

# Методы лучевой диагностики во фтизиопульмонологии

*И.А. Баулин, П.В. Гаврилов*

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# Задачи лучевого исследования

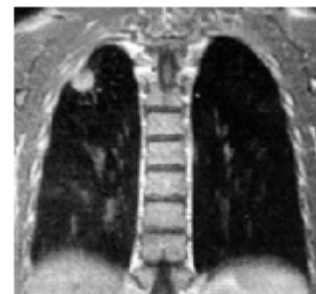
- ➡ Доклиническая диагностика (скрининг)
- ➡ Нозологическая и дифференциальная диагностика
- ➡ Определение стадии, фазы, активности патологического процесса
- ➡ Физиологическая оценка: перфузия, метаболизм, минеральная плотность и т.п.
- ➡ Оценка результатов лечения, динамика процесса



# Электромагнитная шкала излучения



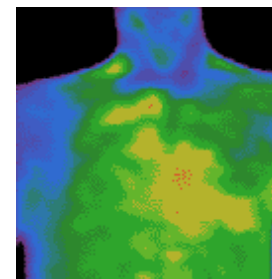
- Магнитно-резонансный



- Ультразвуковой



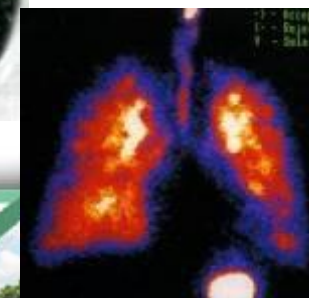
- Инфракрасная термография



- Рентгенологический



- Радионуклидная диагностика



## Основные методы лучевой

- Рентгенография
- Рентгеноскопия
- Флюорография (скрининг)
- Компьютерная томография
- Контрастная рентгенография
- УЗИ
- МРТ
- Радионуклеидная диагностика  
(сцинтиграфия, ОФЕКТ/КТ,  
ПЭТ/КТ)



## Лучевые методики обследования теряющие свою актуальность

- Рентгенография в косых проекциях
- Пневмополиграфия
- Рентгенокимография
- Электрорентгенография
- Пневмоплеврография
- Пневмомедиастинография
- Бронхография
- Зонография
- Продольная аналоговая томография
- **Одномоментная многослойная томография**
- Томография с поперечным размазыванием
- Фазорентгенотомография

## Лучевые методики обследования появившиеся в последние десятилетия

- *Магнитно-резонансная томография*
- *Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ)*
- *Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ)*
- **Томосинтез (одномоментная многослойная цифровая томография)**
- *Fusion systems (совмещенные системы)*
- *ОФЭКТ/КТ*
- *ПЭТ/КТ*
- *ПЭТ/МРТ*
- *Эндобронхиальная ультрасонография (EBUS)*



# Современное состояние лучевого обследования

**Флюорография**  
проверочная (скрининг)



- ➔ **Флюорография** *диагностическая*
- ➔ **Рентгенография**
- ➔ **Рентгеноскопия**
- ➔ **Прицельная рентгенография**
- ➔ **Рентгенофункциональные методики**
- ➔ **Линейная томография**



**Компьютерная томография**  
**Ангио - КТ**  
**МРТ**  
**Радионуклидная диагностика**





- Сроки обследования пациентов от момента выявления патологии до поступления в специализированное отделение – от 1 до 5 месяцев (*в среднем около 1,5 месяцев*)
- *От 2 до 5* проведенных лучевых обследований до выполнения компьютерной томографии.
- *От 12,7% до 40%* пациентов по данным разных авторов с нераспознанным раком легкого на различных этапах заболевания подвергаются необоснованному лечению по поводу ошибочного диагноза туберкулеза.



# Рентгенография

## Основной метод лучевой диагностики

Получение изображения основано на **ослаблении рентгеновского излучения** при его прохождении через различные ткани с последующей регистрацией его на рентгеночувствительную плёнку, или электронную матрицу. Таким образом на плёнке получается **усреднённое, суммационное изображение** всех тканей (тень).





## Преимущества рентгенографии

- Широкая доступность метода и легкость в проведении исследований.
- Для большинства исследований не требуется специальной подготовки пациента.
- Относительно низкая стоимость исследования.
- Снимки могут быть использованы для консультации у другого специалиста или в другом учреждении
- Воспроизводимость результатов

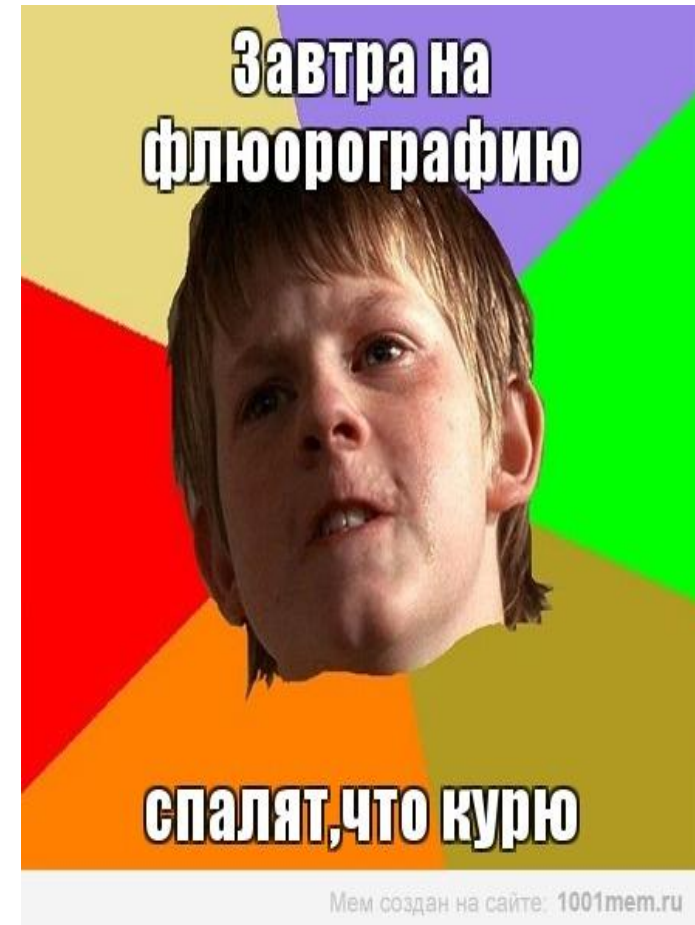
## Недостатки рентгенографии

- Относительно плохая визуализация мягких тканей (связки, мышцы, диски и др.).
- «Замороженность» изображения — сложность оценки функции органа.
- Наличие ионизирующего излучения.
- Суммационный эффект



# Флюорография

Метод рентгенодиагностики, заключающийся в фотографировании теневого изображения с флуоресцентного рентгеновского экрана на фотопленку относительно небольших размеров или переводом его в оцифрованное изображение. Основы этого метода разработали сразу же после открытия рентгеновских лучей учёными А. Баттелли и А. Карбассо (Италия) и Дж. М. Блейер (США). Применяют для выявления заболеваний органов грудной клетки, преимущественно при массовых обследованиях (скрининге). По сравнению с рентгенографией эта методика требует меньших затрат, хотя и менее информативна.



# Приказ Минздравсоцразвития России

## №302н от 12 апреля 2011

Об утверждении перечней вредных и (или) опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и **Порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров (обследований) работников, занятых на тяжелых работах и на работах с вредными и (или) опасными условиями труда**

При проведении предварительных и периодических осмотров всем обследуемым в обязательном порядке проводятся: **цифровая флюорография или рентгенография органов грудной клетки в 2-х проекциях (прямая и правая боковая)**, в условиях центра профпатологии или медицинского учреждения имеющего права на проведение экспертизы профпригодности и связи заболевания с профессией в соответствии с действующим законодательством проводится **рентгенография органов грудной клетки в 2-х проекциях (прямая и правая боковая)**



Согласно нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009 с изменениями 2014 г.) при проведении профилактических и научных рентгенологических исследований **практически здоровых лиц** установлен норматив годовой эффективной дозы облучения - **1 мЗв/год**. При проведении диагностических рентгенологических исследований пределы доз не устанавливаются, однако дозы облучения пациентов необходимо контролировать для оптимизации проведения рентгенологических исследований на основе принципа - **максимум диагностической информации при минимально возможных уровнях облучения.**



# Цифровая радиология

**1971 год** – Пол Капп впервые сформулировал термин *“цифровая радиология”*

Термин «цифровая радиология» – применяется ко всем методам лучевой диагностики при которых изображение формируется, а затем обрабатывается компьютером.



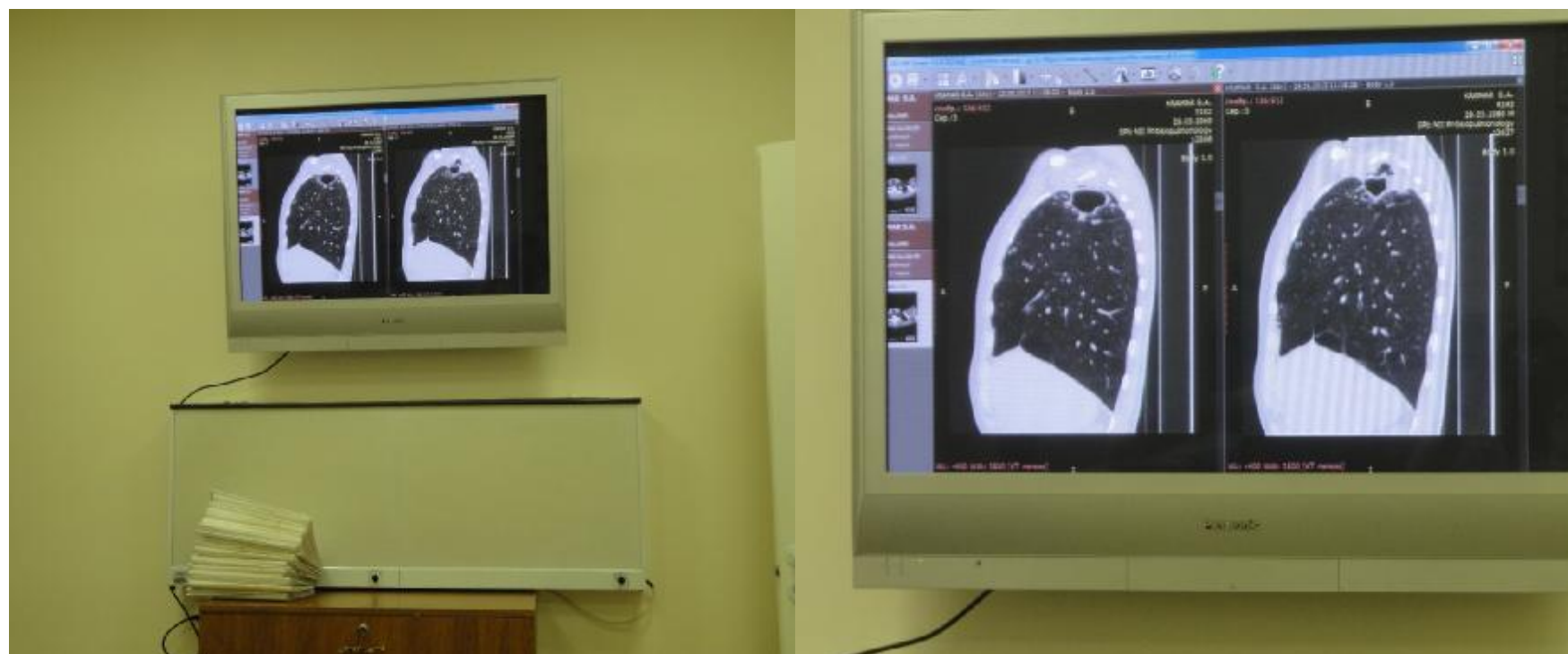
# Преимущества цифровой рентгенографии

- Увеличение пропускной способности аппаратуры
- Лучшая видимость незначительных перепадов контрастности
- Уменьшение числа бракованных снимков
- Уменьшение лучевой нагрузки
- Возможность постпроцессорной компьютерной обработки и архивирования изображения
- Возможность получения твердой копии только отобранных изображений
- Формирование электронных баз данных
- Создание электронных систем обработки и передачи изображений (PACS)





## Демонстрация данных КТ на клиническом разборе в 1 ТО.



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# Скорость работы

- **Выполнение стандартной рентгенографии органов грудной клетки в двух проекциях:**
  - Аналоговая - 6-8 минут
  - Цифровая - 1-2 минуты



# Повышения качества рентгенограмм

***«Некачественных рентгенограмм ровно столько же, сколько  
пропущено патологических изменений значимых для пациента»  
G. Haunsbatt, 2005***

- Количество брака аналоговой рентгенографии и флюорографии:
  - 32,1% (V. Becker, R. Vintz, 1999)
  - 27,9% (S. Kauffmann, 2001)
  - 29,8% (J.E. McGowan, A.D.-V. Moro, 2001)
  - 8,7% (Белова И.Б., Китаев В.М., 2001 )
  - 17,8% (Борисенко А.П., Украинцев Ю.Г, 2004)
- Количество брака цифровой рентгенографии и флюорографии:
  - 0 % (Белова И.Б., Китаев В.М., 2001 )
  - 0,3% (Борисенко А.П., Украинцев Ю.Г, 2004)



## Сравнительная лучевая нагрузка при аналоговых и цифровых лучевых методах обследования

Метод обследования	Эффективная доза Е, мЗв
Рентгенография пленочная	0,2-0,5
Рентгенография цифровая	0,05-0,2
Пленочная ФЛГ	0,7-1,5
Цифровая ФЛГ	0,05-0,2
Линейная томография пленочная (1 срез)	4,5-6,0
Линейная томография цифровая (1 срез)	0,4-0,6

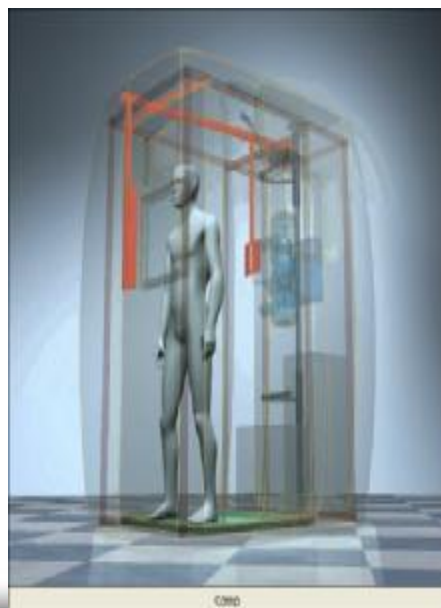


# Цифровая рентгенология (Digital radiology)

ПЗС-оптика



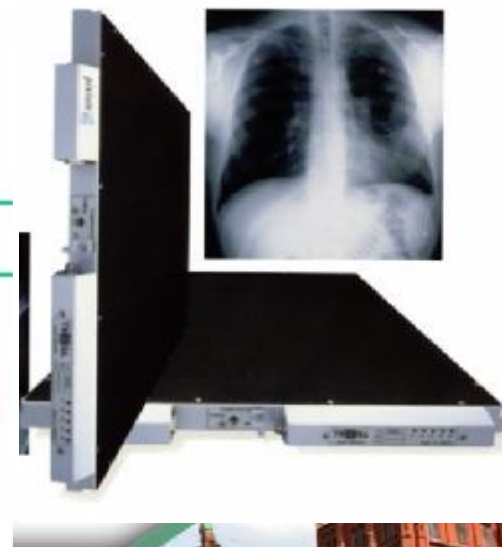
Сканирование  
линейным  
детектором



CR-технологии



Плоские (Flat)  
панели



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# Характеристики качества рентгеновского изображения в практической рентгенологии

- *размер рабочего поля изображения;*
- *пространственное разрешение;*
- *контрастная чувствительность изображения;*
- *динамический диапазон.*





# Пространственное разрешение.

Пространственное разрешение - это величина пиксела изображения в пространственных единицах. Эта величина характеризует размер наименьших объектов, различимых на изображении. Пространственное разрешение на практике определяется количеством пар линий, которое можно различить в 1 мм (единица измерения – количество пар линий/мм). Для рентгеновской плёнки пространственное разрешение наибольшее - 20 пар линий/мм. Для систем экран-плёнка - 10 пар линий/мм (появляется шум). Для устройств с усилителем рентгеновского изображения (ЭОП, РЭОП) — 1-2 пары линий/мм. В цифровом изображении пространственное разрешение в зависимости от свойств детекторов и размеров пикселя колеблется от 0,7 до 5 - 6 пар линий/мм.



# Контрастная чувствительность

- **Контрастная чувствительность** характеризует способность цифровой или экранно-пленочной системы отражать минимальную разницу в оптической плотности двух соседних областей интереса на дисплее или рентгенограмме.
- Рентгенографический контраст складывается из контраста объекта и контраста пленки и не подлежит изменению на готовом пленочном снимке. Контраст цифрового изображения складывается из контраста объекта и уровня серого или ширины окна, которые можно изменять при анализе цифрового изображения на экране дисплея. Возможность изменения контраста цифрового изображения является преимуществом системы для цифровой рентгенографии.



# Динамический диапазон

- **Динамический диапазон** есть отношение интенсивностей рентгеновского излучения, при которых устройство обеспечивает различие некоторого порогового (обычно 5%) контраста одновременно в верхнем и нижнем интервалах рабочих мощностей доз. Динамический диапазон рентгенографических комплексов экран-пленка равен 30-40 при строго фиксированной экспозиции, соответствующей середине характеристической кривой пленки. Поэтому пленка не может передать максимальный контраст входного изображения, что приводит к потере градаций в мягких или плотных тканях. Если эти градации существенны для диагноза, то необходимо делать дополнительные снимки.
- Динамический диапазон цифровых систем колеблется от 100 до 500, что позволяет изучать как малоконтрастные, так и высококонтрастные объекты на одном снимке.

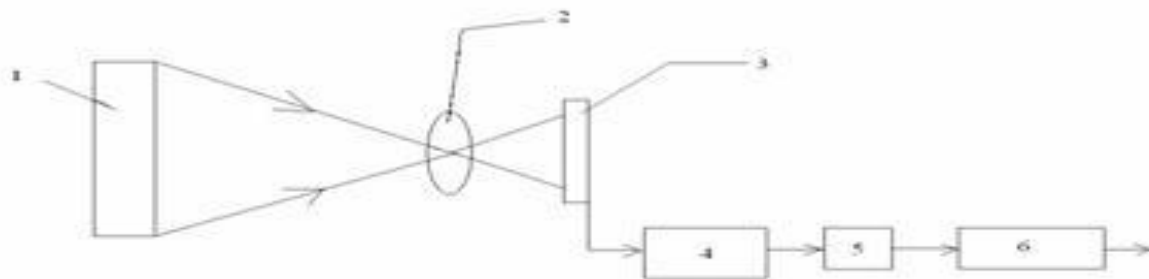


# ПЗС – матрица (системы "Экран-Оптика-ПЗС").

- ПЗС-матрица состоит из поликремния, отделённого от кремниевой подложки, у которой при подаче напряжения через поликремневые затворы изменяются электрические потенциалы вблизи электродов.
- До экспонирования обычно подачей определённой комбинации напряжений на электроды происходит сброс всех ранее образовавшихся зарядов и приведение всех элементов в идентичное состояние.
- Далее комбинация напряжений на электродах создаёт потенциальную яму, в которой могут накапливаться электроны, образовавшиеся в данном пикселе матрицы в результате воздействия света при экспонировании. Чем интенсивнее световой поток во время экспозиции, тем больше накапливается электронов в потенциальной яме, соответственно тем выше итоговый заряд данного пикселя.



# Схема работы ПЗС систем



**1 – экран; 2 – объектив; 3 – ПЗС; 4 – выходное устройство ПЗС; 5 – АЦП; 6 – цифровой интерфейс**

Рентгеновское излучение при прохождении через экран преобразуется в видимое. Экран установлен на входе приемника. С помощью светосильного оптического узла это изображение передается на ПЗС матрицу. Накопленные во время экспозиции в пикселях матрицы заряды считываются через выходное устройство ПЗС. Далее аналоговый видеосигнал обрабатывается и подается на АЦП. С АЦП цифровой поток поступает на рабочую станцию врача, где осуществляется анализ полученного изображения.



## Достоинства ПЗС технологий

- Низкая стоимость приемника.
- Нечувствительны к температурному режиму, механическим воздействиям и полностью ремонтпригодны.
- Возможность получения скопического изображения

## Недостатки

- Невысокое разрешение приемников (заявленная разрешающая способность - до 4,7 пл/мм, реальная 2-3 пл/мм)
- низкая по сравнению с другими приемниками квантовая эффективность из-за потерь при преобразовании рентгеновского излучения в световое (экран) и потерь на оптическом узле.
- Неодинаковое качество снимка по полю (разная величина фокусного пятна и рассеянное излучение)





# Цифровые камеры на базе сканирующей линейки кремниевых детекторов



В данной камере в качестве приемника используется линейка одноэлементных детекторов (ПЗС матриц), покрытых экраном. Длина линейки должна быть равна ширине кассеты. Линейка механически перемещается (сканирует) по кадру изображения. Синхронно с линейкой с другой стороны объекта исследования с очень высокой точностью механически перемещается (сканирует) коллимированный рентгеновский луч.

Линейка кремниевых детекторов покрыта экраном для преобразования рентгеновского излучения в световое. Сигнал, полученный в каждом элементе детектора, считывается, оцифровывается и передается в цифровую память компьютера. Полное изображение складывается из суммированного изображения всех строк при сканировании.



# Достоинства сканирующих систем

- доза соответствует минимальному, теоретически возможному пределу
- Достаточно низкая стоимость приемников.
- Практически нет фона от рассеянного излучения
- Отсутствие искажений по вертикали
- Снимок может быть любой длины

## Недостатки

- Очень сложная механическая конструкция.
- Только графическое изображение
- Большое время съемки (~ 2.5-10 с).



# Системы компьютерной радиологии CR-технологии

- Работа системы компьютерной радиологии основана на фиксации пространственного рентгеновского изображения на специальном экране, покрытом запоминающим люминофором, и последующем считывании и обработке этого изображения сканирующей системой. Процесс считывания изображения осуществляется лазером, световой пучок которого сканирует поверхность экрана в растровой последовательности. Скрытое изображение на таком экране способно сохраняться длительное время (до 6 часов). В течение этого периода изображение может быть считано с экрана сканирующей системой. После считывания оставшееся на экране скрытое изображение стирается интенсивной засветкой видимым светом, после чего экран можно многократно использовать вновь.



## Достоинства

- Оцифровка всех рентгеновских снимков, выполненных на аппаратах любых типов
- Высокая пропускная способность ( дигитайзер обрабатывает от 60 снимков за час)
- Полная совместимость с любыми PACS системами
- Относительно высокое пространственное разрешение (5-10 пл/мм), контрастная чувствительность (менее 1,5%) и динамический диапазон (150-400)
- Относительно низкая стоимость

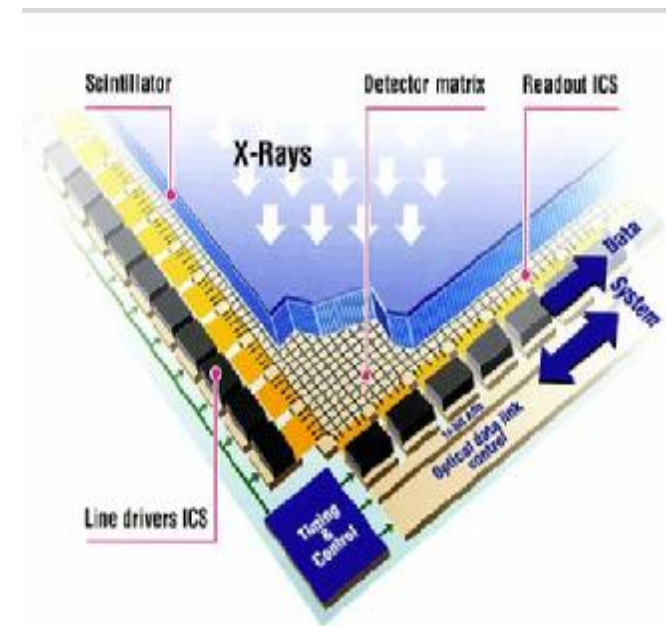
## Недостатки

- Только графическое изображение
- Необходима периодическая замена кассет из-за износа



# Плоские (Flat) панели

**Цифровая полупроводниковая рентгенография** признается наиболее перспективным направлением. Прямая регистрация рентгеновского излучения с помощью полупроводникового детектора, работающего в непосредственной связи с компьютером, позволяет значительно улучшить качество цифрового изображения.



## Достоинства

- Высокое качество изображения (высокое пространственное разрешение (6-15 пл/мм), контрастная чувствительность (менее 1%) и динамический диапазон (150-400))
- Возможность получения скопического изображения (динамические плоские панели)
- Компактность

## Недостатки

- Высокая стоимость
- В случае повреждения панель меняется целиком

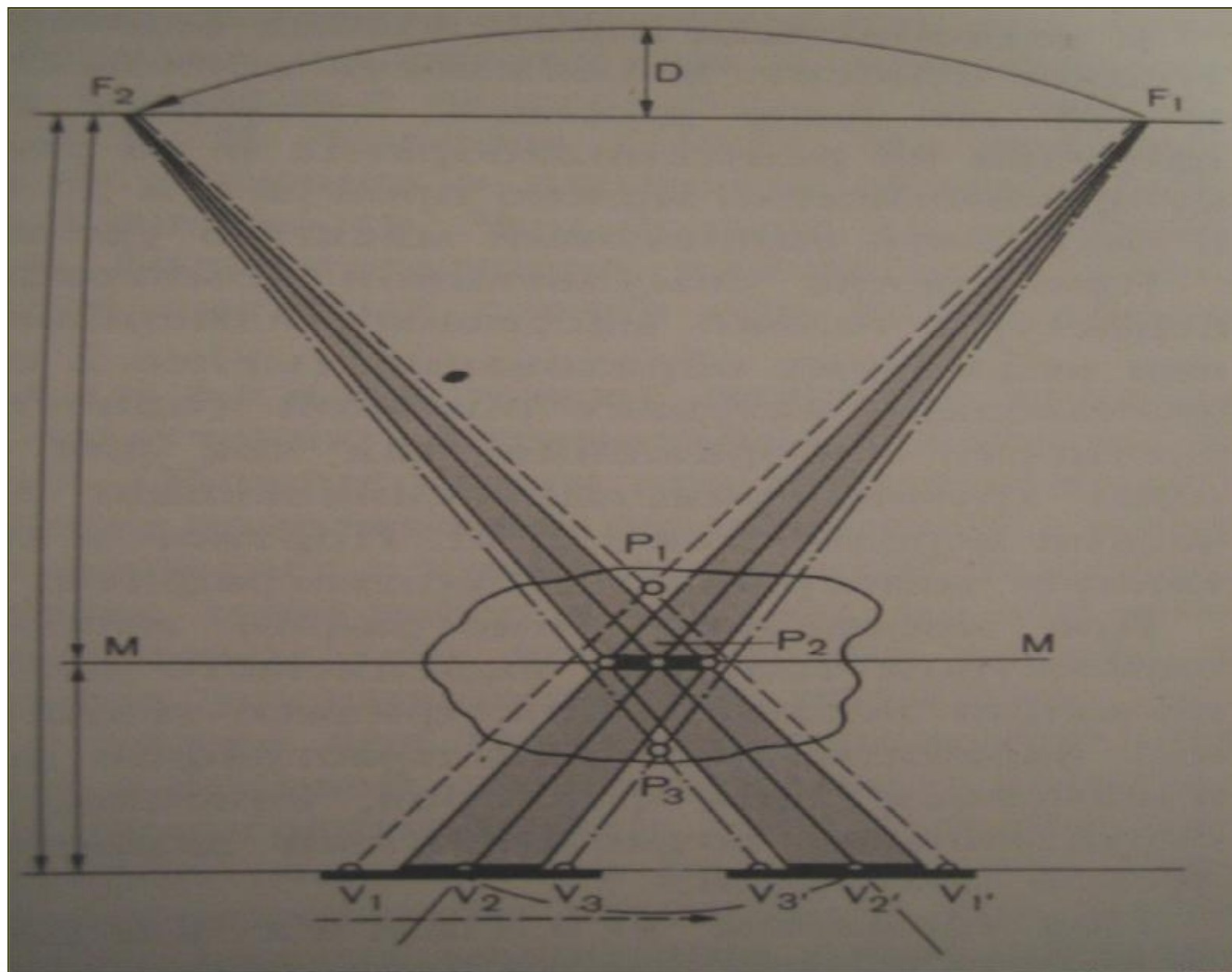




# Классическая (линейная ) томография

Метод рентгенологического исследования, с помощью которого можно производить снимок слоя, лежащего на определённой глубине исследуемого объекта. Он был предложен через несколько лет после открытия рентгеновских лучей и был основан на перемещении двух из трёх компонентов (рентгеновская трубка, рентгеновская плёнка, объект исследования). Наибольшее распространение получил метод съёмки, при котором исследуемый объект оставался неподвижным, а рентгеновская трубка и кассета с плёнкой согласованно перемещались в противоположных направлениях.





ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



## Преимущества линейной томографии

- Исключается эффект суперпозиции и субтракции
- Относительная доступность метода
- Не требуется специальной подготовки пациента.
- Относительно низкая стоимость исследования.

## Недостатки линейной томографии

- Относительно малая информативность
- Высокая лучевая нагрузка.
- Длительность проведения исследования и необходимость специального обучения лаборантов





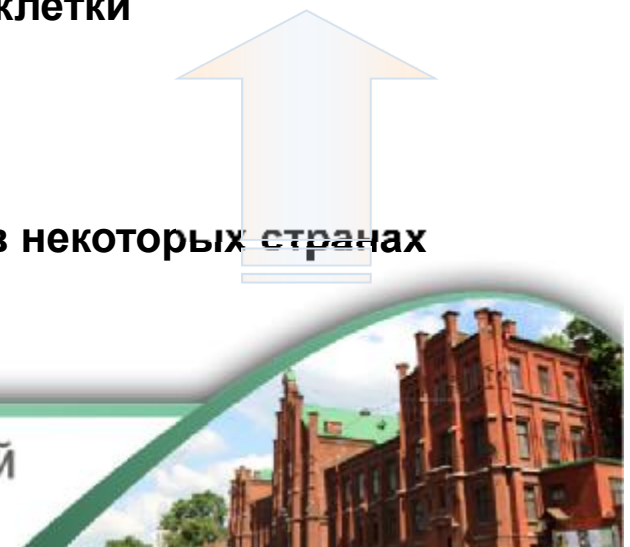
# Компьютерная томография

- Ø *Методика послойного рентгенологического исследования, основанный на компьютерной реконструкции изображения, получаемого при круговом (спиральном) сканировании объекта узким пучком рентгеновского излучения.*
- Ø В настоящее время **наиболее информативная методика** углубленного обследования органов грудной клетки

Удельный вес КТ-исследований быстро растёт:

- от 2% всех рентгенологических исследований в некоторых странах 10 лет назад
- до 10-15% в настоящее время (ICRP, 2009)

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России





Первые математические алгоритмы для КТ были разработаны в 1917 г. австрийским математиком И. Радоном. Физической основой метода является экспоненциальный закон ослабления излучения, который справедлив для чисто поглощающих сред. В рентгеновском диапазоне излучения экспоненциальный закон выполняется с высокой степенью точности, поэтому разработанные математические алгоритмы были впервые применены именно для рентгеновской компьютерной томографии.

В 1963 г. американский физик А. Кормак повторно (но отличным от Радона способом) решил задачу томографического восстановления, а в 1969 году английский инженер-физик Г. Хаунсфилд из фирмы EMI Ltd. сконструировал «ЭМИ-сканер» (EMI-scanner) — первый компьютерный рентгеновский томограф, чьи клинические испытания прошли в 1972 году.



# Отличие КТ от традиционных лучевых методик исследования

- КТ изображение непосредственно не связано с принятым излучением, являясь результатом измерений показателей ослабления излучения выбранного слоя;
- Картина "среза" органа не имеет теней, содержащихся в других слоях;
- Результаты представляются в виде распределения коэффициентов ослабления излучения;
- Метод позволяет различать ткани незначительно отличающиеся между собой по поглощающей способности.
- Возможность не только визуально изучать исследуемый объект, но и проводить прямой денситометрический анализ с измерениями коэффициентов ослабления.





# Этапы развития компьютерной томографии

- **1963 год** -американский физик А. Кормак разрабатывает математические алгоритмы для рентгеновской компьютерной томографии.
- **1969 год** - английский инженер-физик Г. Хаунсфилд из фирмы EMI Ltd. сконструировал «ЭМИ-сканер» (EMI-scanner) — первый компьютерный рентгеновский томограф, чьи клинические испытания прошли в 1972 году.
- **1973 г.** –клиническое применение компьютерных томографов- КТ аппараты первого поколения были пошаговыми.
- **1979 год** - Кормак и Хаунсфилд «за разработку компьютерной томографии» были удостоены Нобелевской премии по физиологии и медицине.

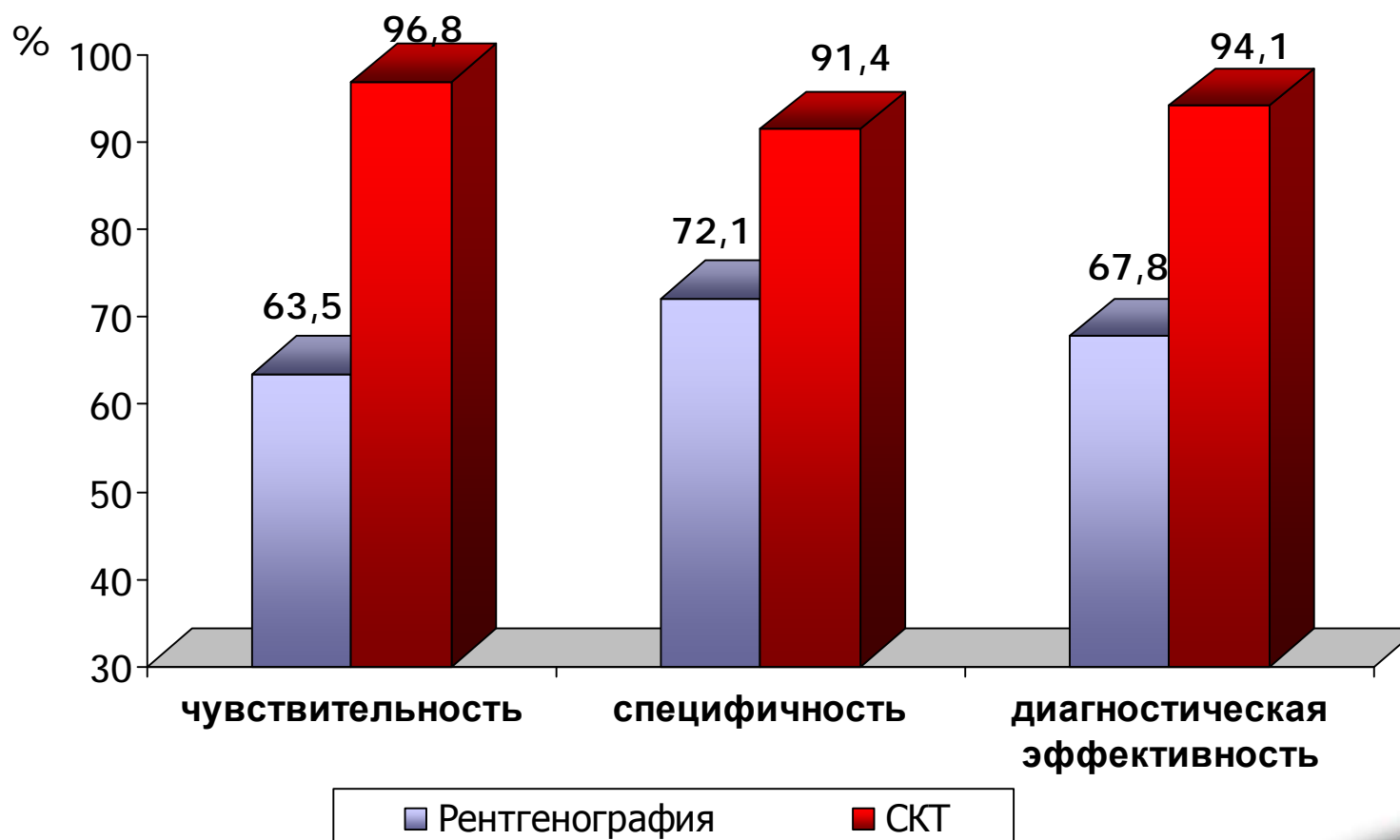


# Этапы развития компьютерной томографии ( продолжение)

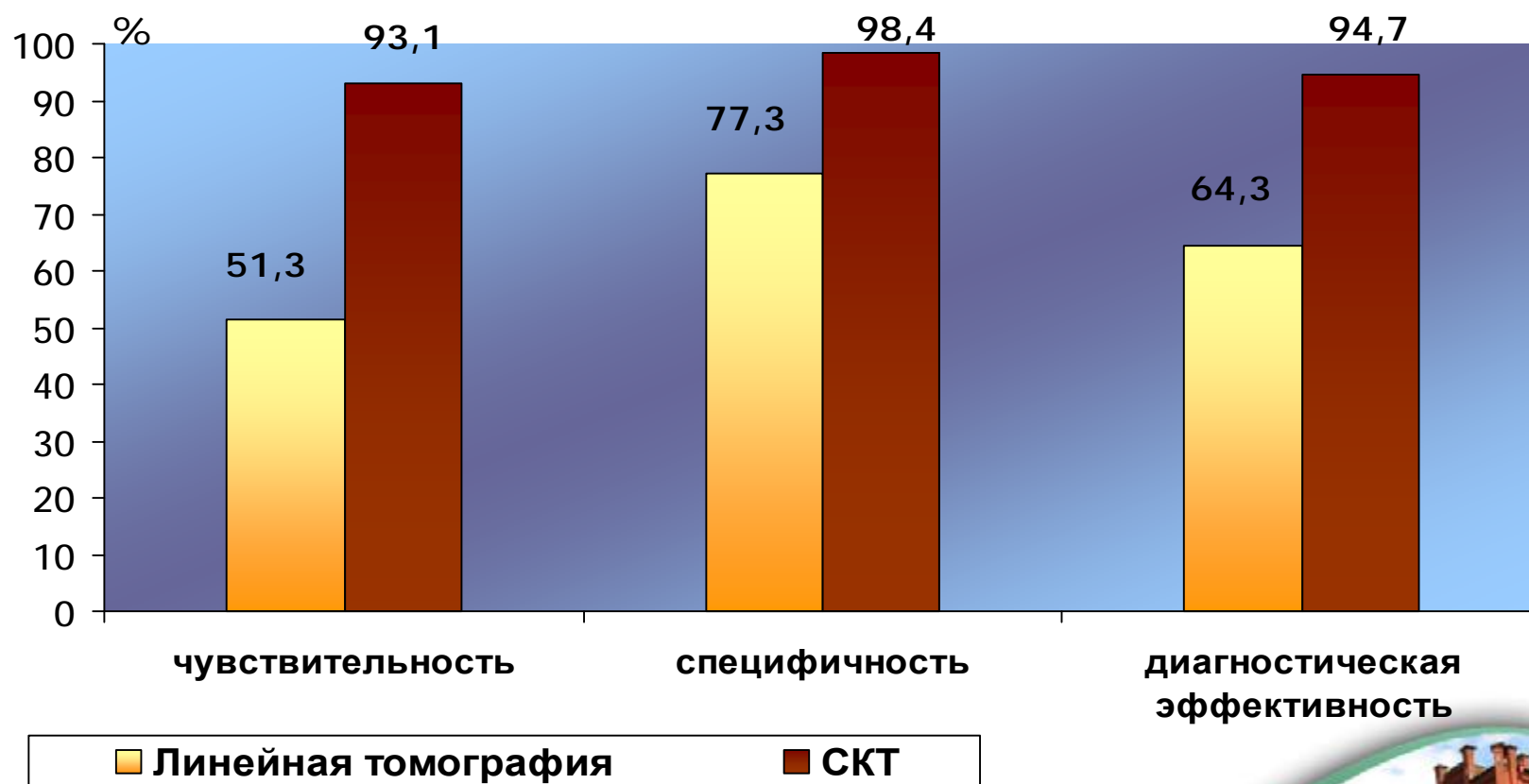
- 1988 год –компания Siemens Medical Solutions представила первый спиральный компьютерный томограф.
- 1992 год -электронно-лучевая томография (ЭЛТ)
- 1992 г. –многослойная («мультиспиральная», «мультисрезовая») компьютерная томография — МСКТ. Первые томографы были двухсрезовыми.
- 1998 год -четырёхсрезовые (четырёхспиральные) МСКТ
- 2002-2005 год - представлены 32-, 64- и 128-срезовые МСКТ томографы, в том числе — с двумя рентгеновскими трубками.
- 2007 год - компанией Toshiba представлен 320-срезовый компьютерный томограф. Несколько 320-ти срезовых сканеров уже установлены и функционируют в России.



## Информативность лучевых методов в визуализации очаговых изменений в легких

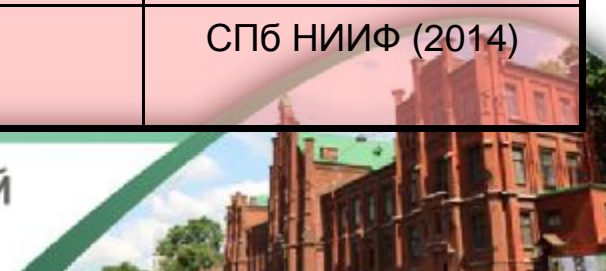


# Информативность лучевых методов в визуализации внутригрудных лимфоузлов



# Лучевая нагрузка при КТ органов грудной клетки

Томограф	Тип	Эффективная доза (мЗв) при обследовании органов грудной клетки	Источник
Tomoscan CX/Q (GE)	Последовательный	13,8	Хоружик С.А. и соавт. (2007)
Somatom AR-C (Siemens)	Последовательный	10,2	Хоружик С.А. и соавт. (2007)
Emotion (Siemens)	СКТ	5,0	Хофер М. (2006)
Somatom Volume Zoom (Siemens)	МСКТ-4	3,9	Хоружик С.А. и соавт. (2007)
Emotion 16 (Siemens)	МСКТ- 16	3,6	Хофер М. (2006)
SOMATOM Definition Flash	128	≈ 2	Данные производителя
Aquilion 32 (Toshiba)	МСКТ- 32	4,27±1,72	СПб НИИФ (2010)
Aquilion Prime 160 (Toshiba)	160	≈ 1,5	СПб НИИФ (2014)



## Годовые дозы природного облучения

Доза излучения от природных источников (год.)	Эффективная доза (мЗв)
Средняя годовая индивидуальная эффективная доза природного облучения в РФ (Роспотребнадзор, 2009)	3.39 – 3.48
Средняя годовая индивидуальная эффективная доза природного облучения в Европе (Хофер М., 2006)	2,4
Средняя годовая индивидуальная эффективная доза природного облучения во Франции (НКАД ООН, 2000)	5
Средняя годовая индивидуальная эффективная доза природного облучения в Финляндии (НКАД ООН, 2000)	7,6
Средняя годовая индивидуальная эффективная доза природного облучения в на пляжах Копаканы в Бразилии (НКАД ООН, 2000)	30-100





# Лучевая нагрузка при различных рентгенологических исследованиях

Метод обследования	Эффективная доза Е, мЗв
Рентгенография пленочная	0,2-0,5
Компьютерная томография	2,8 -5,8
Линейная томография цифровая (1 срез)	0,4-0,6
Линейная томография аналоговая (1 срез)	4,5-6,0
Рентгеноскопия	2,0-3,5



# Дополнительные методики уточняющей лучевой диагностики во фтизиопульмонологии

- Магнитно-резонансная томография
- Ультразвуковая диагностика
- Радионуклидная диагностика
  - ∅ Планарная гаммасцинтиграфия
  - ∅ Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ)
  - ∅ Позитронно-эмиссионная томография
- Интервенционная радиология
  - ∅ Чрезбронхиальная биопсия
  - ∅ Трансторакальная биопсия
- Совмещенные технологии
  - ∅ ОФЭКТ/КТ системы
  - ∅ ПЭТ/КТ системы
  - ∅ ПЭТ/МРТ системы
  - ∅ Эндобронхиальная ультрасонография (EBUS)



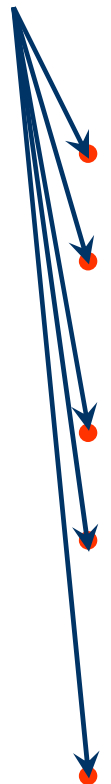
# Магнитно-резонансная томография



Магнитно-резонансная томография (МРТ) - принципиально отличающийся от рентгеновского исследования или компьютерной томографии метод диагностики. МРТ позволяет, избегая рентгеновского облучения, использовать магнитное поле для того, чтобы представить в снимках все тело. МРТ сканнер получает изображения, созданные на основе магнитных полей, генерируемых человеческим телом.

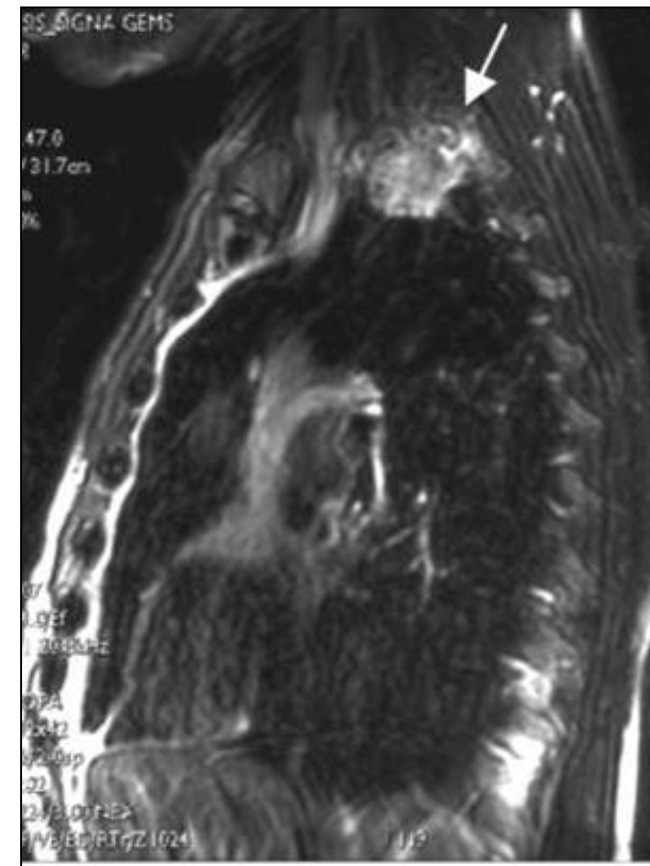
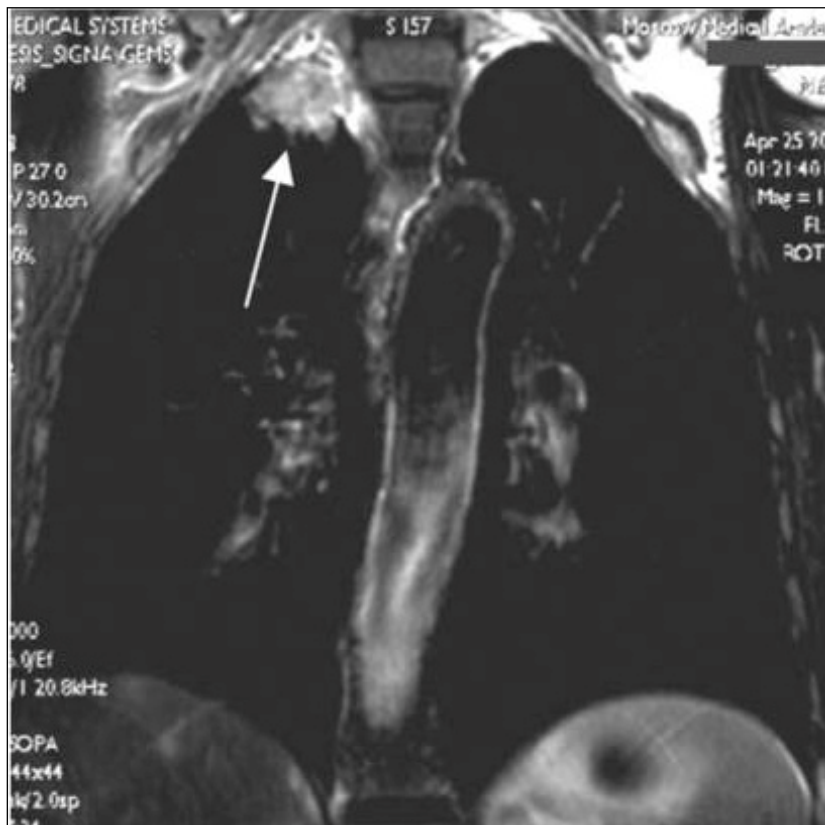


# Показания к МРТ органов грудной клетки

- 
- Подозрение на опухоли средостения
  - Подозрение на сосудистый генез патологических изменений в легких
  - Опухоли и тромбы в полостях сердца
  - Уточнение размеров и функции сердца при стенокардии, кардиомиопатиях и пороках (при неопределенных результатах эхокардиографии)
  - Уточнения данных других методов исследования (биопсии, УЗИ, КТ).

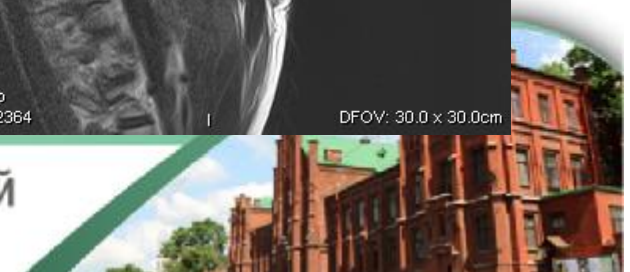
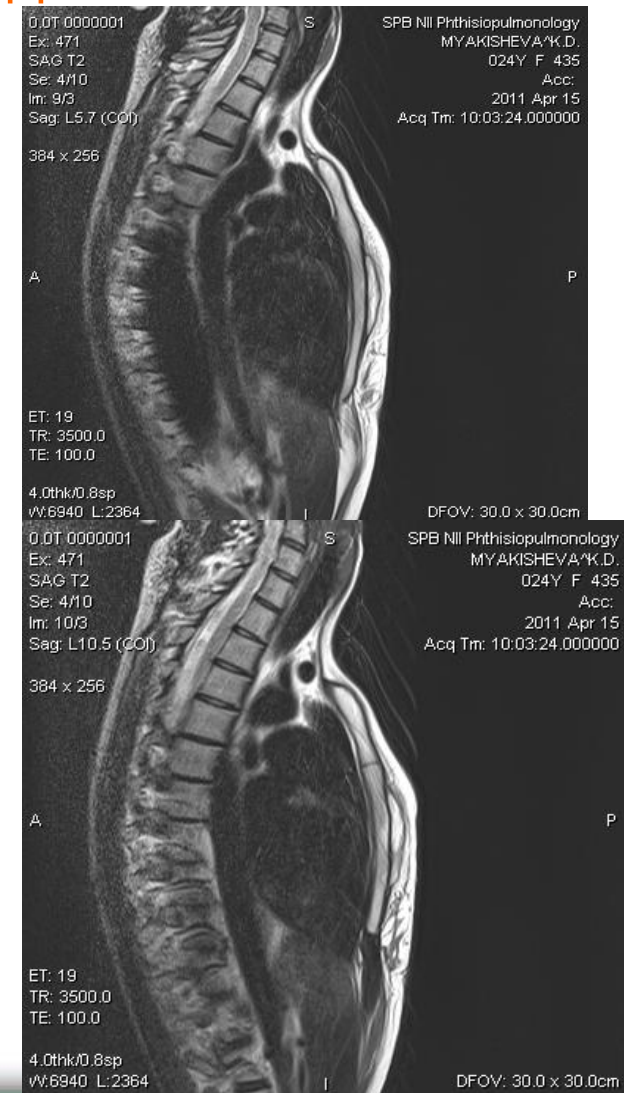
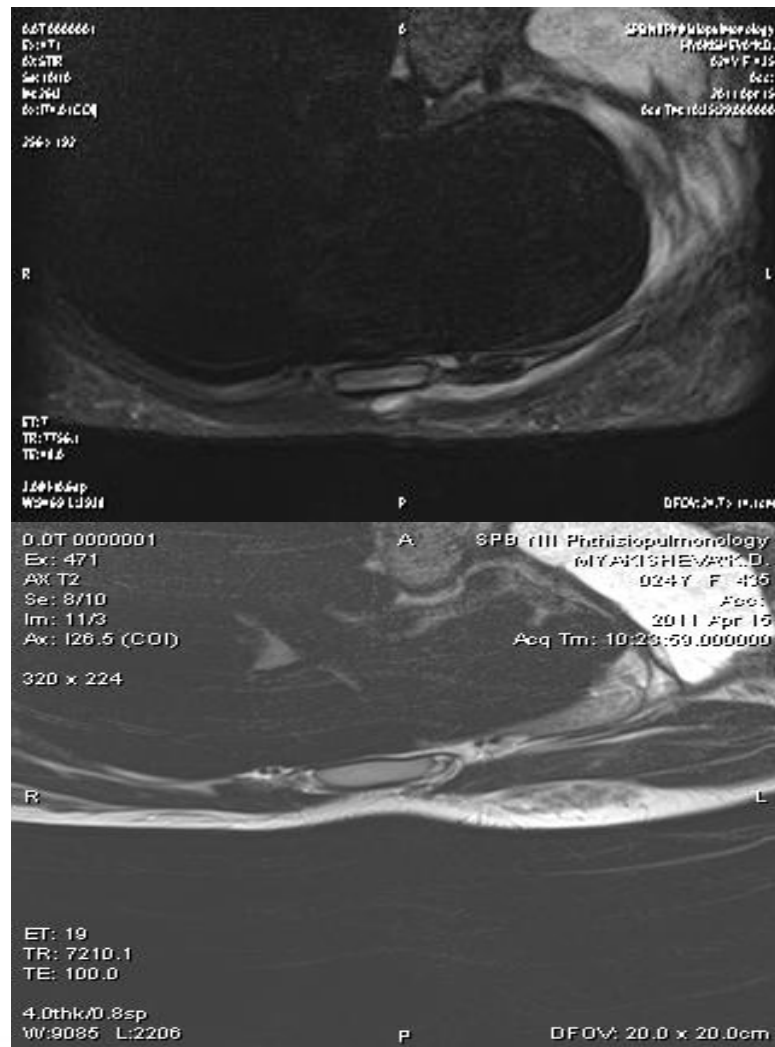


# **МРТ органов грудной клетки. Опухолевый узел прорастает тело верхнегрудного позвонка**





# МРТ грудной полости у пациентки с абсцессом мягких тканей в области грудины.



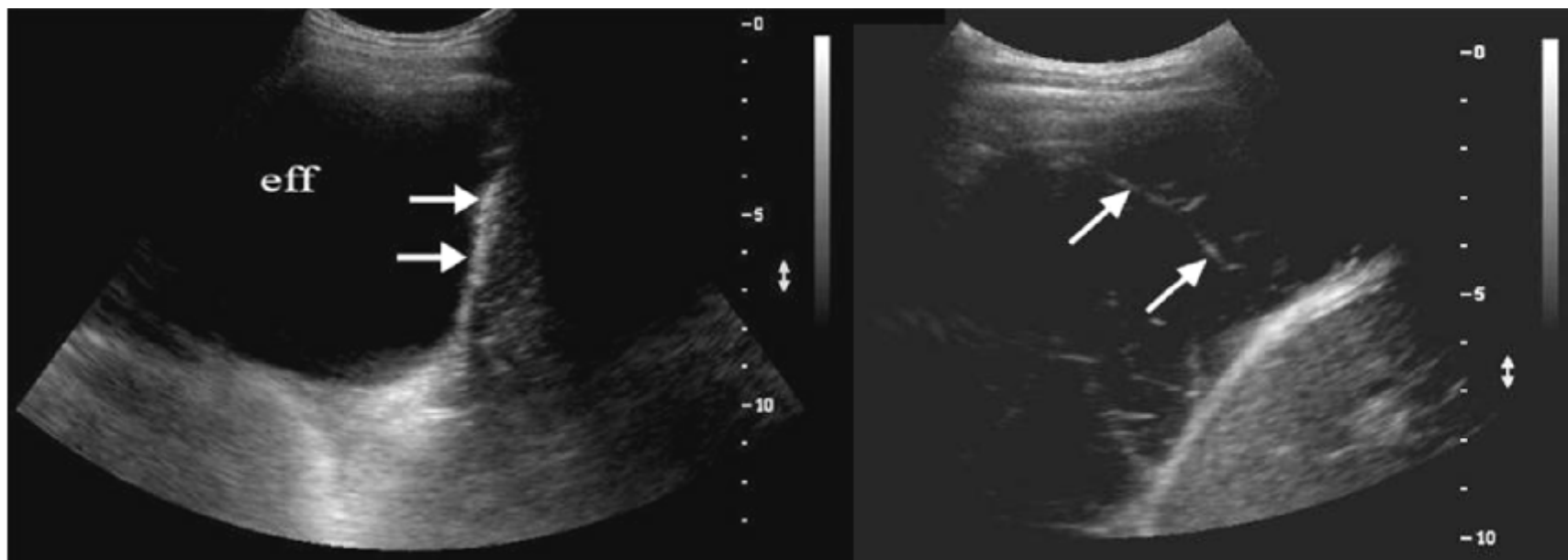


# Ультразвуковое исследование

- ✓ **Исследование грудной стенки**
- ✓ **Оценка плевры и содержимого плевральной полости**
- ✓ **Исследования средостения**
  - Ø *Лимфатические узлы*
  - Ø *Вилочковая железа*
  - Ø *Сердце и перикард*



## Свободная жидкость в плевральной полости



**Информативность УЗИ в определении жидкости в  
плевральной полости- 100%**

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# Кальцинат артериальной связки

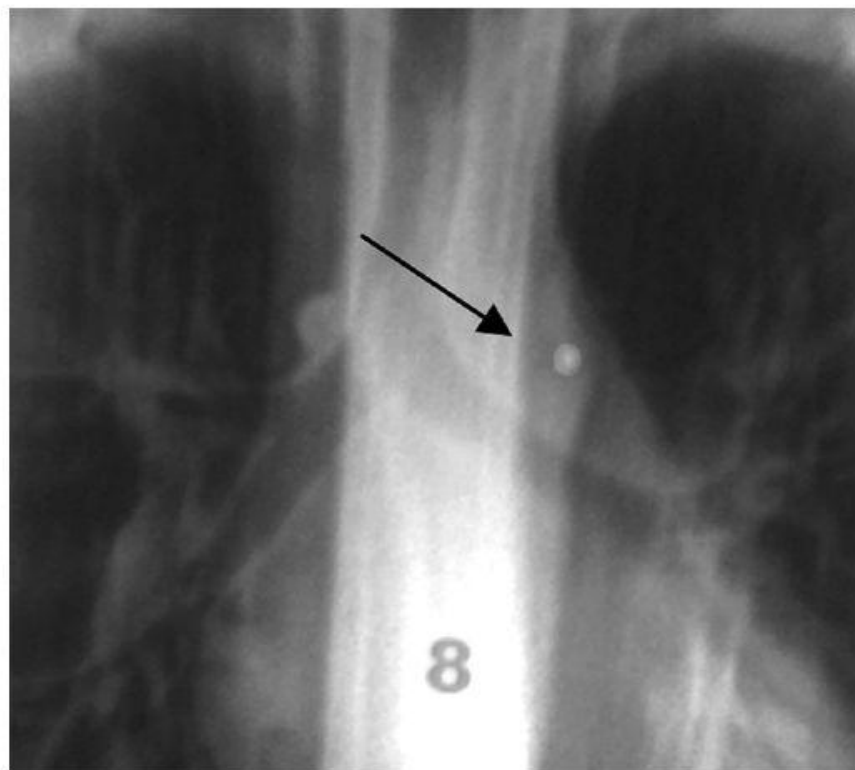


Рис. 1. Парааортальное уплотнение (кальцинат?) у ребенка с измененной чувствительностью к туберкулину

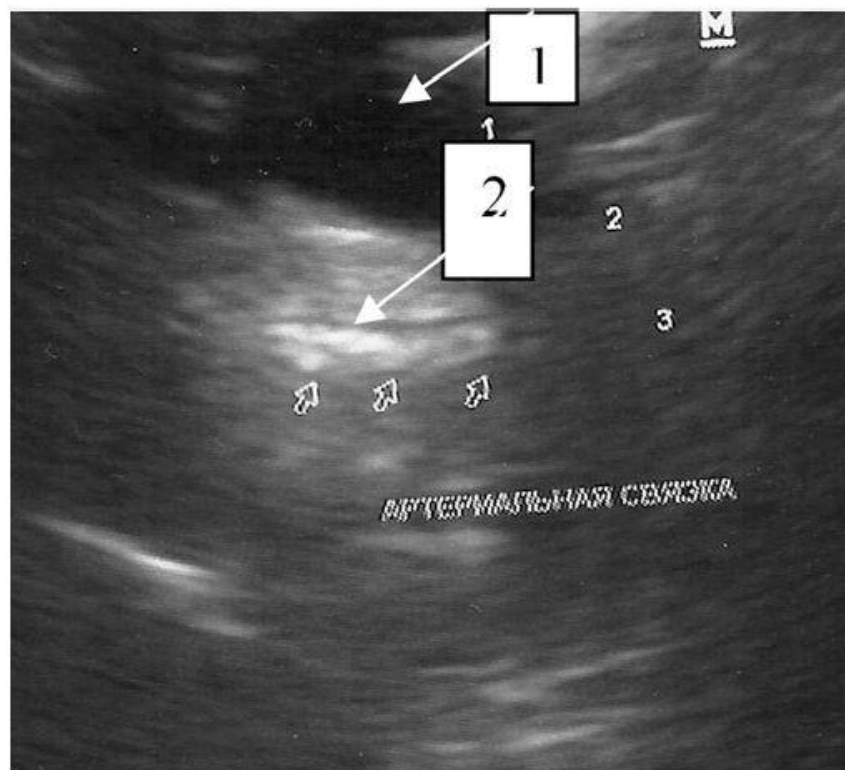


Рис. 2. Визуализация артериальной связки в 1–3 года. 1 – дуга аорты. 2 – артериальная связка



# Кальцинат артериальной связки

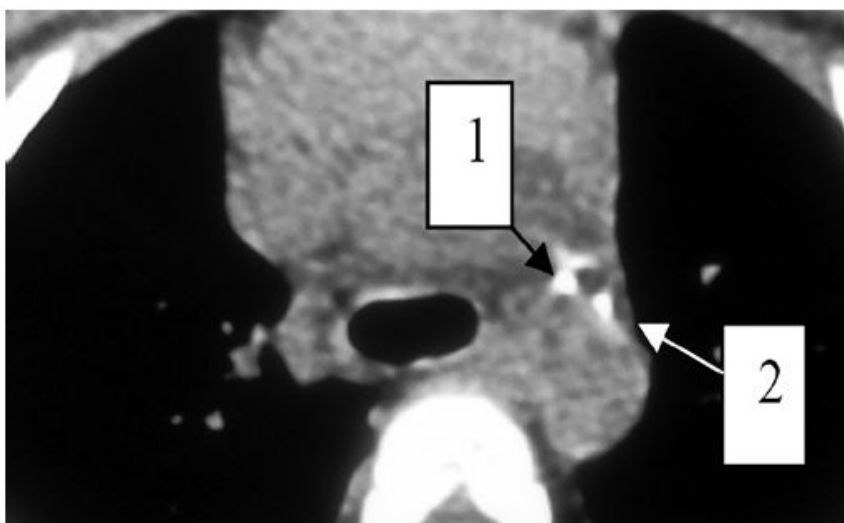


Рис. 4. 1 — артериальная связка, 2 — кальцинат лимфатического узла.

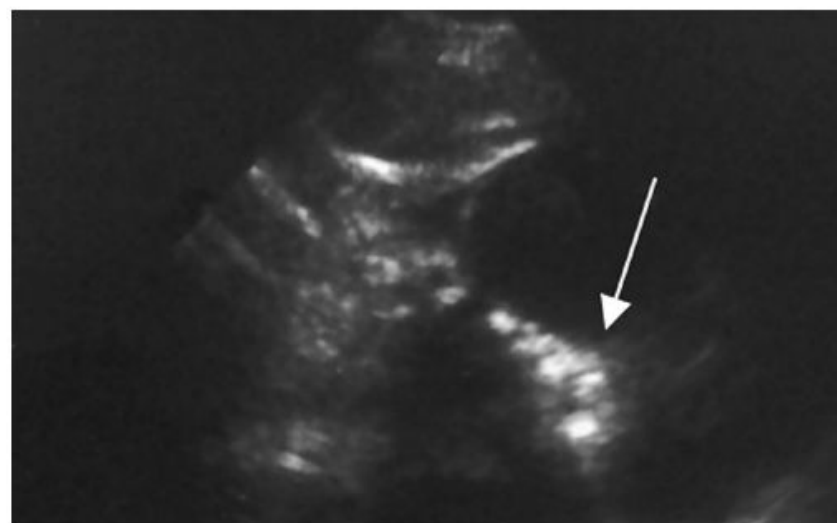


Рис. 5. Кальцинаты лимфатических узлов аортального окна



# Радионуклидная диагностика

Радионуклидная диагностика не только отображает анатомо-топографическую структуру исследуемых объектов, но и представляет собой метод «**функциональной**» визуализации и позволяет количественно оценивать функциональную активность исследуемого объекта.

- ∅ Планарная гаммасцинтиграфия
- ∅ Однофотонная эмиссионная компьютерная томография (ОФЭКТ)
- ∅ Позитронно-эмиссионная томография





## Планарная гаммасцинтиграфия

метод функциональной визуализации, заключающийся во введении в организм радиоактивных изотопов и получении изображения путём определения испускаемого ими излучения.

## ОФЭКТ

В основе ОФЭКТ лежит применение принципиально той же гамма-камеры. Отличие заключается в том, что головка (или головки) гамма-камеры совершает вращательное движение на 360 градусов вокруг поперечной оси пациента с шагом 5-10 градусов (рис.4). На каждом шаге записывается одна планарная сцинтиграмма, всего 64 за исследование

- *Оценка функционирования легких в количественном эквиваленте перед легочной операцией.*
- *Получение информации о поступлении крови к легочным артериям для выявления легочной эмболии*





# Перфузионная сцинтиграфия легких

Радиологическое исследование, включающее визуальную и функциональную оценку капиллярного кровообращения в легких с помощью гамма-излучающих меченых частиц. Принцип методики основан на “застревании” радиоактивных частиц в прекапиллярных артериолах или капиллярах легких с временной эмболизацией капиллярного русла. Распределение частиц пропорционально регионарному легочному кровотоку. Проводиться с Макроагрегатами альбумина (МАО), меченные  $^{99m}\text{Tc}$  — РФП

# Вентиляционная сцинтиграфия легких

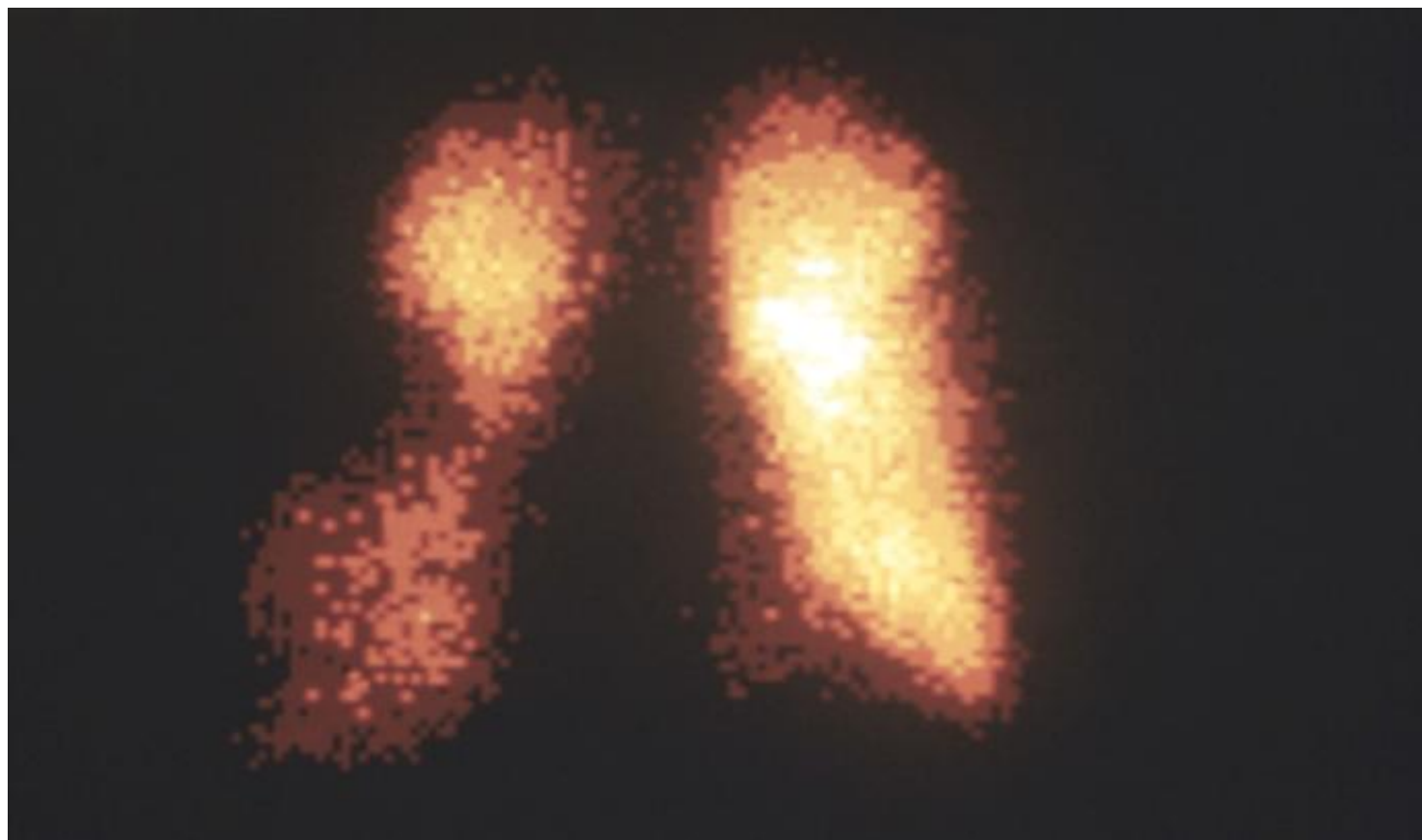
Методика радиологического исследования, включающая оценку легочной вентиляции с помощью радиоизотопного сканирования. При проведении вентиляционной сцинтиграфии легких пациент вдыхает воздушно-газовую смесь или аэрозоль, содержащие радиоактивные изотопы ( $^{81}\text{Kr}$ ,  $^{133}\text{Xe}$  или  $^{99m}\text{Tc}$ ) с последующим выполнением серии сцинтиграмм. По полученным снимкам оценивается характер и степень региональных вентиляционных нарушений. Вентиляционная сцинтиграфия легких используется в диагностике тромбоэмболии ветвей легочной артерии наряду с перфузионной сцинтиграфией и повышает специфичность последней.

# Сцинтиграфия легких с цитратом галлия $^{67}\text{Ga}$

Активно накапливается в первичных и метастатических злокачественных новообразованиях, а также в очагах неспецифического воспалительного процесса, что позволяет использовать его в диагностических целях



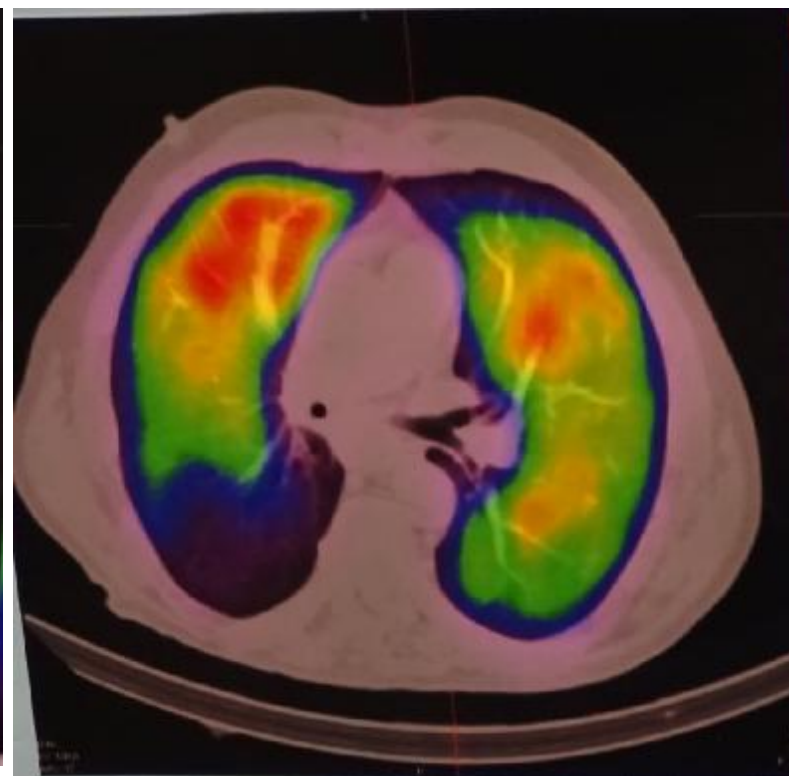
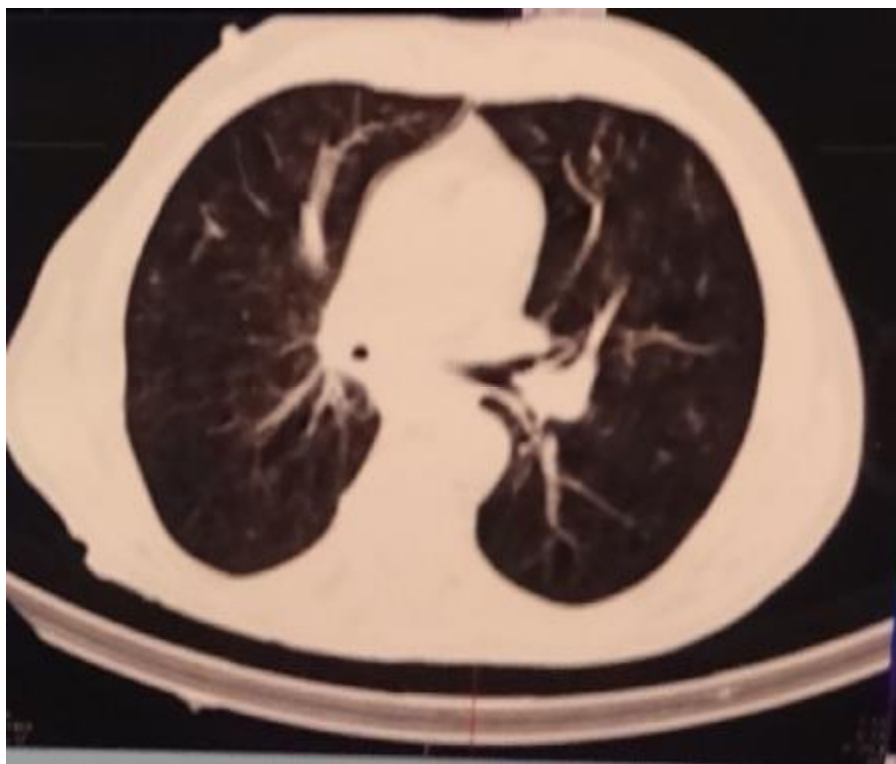
# Сцинтиграмма легких с $^{99}\text{Tc}$ -микросферами альбумина при тромбоэмболии мелких ветвей легочных артерий



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



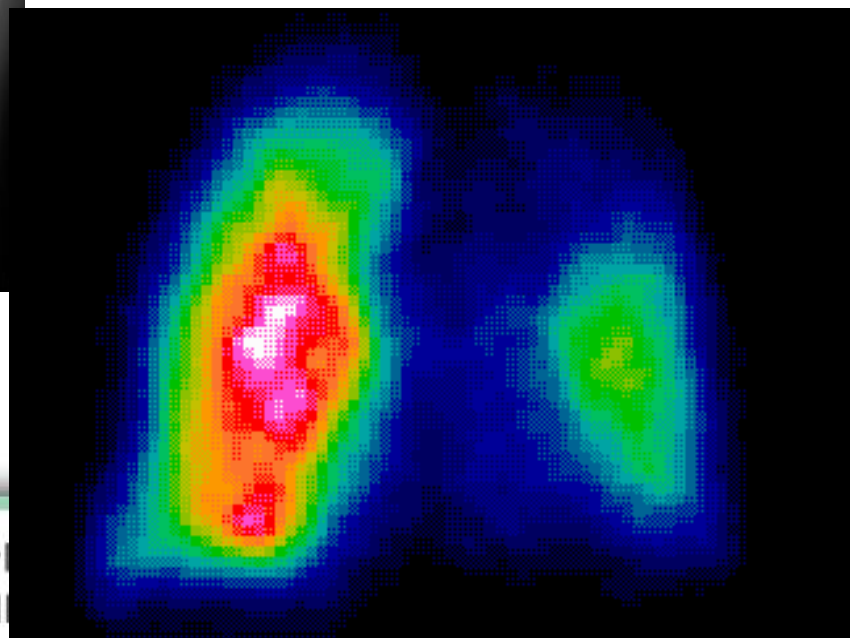
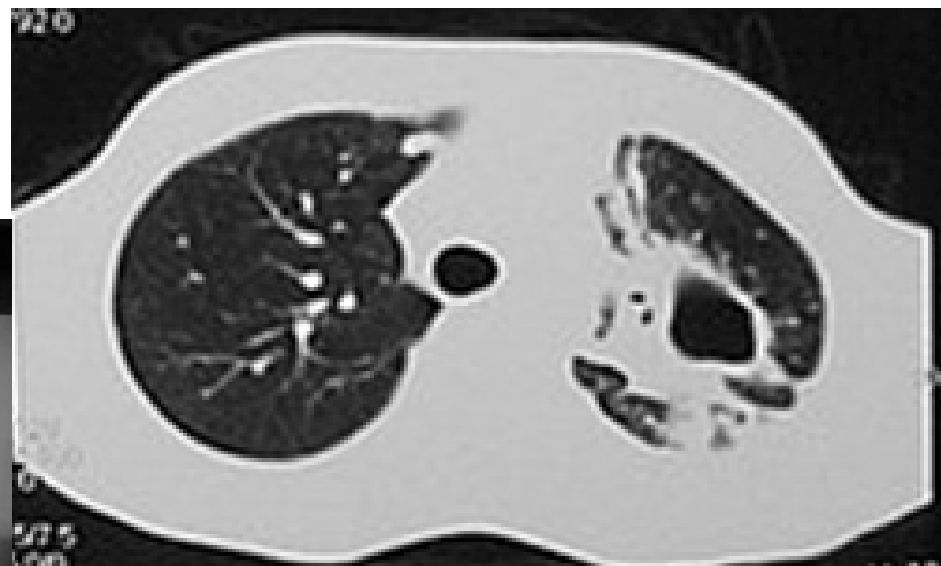
## КТ и ОФЭКТ-КТ при тромбоэмболии ветвей легочных артерий



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России

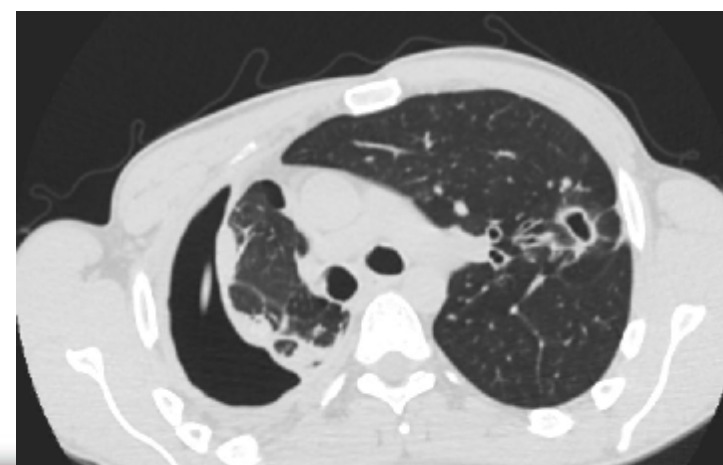
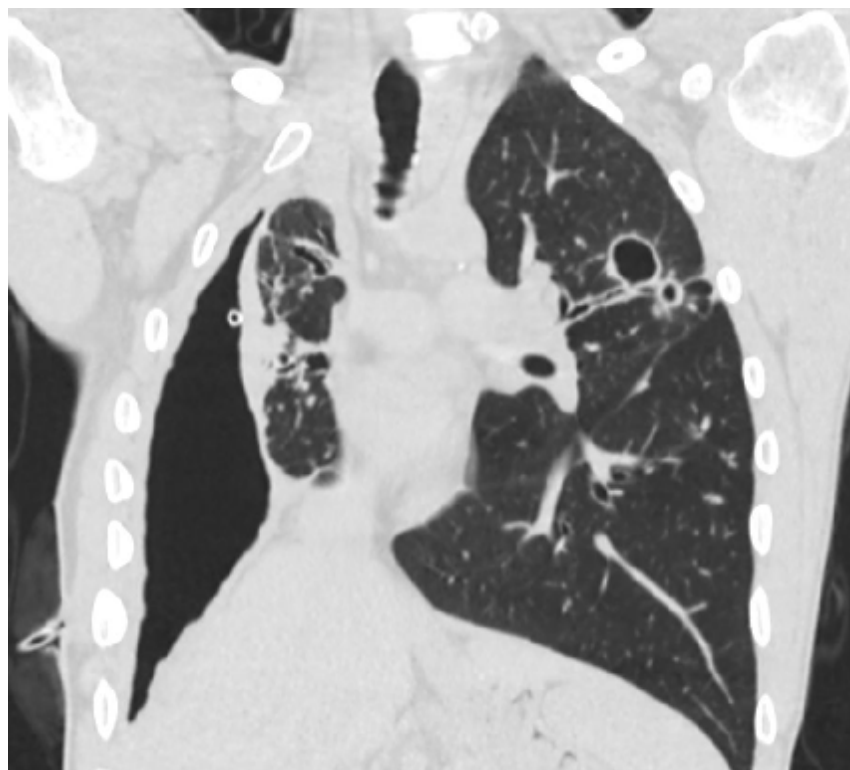


# Сцинтиграмма легких с $^{99}\text{Tc}$ -микросферами





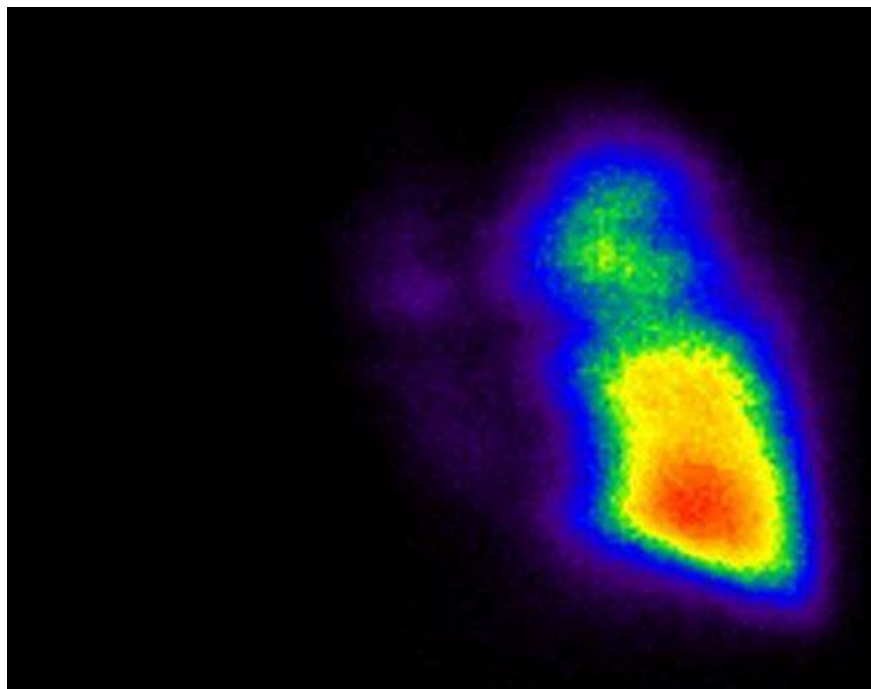
# Эмпиема правой плевральной полости



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# Полное отсутствие кровотока в правом легком

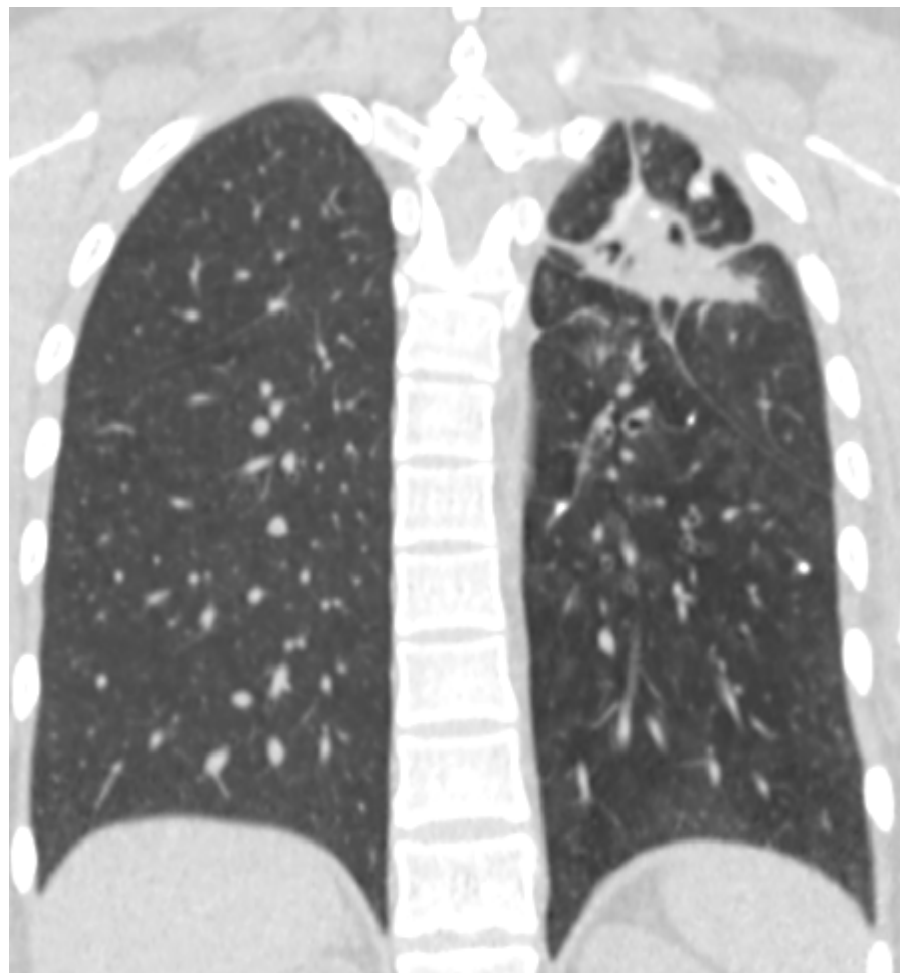
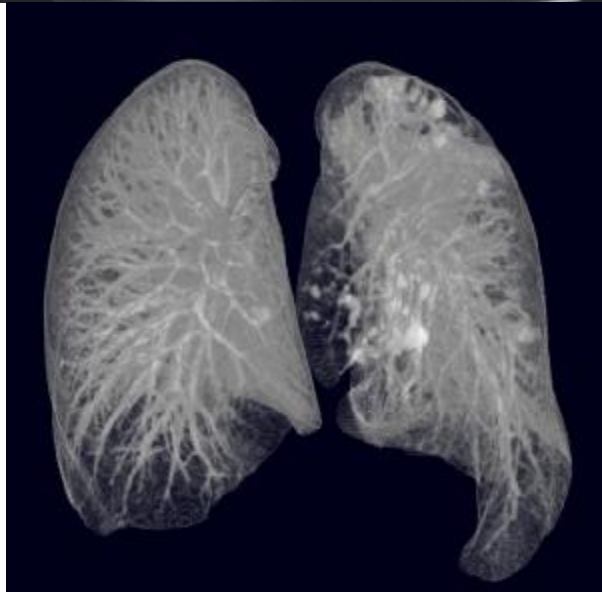
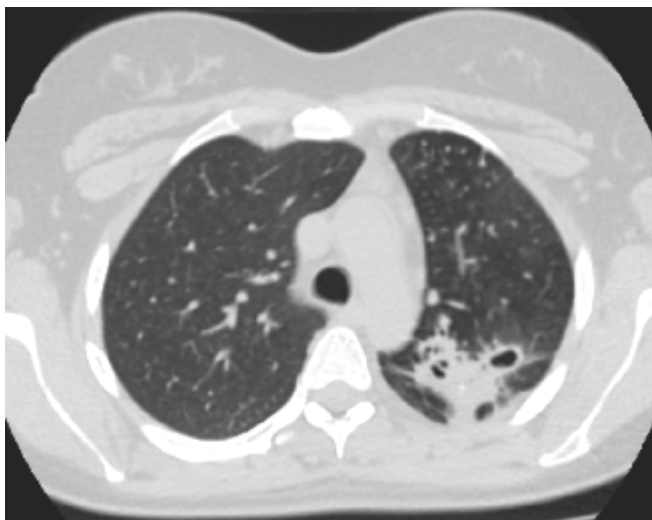


Perfusion analysis				
Posterior				
	Left counts	Left %	Right counts	Right %
Total	816564	95.77	36064	4.23
Upper segment	102984	12.08	8085	0.95
Middle segment	322318	37.80	21987	2.58
Lower segment	391262	45.89	5992	0.70
Anterior				
	Left counts	Left %	Right counts	Right %
Total	800455	95.42	38447	4.58
Upper segment	139150	16.59	11080	1.32
Middle segment	302629	36.08	21556	2.57
Lower segment	358676	42.75	5811	0.69
Geometric mean				
	Left counts	Left %	Right counts	Right %
Total	806642	95.60	37136	4.40
Upper segment	119709	14.19	9465	1.12
Middle segment	312318	37.01	21770	2.58
Lower segment	374615	44.40	5901	0.70



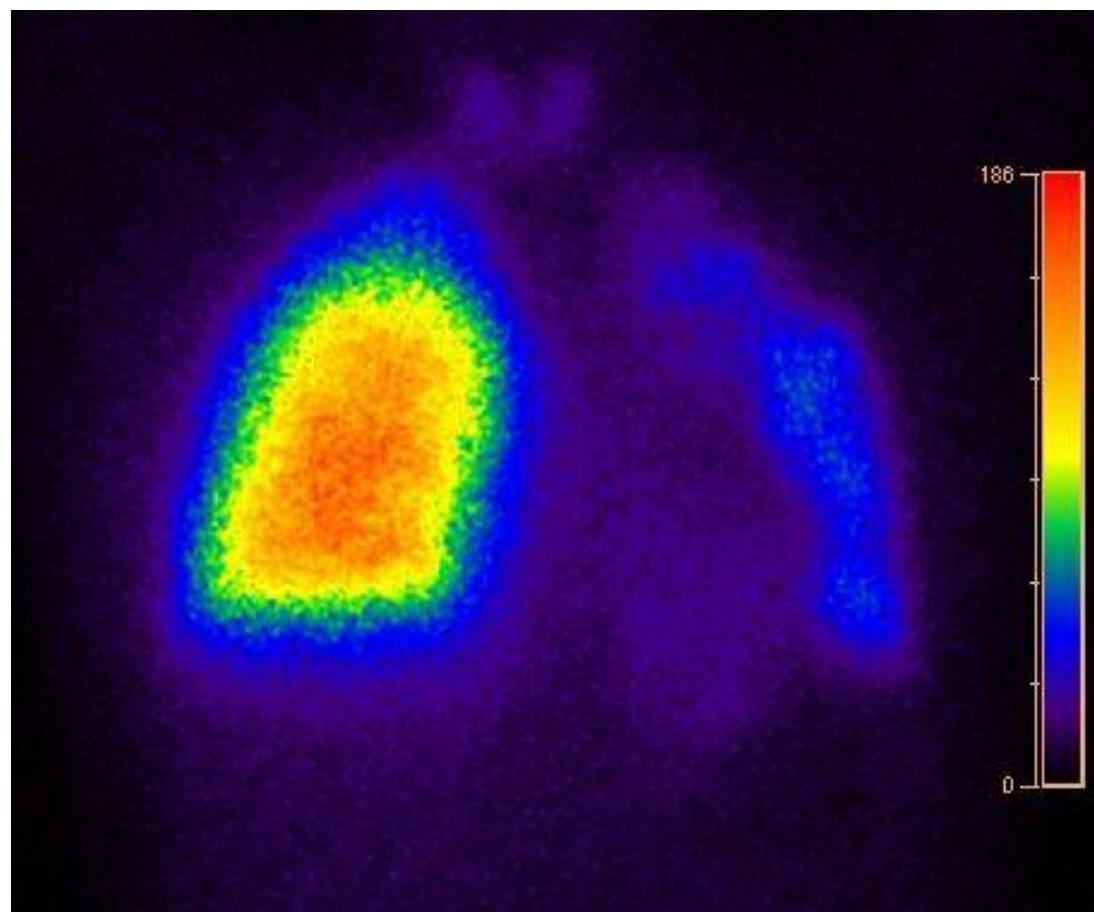


# Распространенное поражение левого легкого



Практически полное отсутствие кровотока  
в левом легком по данным  
перфузионной сцинтиграфии

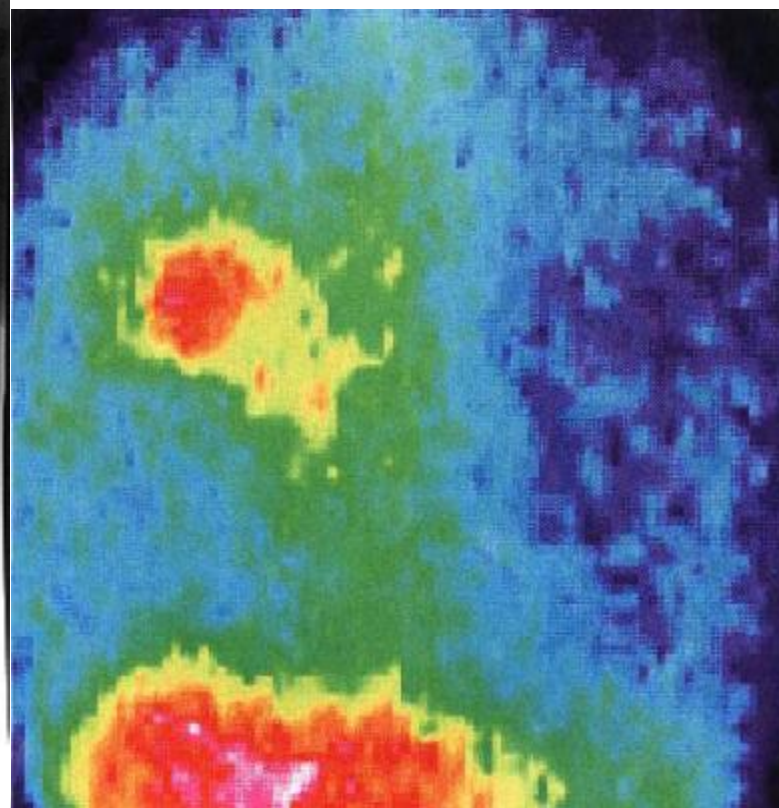
В



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# СЦИНТИГРАФИЯ С ЦИТРАТОМ GA-67



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# Позитронно-эмиссионная томография

- Позитронно-эмиссионная томография (позитронная эмиссионная томография, сокращ. ПЭТ), она же двухфотонная эмиссионная томография - радионуклидный томографический метод исследования внутренних органов человека или животного. Метод основан на регистрации пары гамма-квантов, возникающих при аннигиляции позитронов. Позитроны возникают при позитронном бета-распаде радионуклида, входящего в состав радиофармпрепарата, который вводится в организм перед исследованием. В основе этого метода лежит возможность при помощи специального детектирующего оборудования (ПЭТ-сканера) отслеживать распределение в организме биологически активных соединений, меченных позитрон-излучающими радиоизотопами. На сегодняшний день в ПЭТ в основном применяются позитрон-излучающие изотопы элементов второго периода периодической системы:
- углерод-11 ( $T_S=20,4$  мин.)
- азот-13 ( $T_S=9,96$  мин.)
- кислород-15 ( $T_S=2,03$  мин.)
- фтор-18 ( $T_S=109,8$  мин.)

ü Дифференциальная диагностика злокачественного и доброкачественного процесса

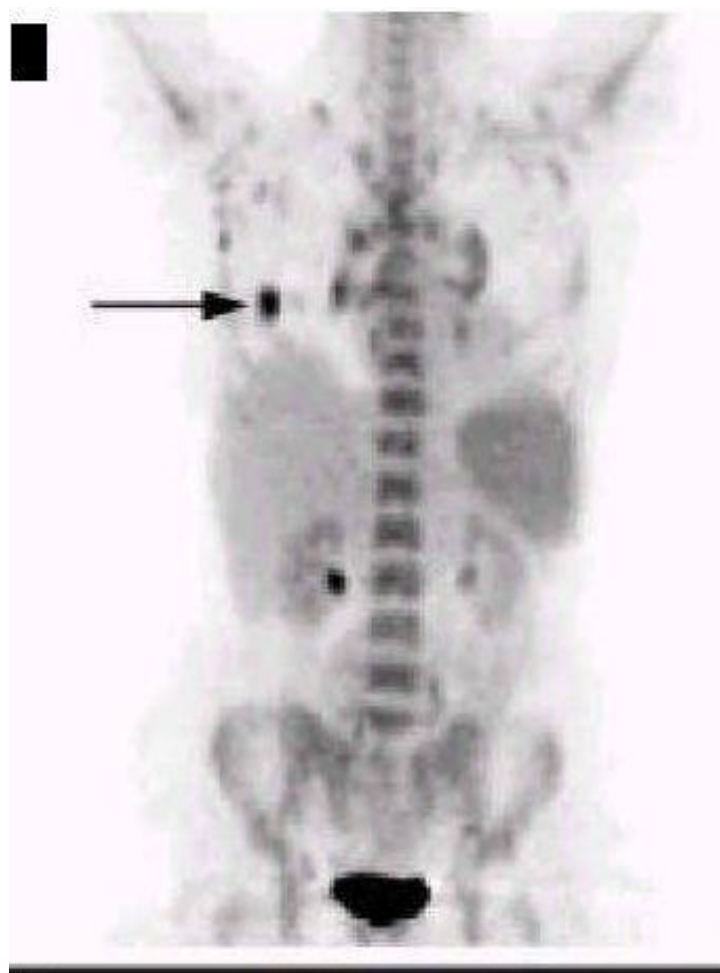
ü Выявление метастазов в регионарные лимфоузлы

ü Выявление отдаленных метастазов





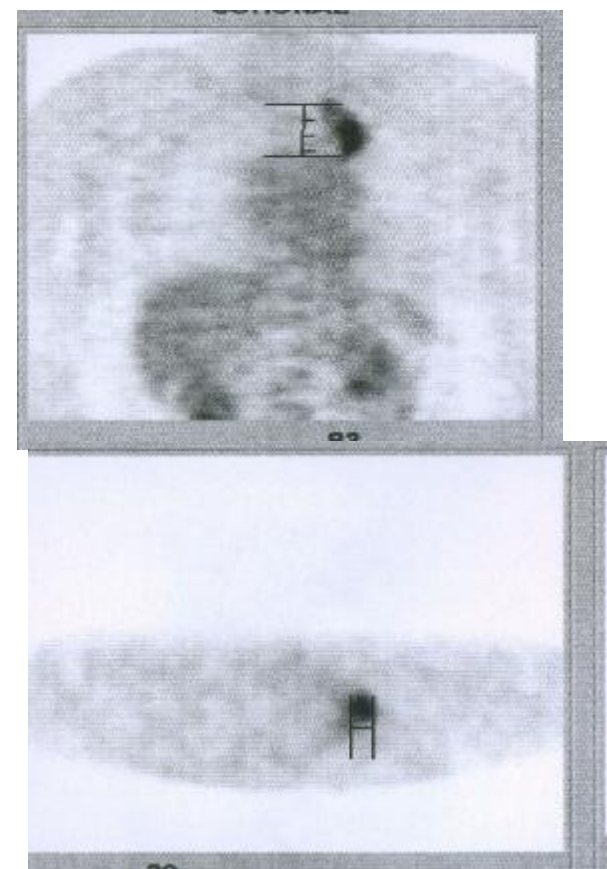
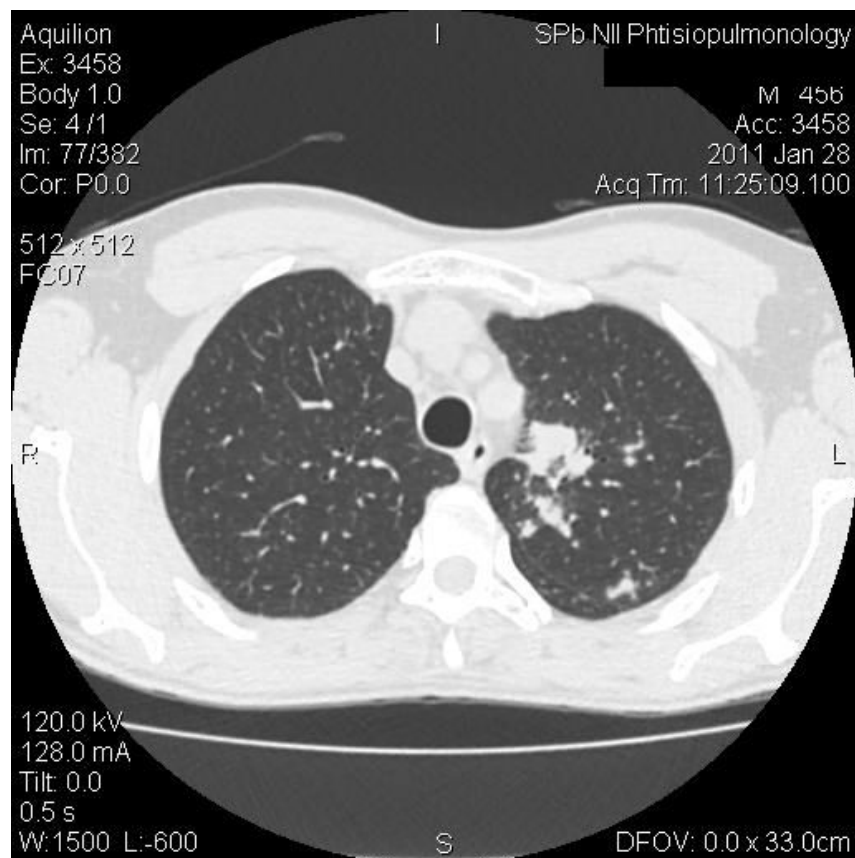
# ПЭТ



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России

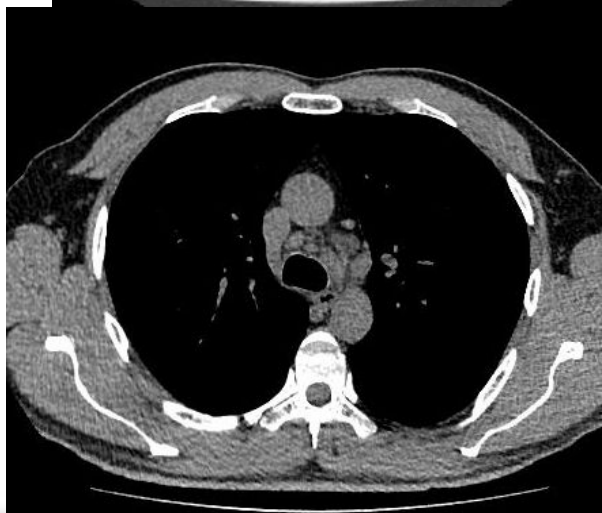


# Оценка активности туберкулезного процесса

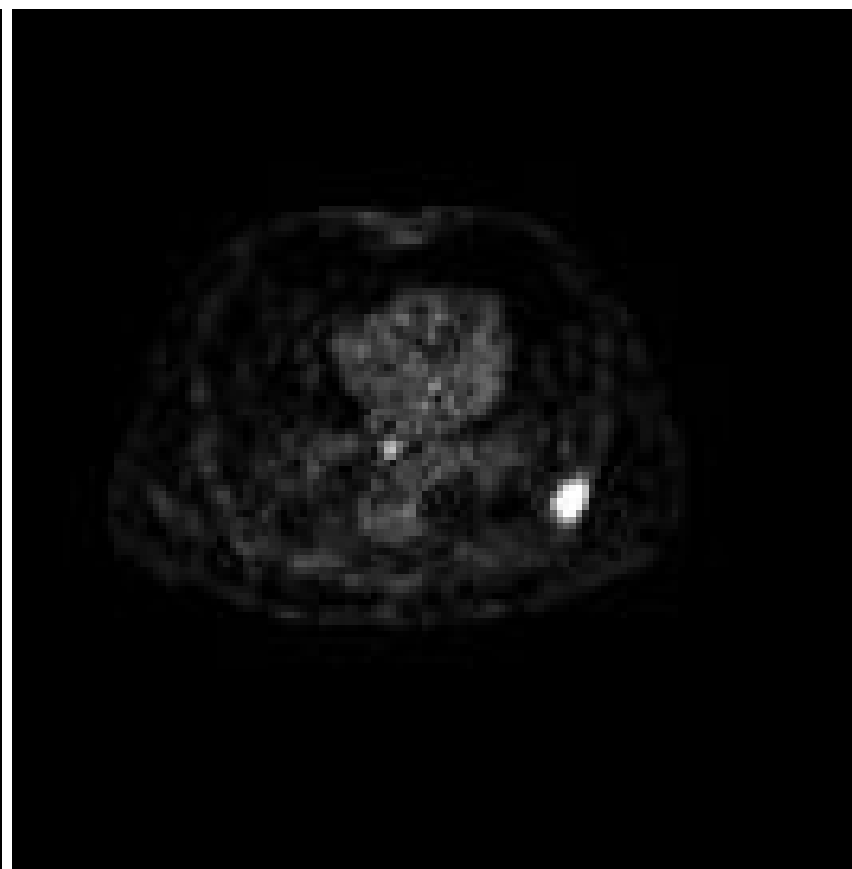
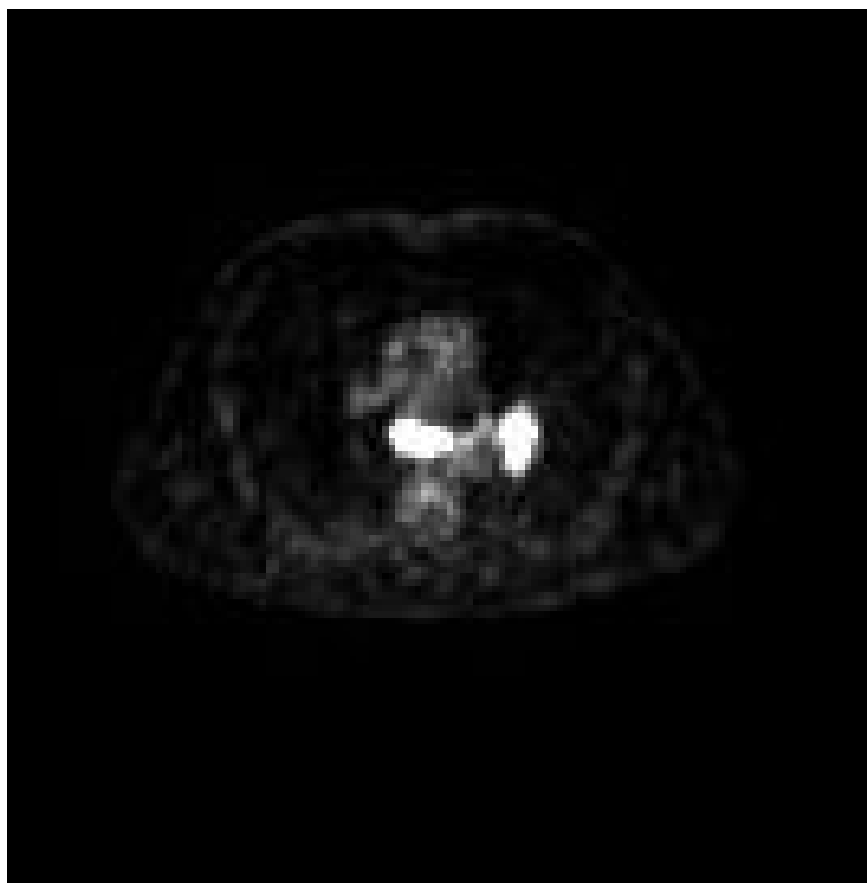




# Образование в S9 левого легкого с вовлечением в процесс лимфоузлов.



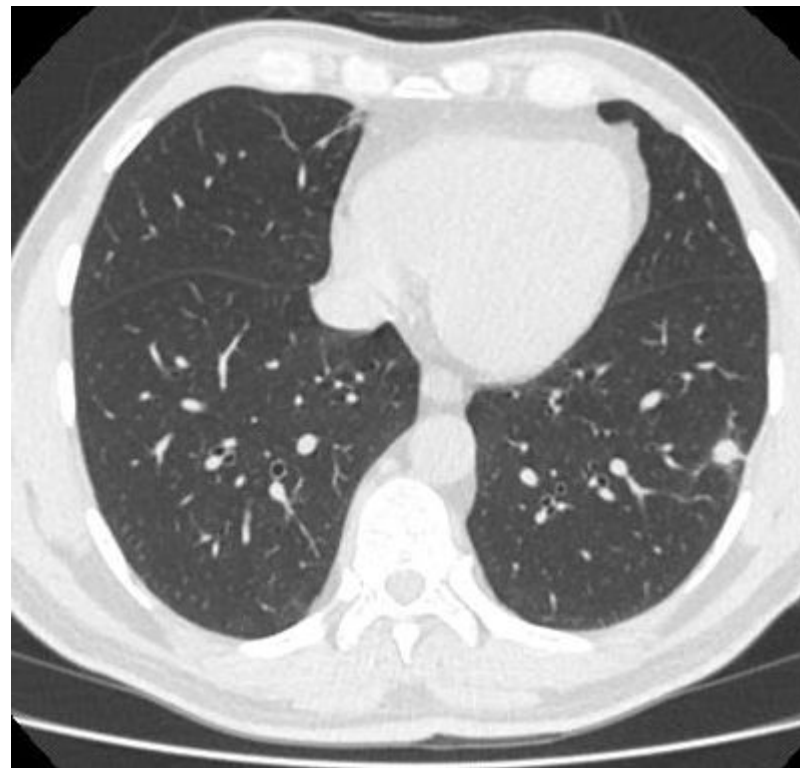
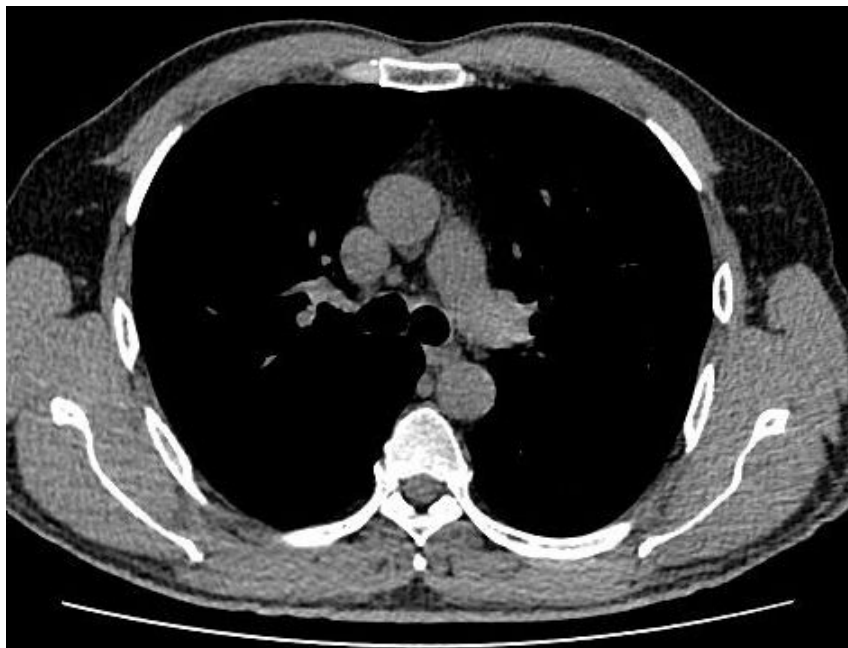
# Данные ПЭТ



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# Динамика на фоне противотуберкулезной терапии через 2 месяца



# Комбинированные методики



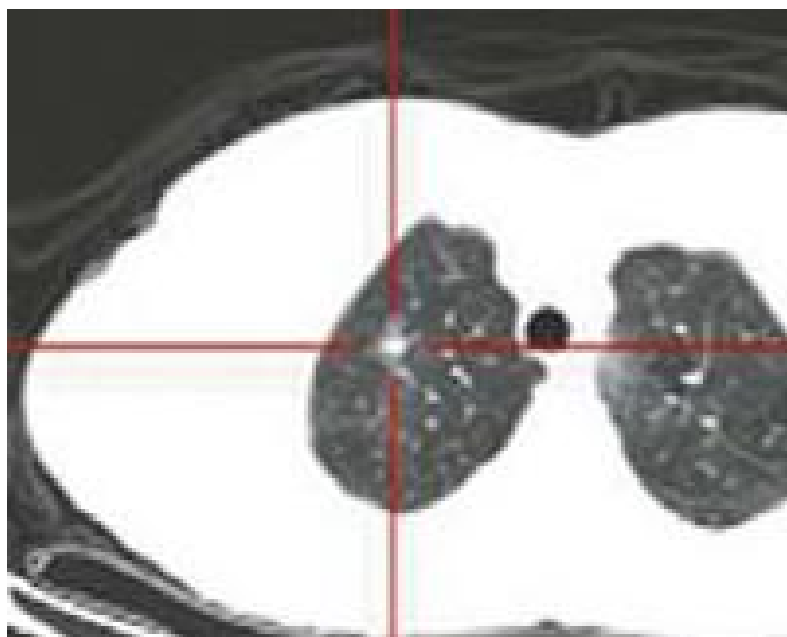
**ОФЭКТ/КТ системы**

**ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ  
системы**

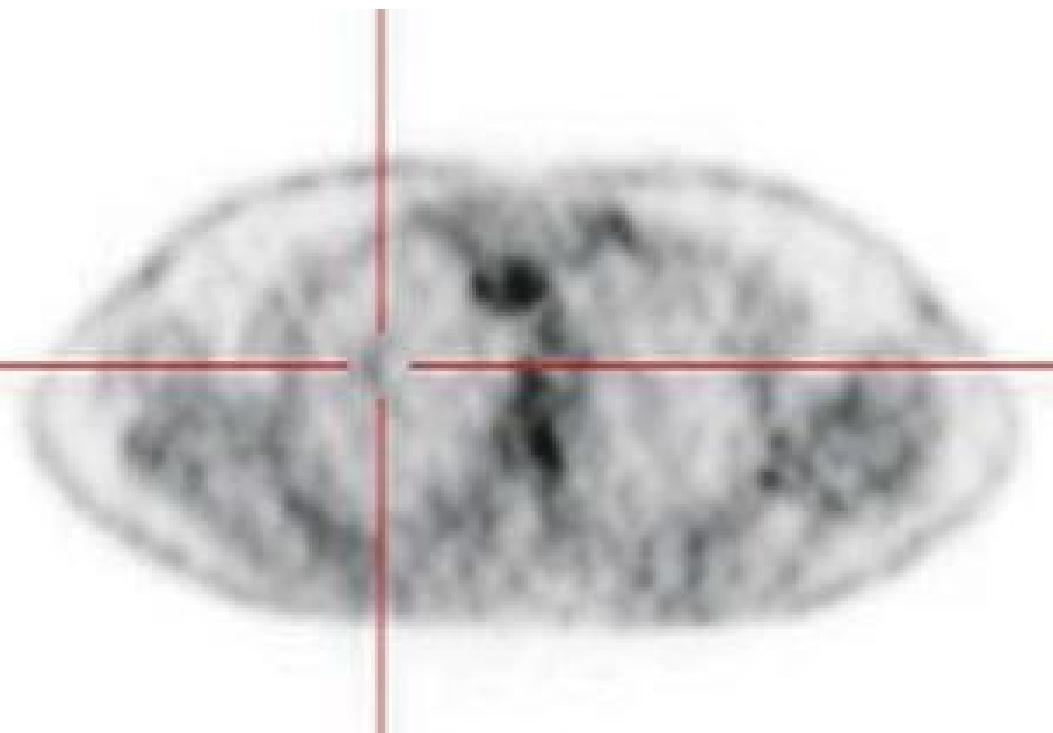
**Эндобронхиальная  
ультрасонография (EBUS)**



# Диагностика активности с $^{67}\text{Ga}$ -цитратом (ОФЭКТ КТ)



КТ



ОФЭКТ

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



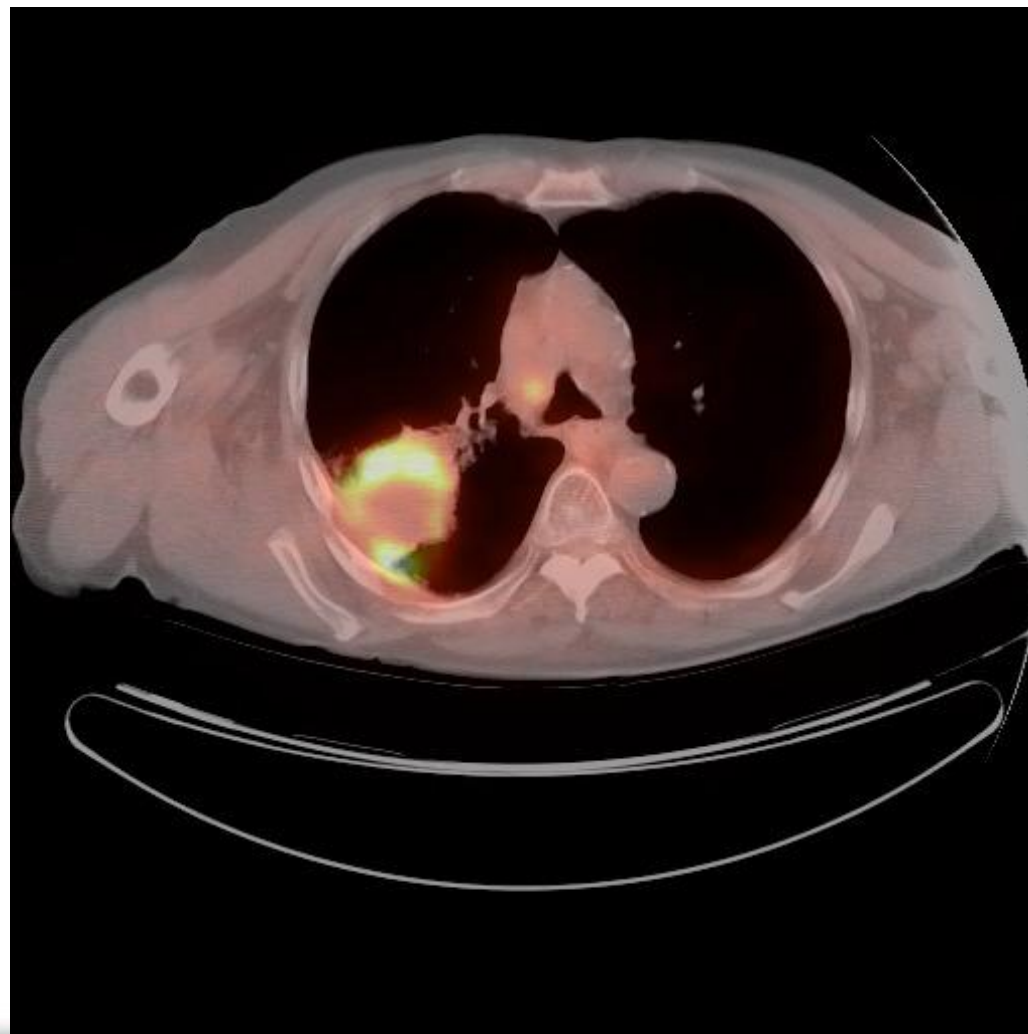


# PET/CT

CT

PET

PET/CT

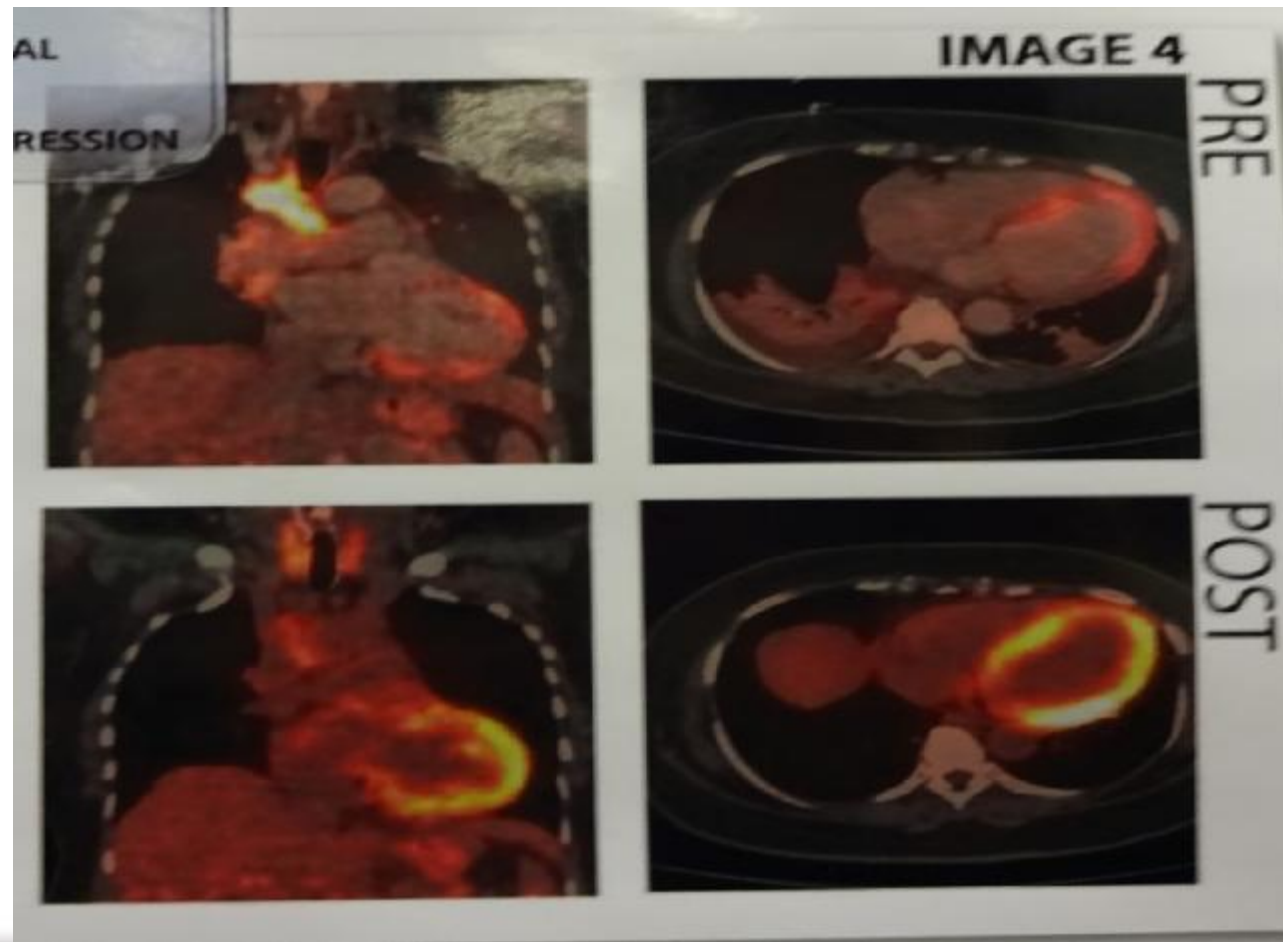


ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России





Туберкулезное поражение миокарда с  
прогрессированием (клиническое наблюдение Dr A.  
Zakir Ali, 2014)



ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



# Визуализация увеличенного правого паратрахеального лимфатического узла (4R) с помощью эндобронхиальной ультрасонографии (EBUS)



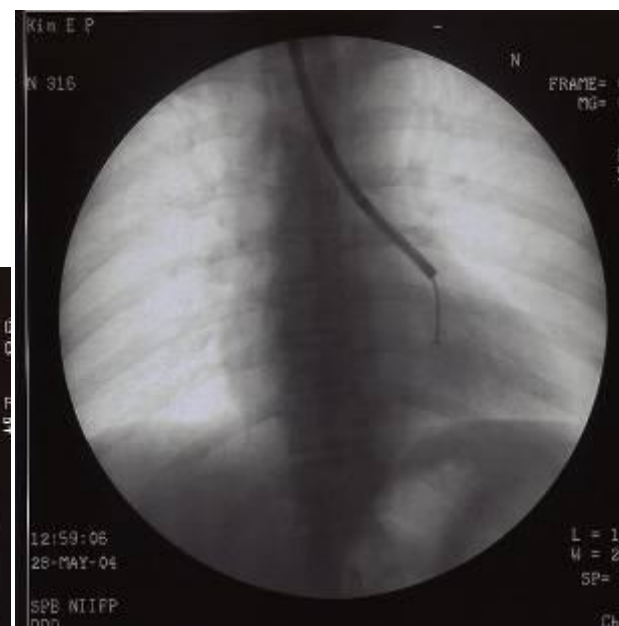
# Интервенционная радиология

**Малоинвазивные хирургические  
вмешательства проводящиеся под  
контролем методов лучевой диагностики**

*-Гистологическая верификация процесса*



## Чрезбронхиальная биопсия округлого образования S10 левого легкого под контролем цифровой рентгеноскопии

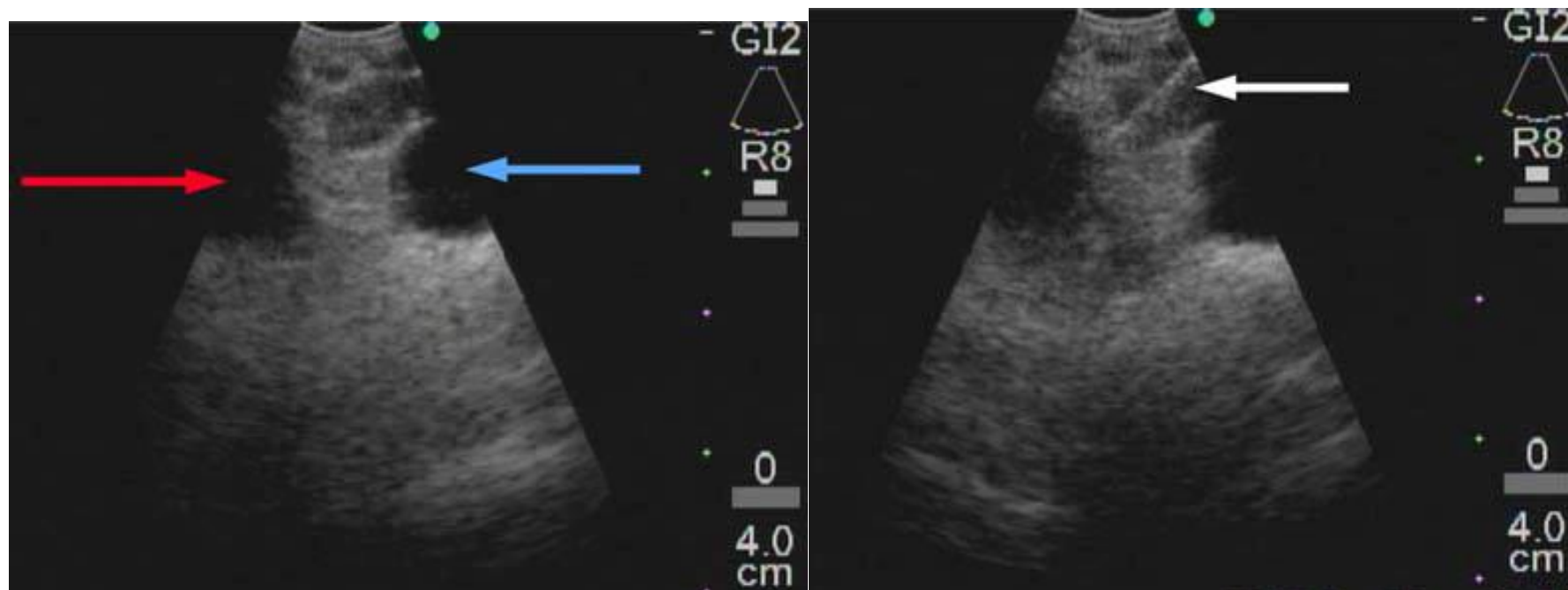


ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России

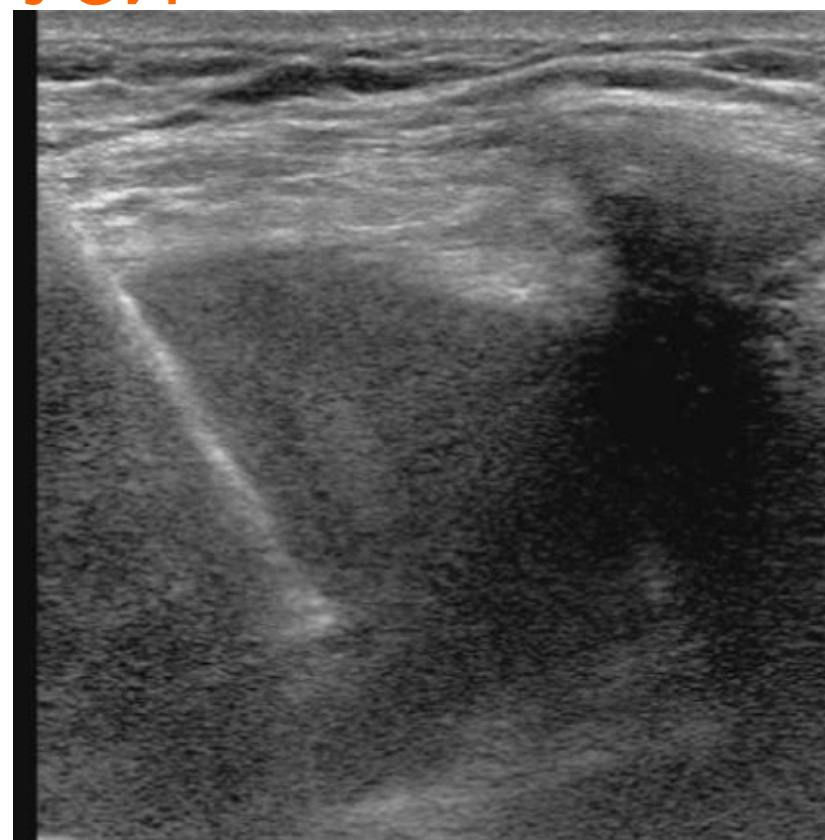
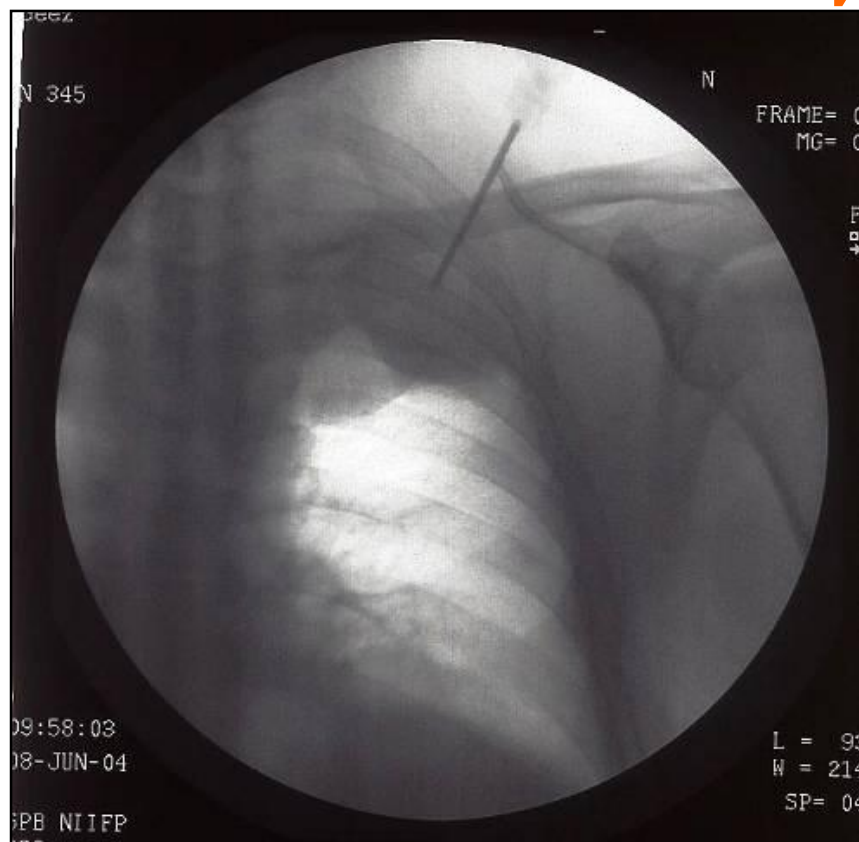




## Чрезбронхиальная биопсия правого паратрахеального лимфатического узла (4R) под контролем эндобронхальной ультрасонографии (EBUS)



# Трансторакальная биопсия образований под контролем цифровой рентгеноскопии и УЗИ



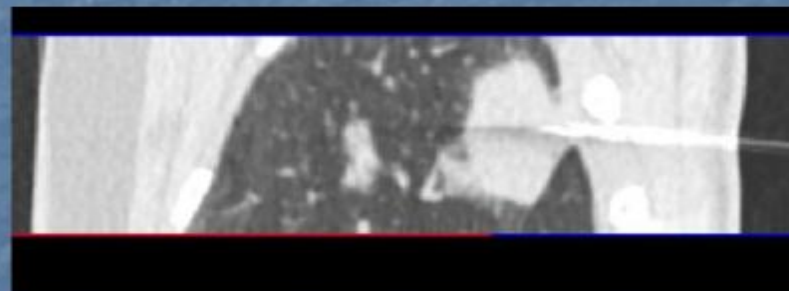
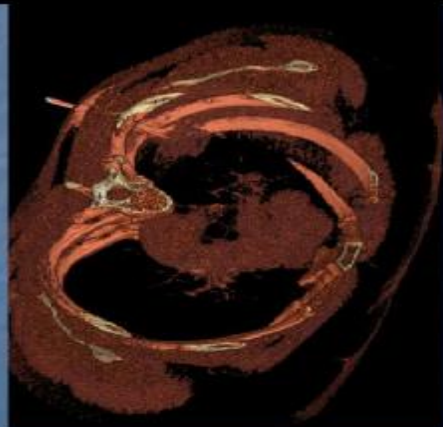
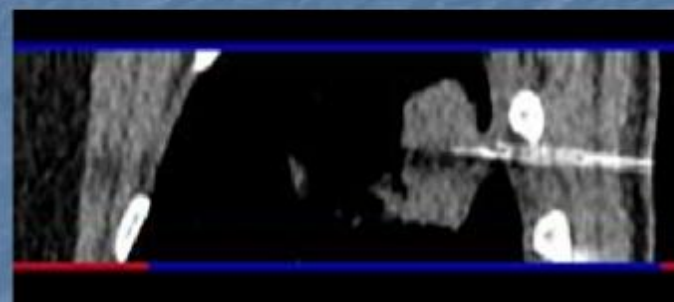
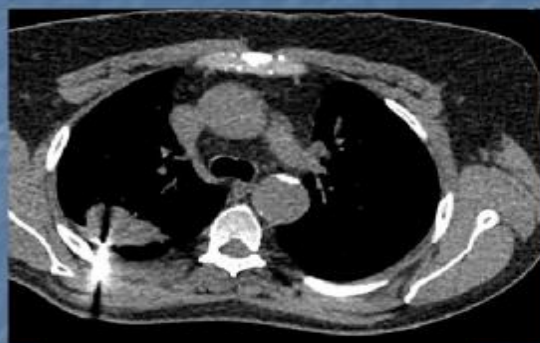
ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России





# Трансторакальная биопсия образования легкого под контролем КТ

Биопсия образования S2 правого легкого под КТ контролем



СПбНИИФ, 2015



# ИЗМЕНЕНИЕ ТАКТИКИ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

**XX – век**

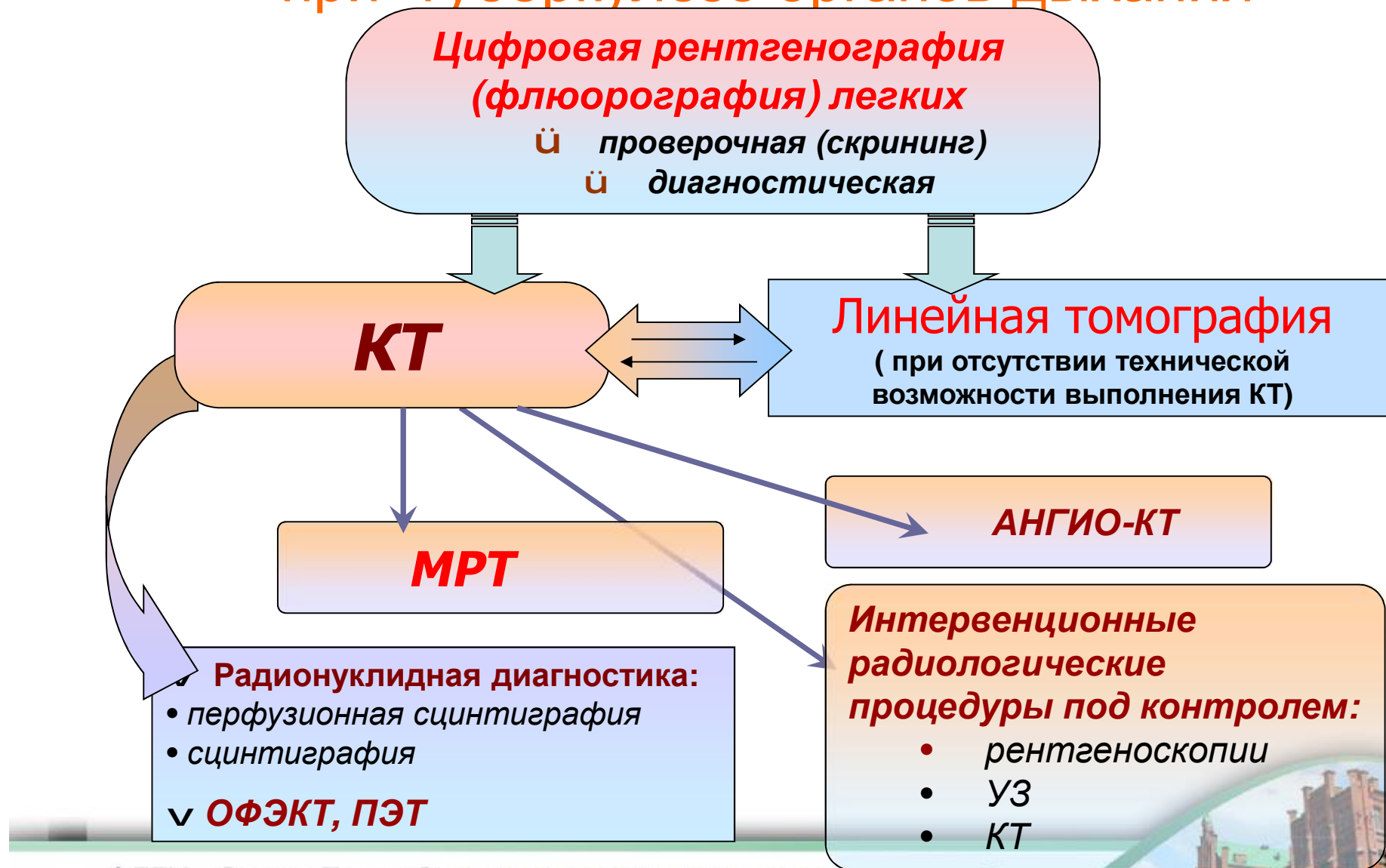
**«от простого к сложному»**

**XI – век**

**«от простого к наиболее эффективному»**



# Алгоритм лучевого обследования при туберкулезе органов дыхания



*Благодарю за внимание!*

ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский  
институт фтизиопульмонологии» Минздрава России

