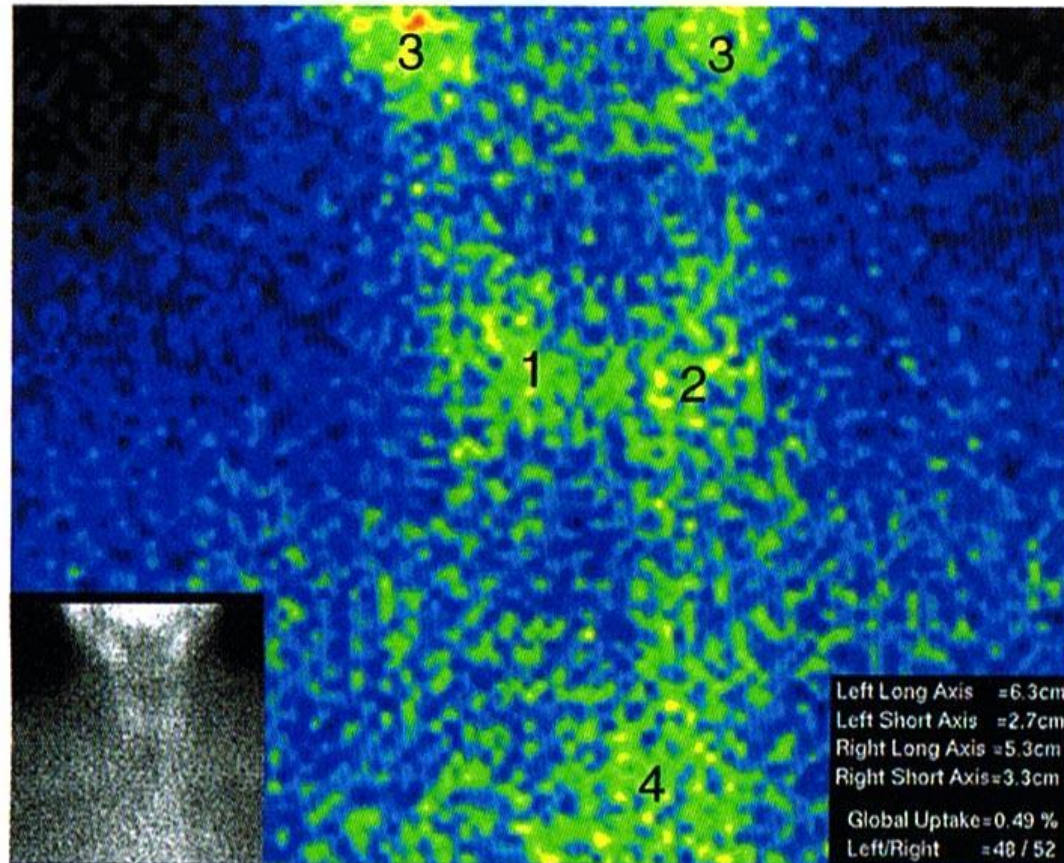
Диффузный токсический зоб



Высокая накопительная функция щитовидной железы. Диффузный токсический зоб.

1 — правая доля; 2 — левая доля; 3 — перешеек. Индекс накопления — 11,72% (норма — 1,0...1,8%). На обзорной сцинтиграмме (а) не визуализируются слюнные железы

Гипофункция



Низкая накопительная функция щитовидной железы. Деструктивный тиреотоксикоз.

1 — правая доля; 2 — левая доля; 3 — подчелюстные слюнные железы;
4 — диффузное накопление РФП в средостении



Спасибо за внимание!