

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



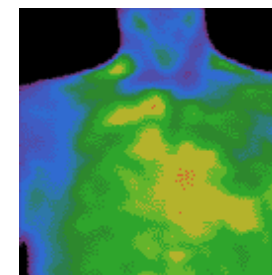
- Магнитно-резонансный



- Ультразвуковой



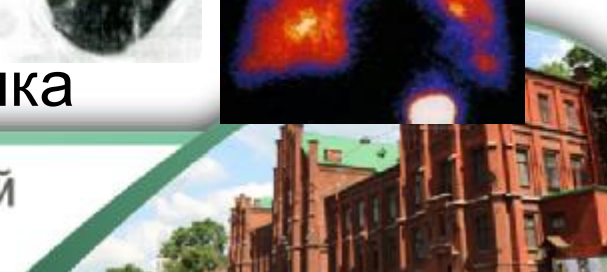
- Инфракрасная термография



- 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)*

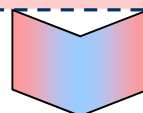


Современное состояние лучевого обследования

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

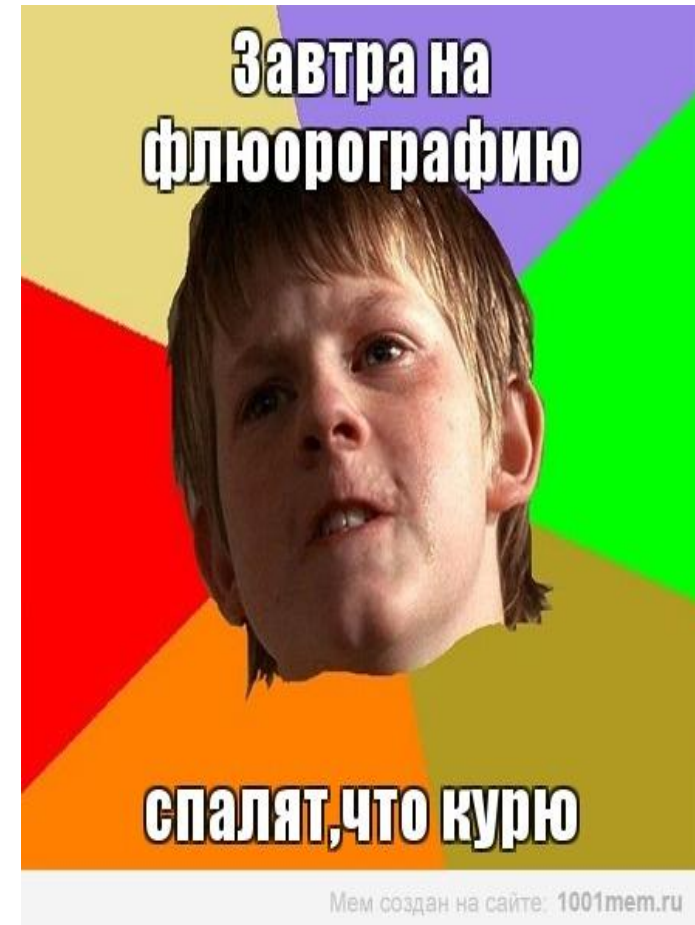
Недостатки рентгенографии

- 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.

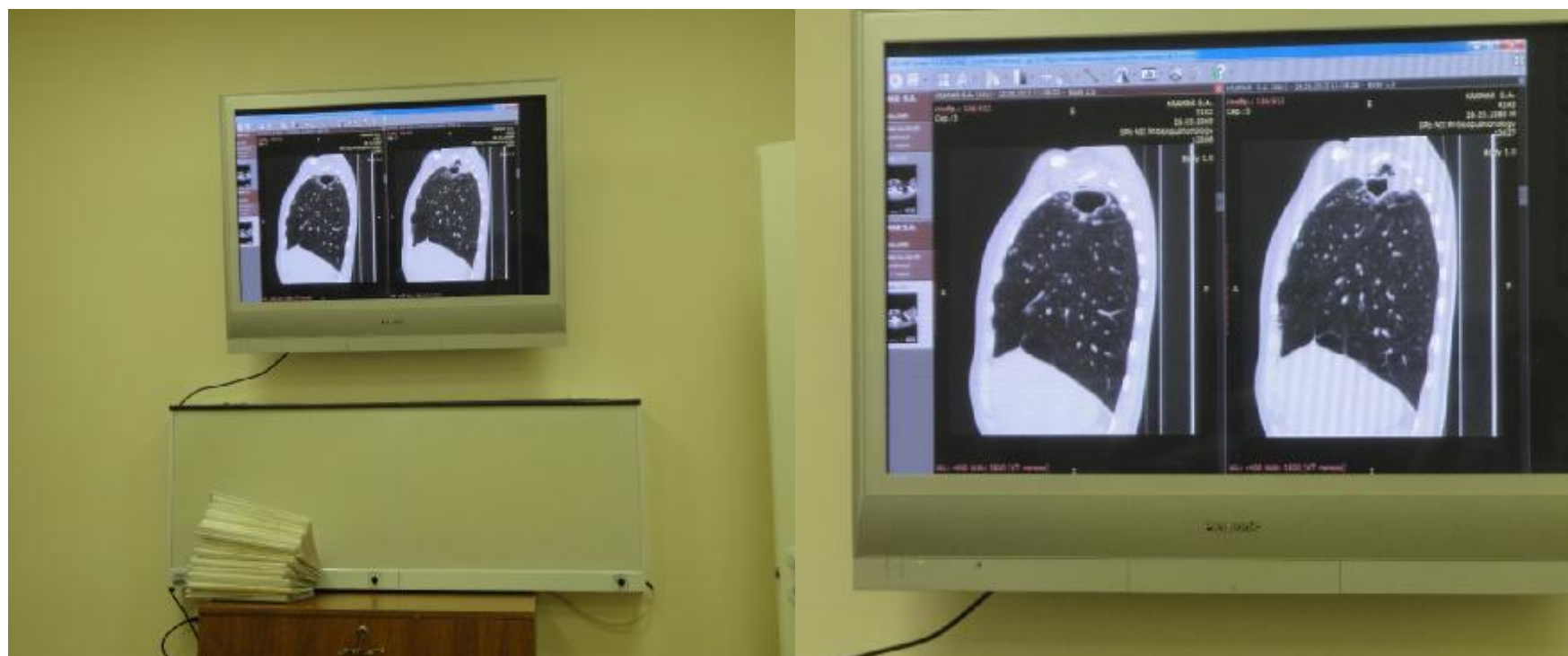


Преимущества цифровой рентгенографии

- 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

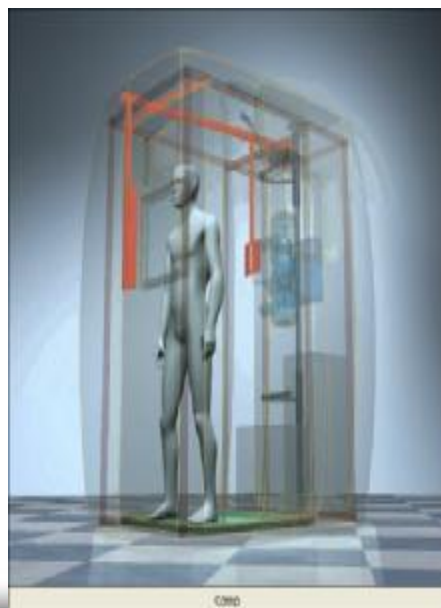


Цифровая рентгенология (Digital radiology)

ПЗС-оптика



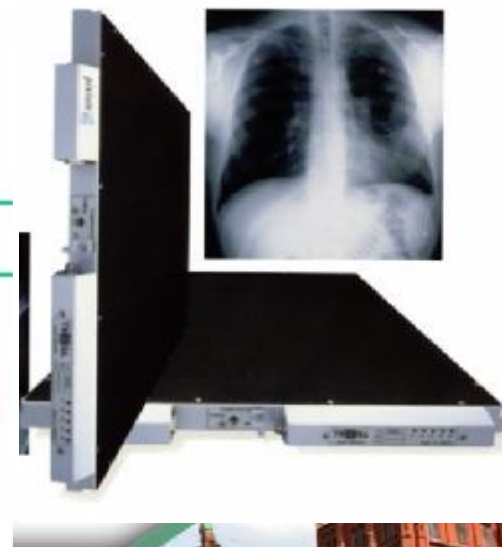
Сканирование
линейным
детектором



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.

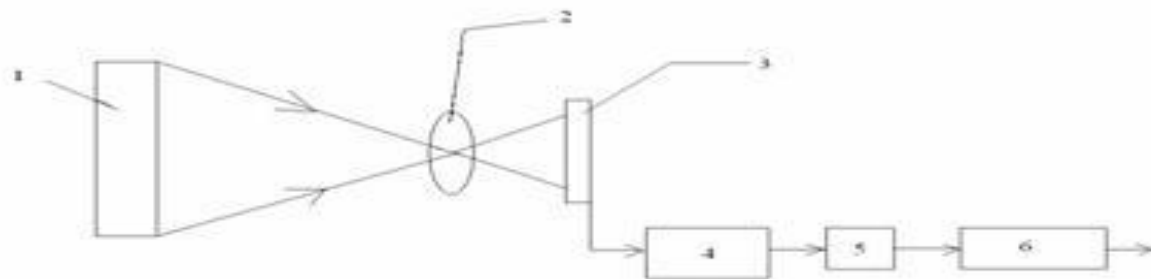


ПЗС – матрица (системы "Экран-Оптика-ПЗС").

- 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

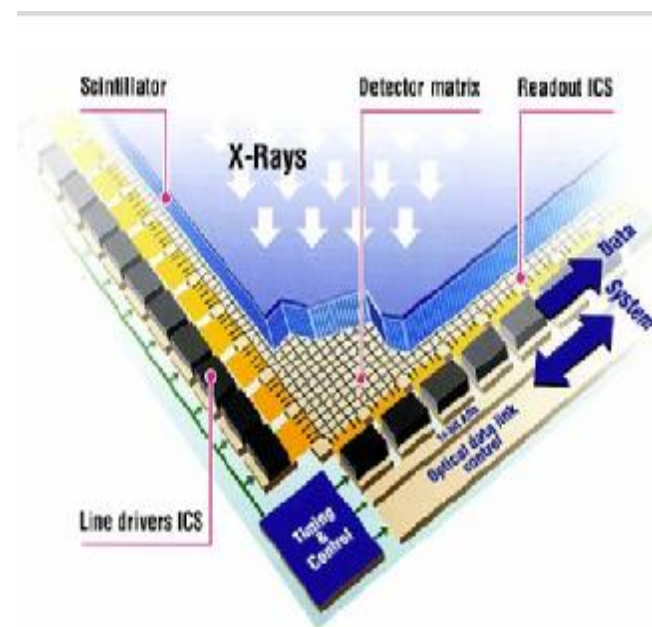
Недостатки

- 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

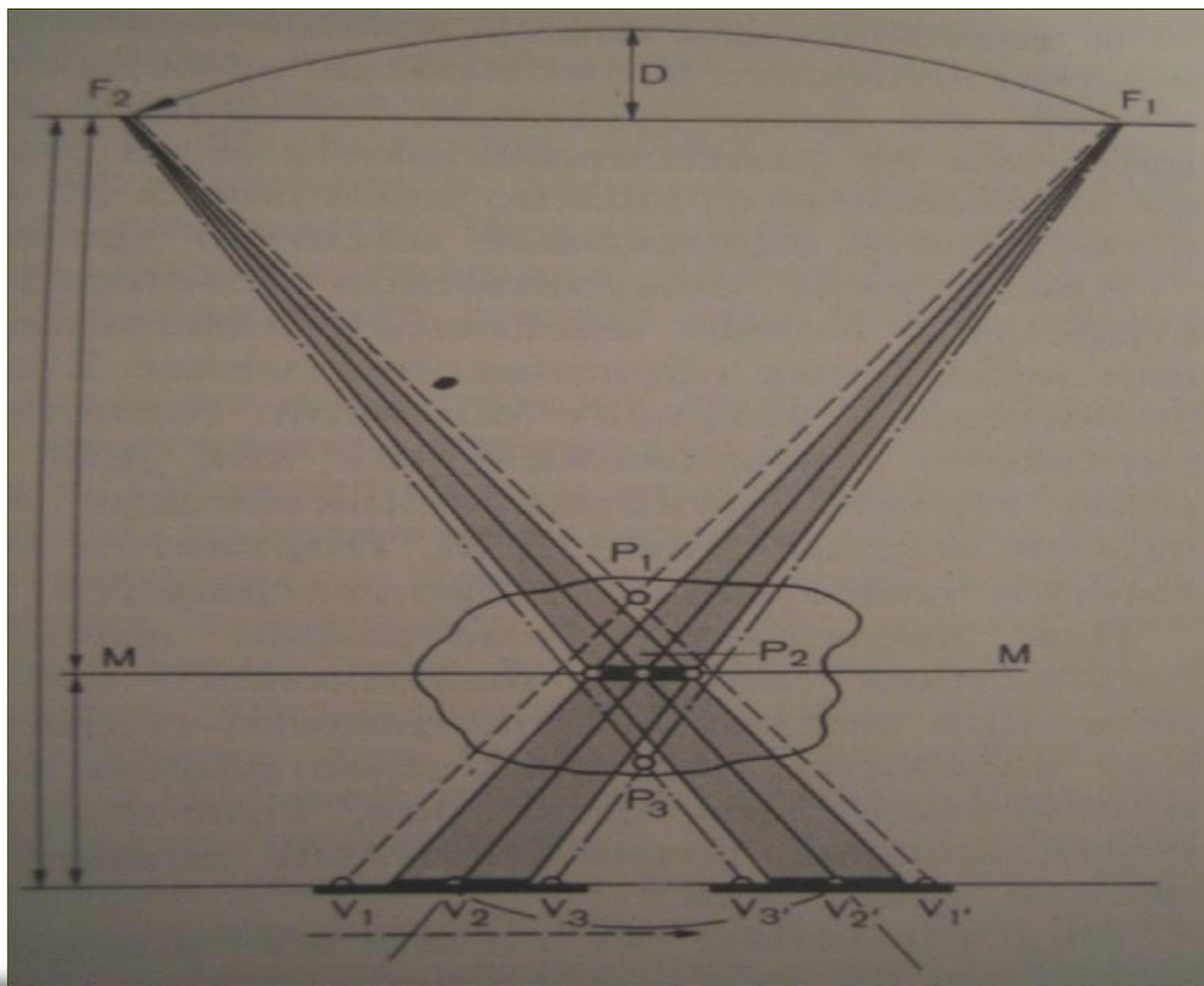
- Высокая стоимость
- В случае повреждения панель меняется целиком



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





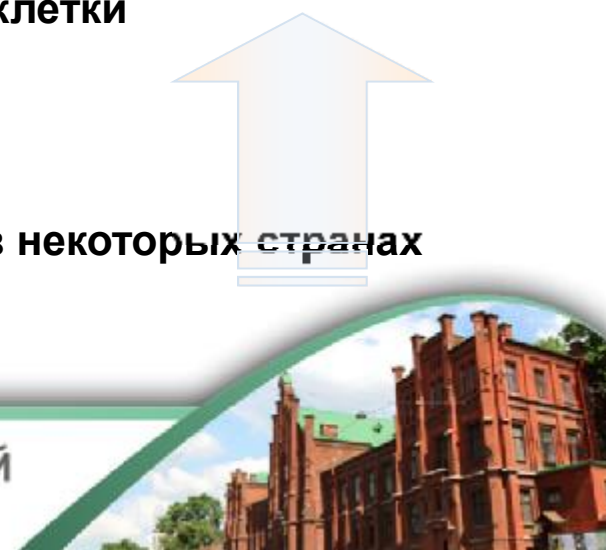
Компьютерная томография

- 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.

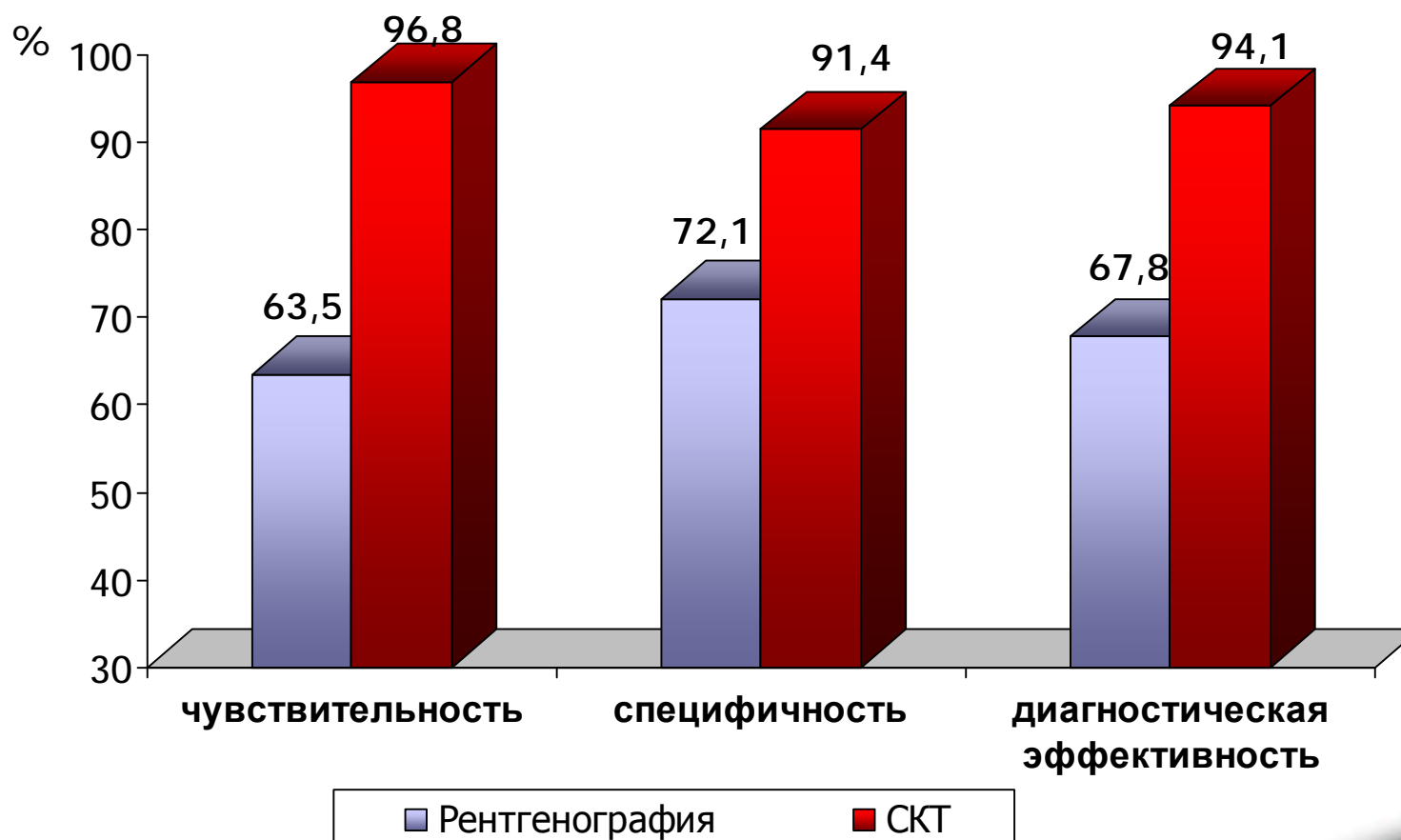


Этапы развития компьютерной томографии (продолжение)

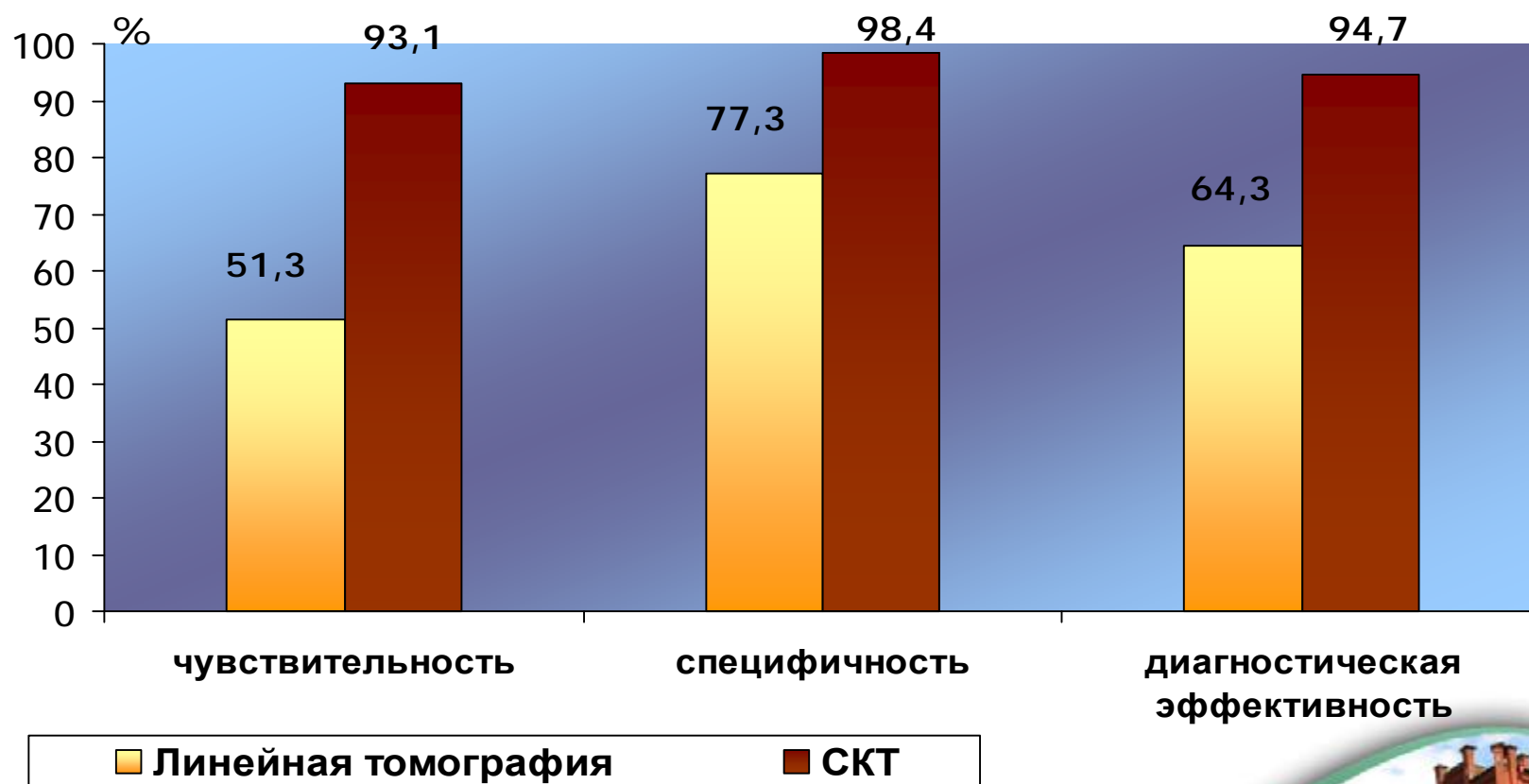
- 1988 год –компания Siemens Medical Solutions представила первый спиральный компьютерный томограф.
- 1992 год -электронно-лучевая томография (ЭЛТ)
- 1992 г. –многослойная («мультиспиральная», «мультисрезовая») компьютерная томография — МСКТ. Первые томографы были двухсрезовыми.
- 1998 год -четырёхсрезовые (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)



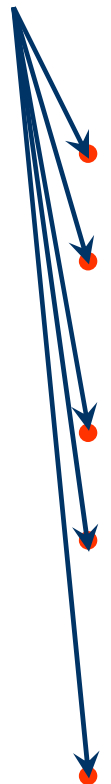
Магнитно-резонансная томография



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.

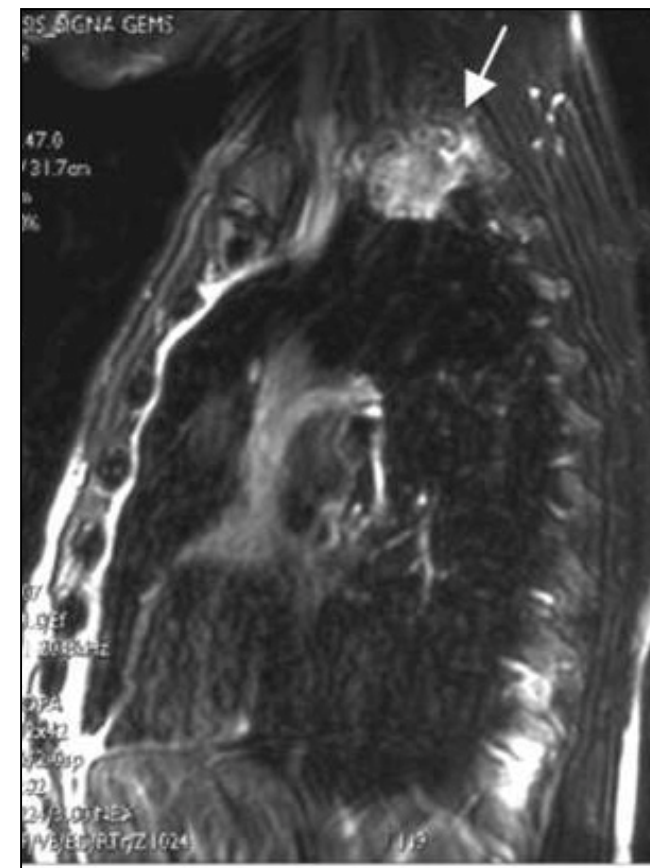
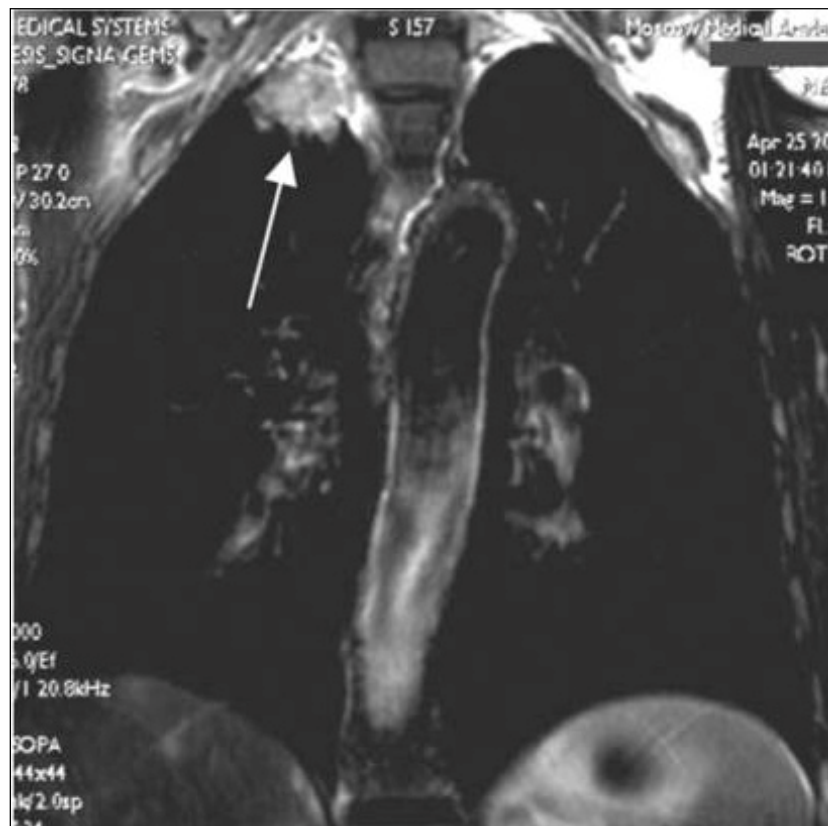


Показания к МРТ органов грудной клетки

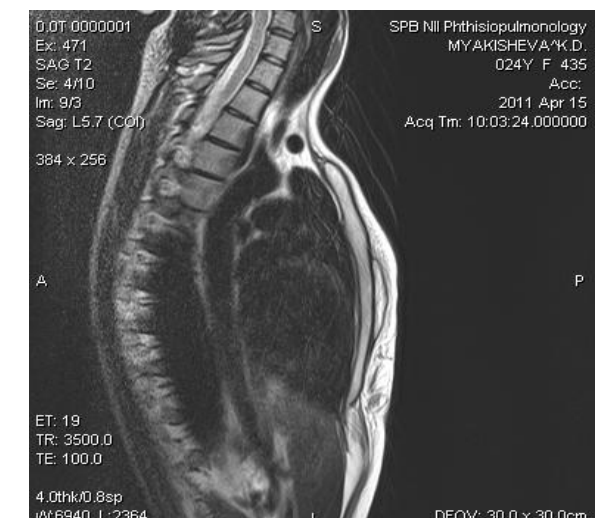
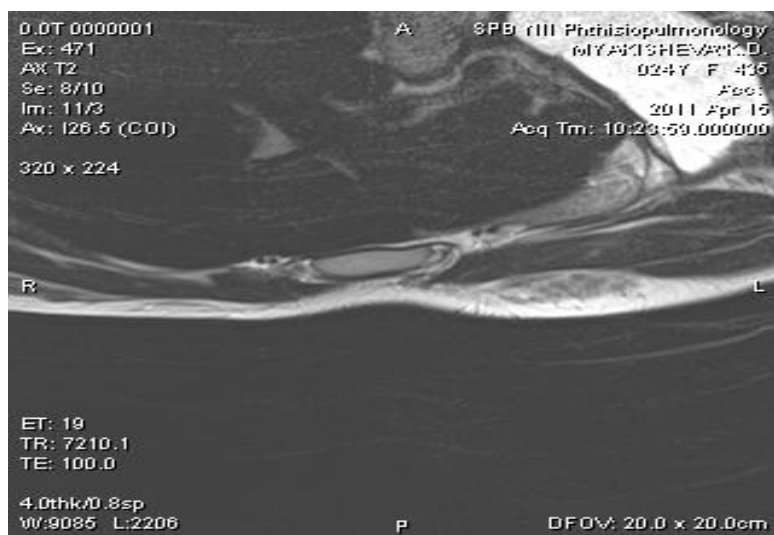
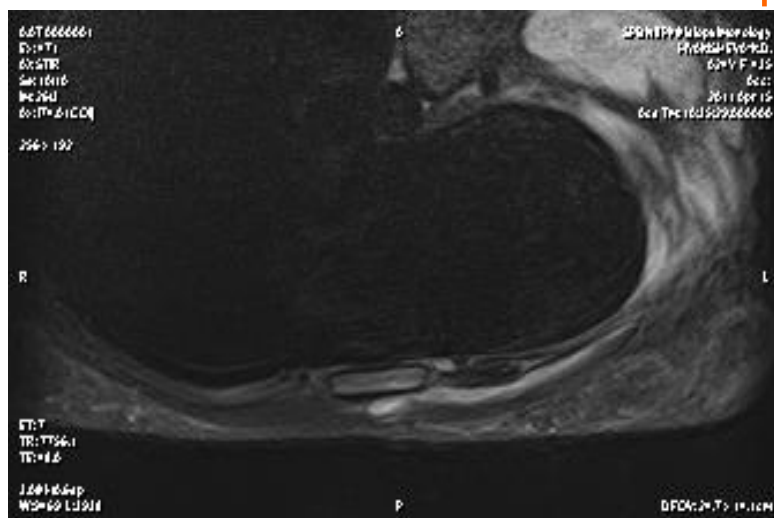
- 
- Подозрение на опухоли средостения
 - Подозрение на сосудистый генез патологических изменений в легких
 - Опухоли и тромбы в полостях сердца
 - Уточнение размеров и функции сердца при стенокардии, кардиомиопатиях и пороках (при неопределенных результатах эхокардиографии)
 - Уточнения данных других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

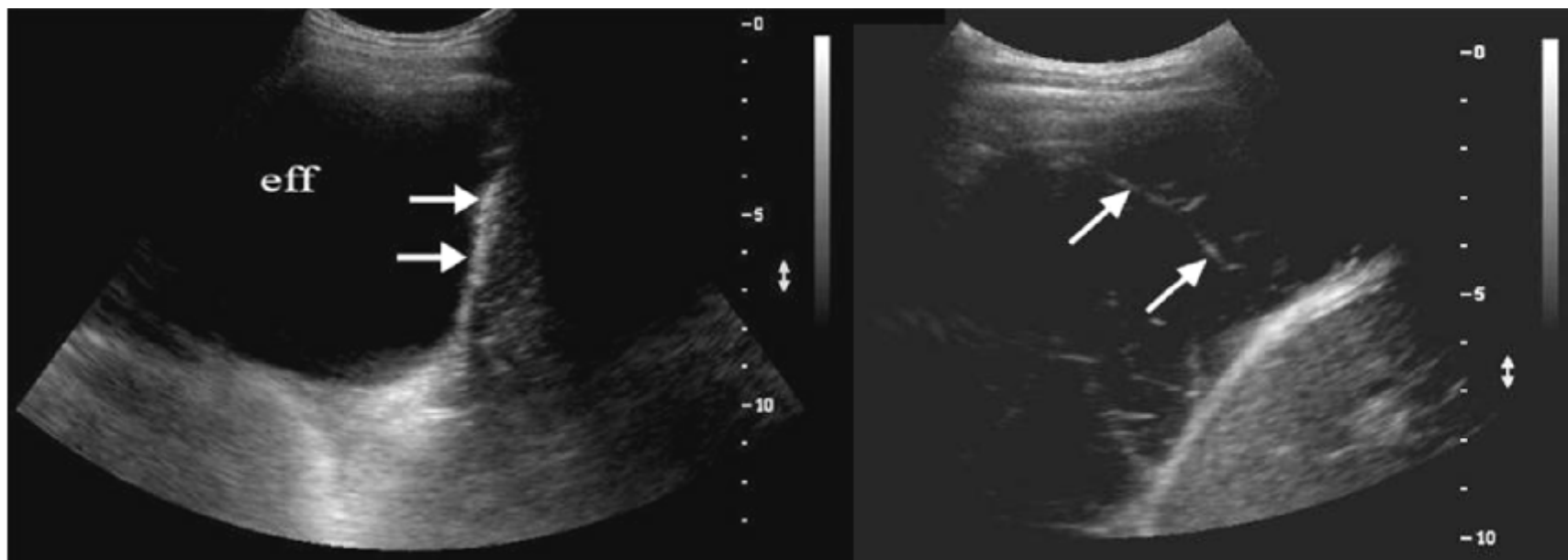


Ультразвуковое исследование

- ✓ **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

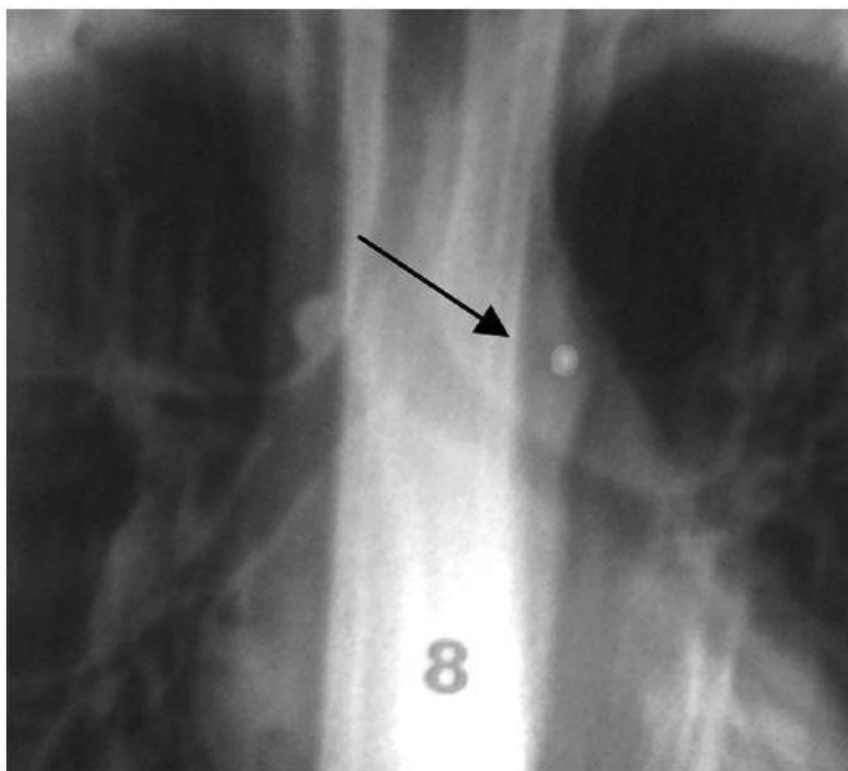


Рис. 1. Парааортальное уплотнение (кальцинат?) у ребенка с измененной чувствительностью к туберкулину

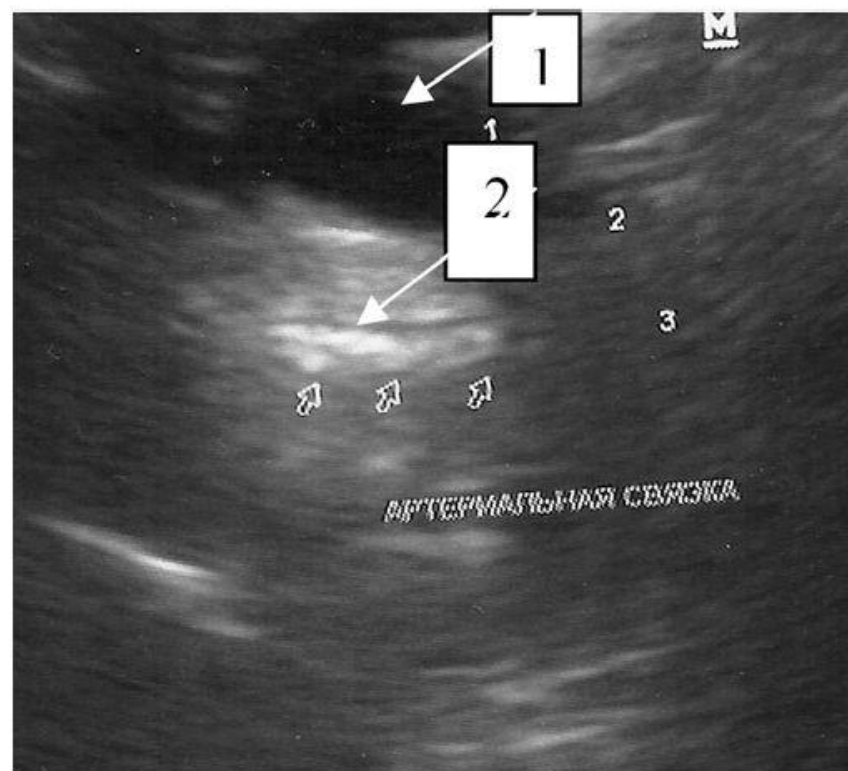


Рис. 2. Визуализация артериальной связки в 1–3 года. 1 – дуга аорты. 2 – артериальная связка



Кальцинат артериальной связки

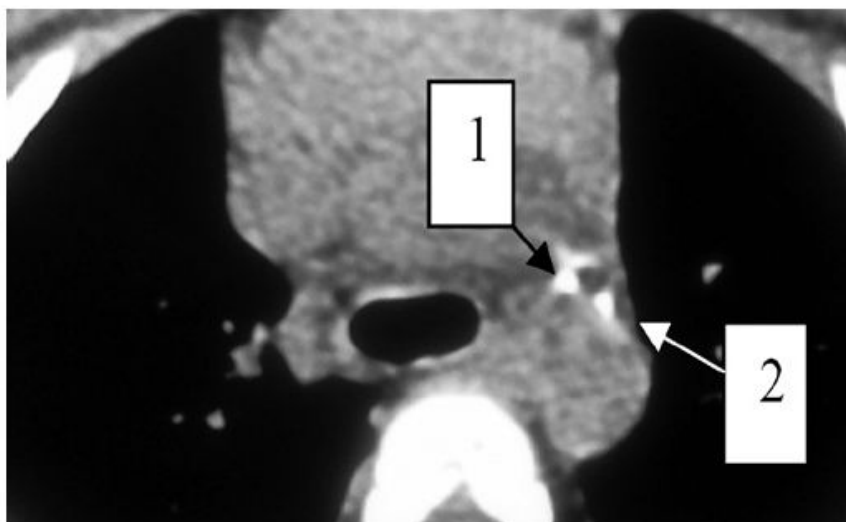


Рис. 4. 1 — артериальная связка, 2 — кальцинат лимфатического узла.

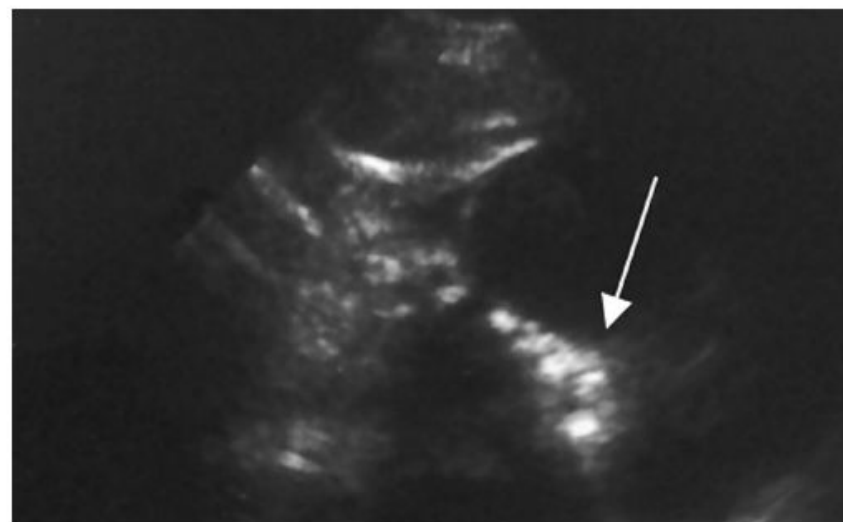


Рис. 5. Кальцинаты лимфатических узлов аортального окна



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}Tc — РФП

Вентиляционная сцинтиграфия легких

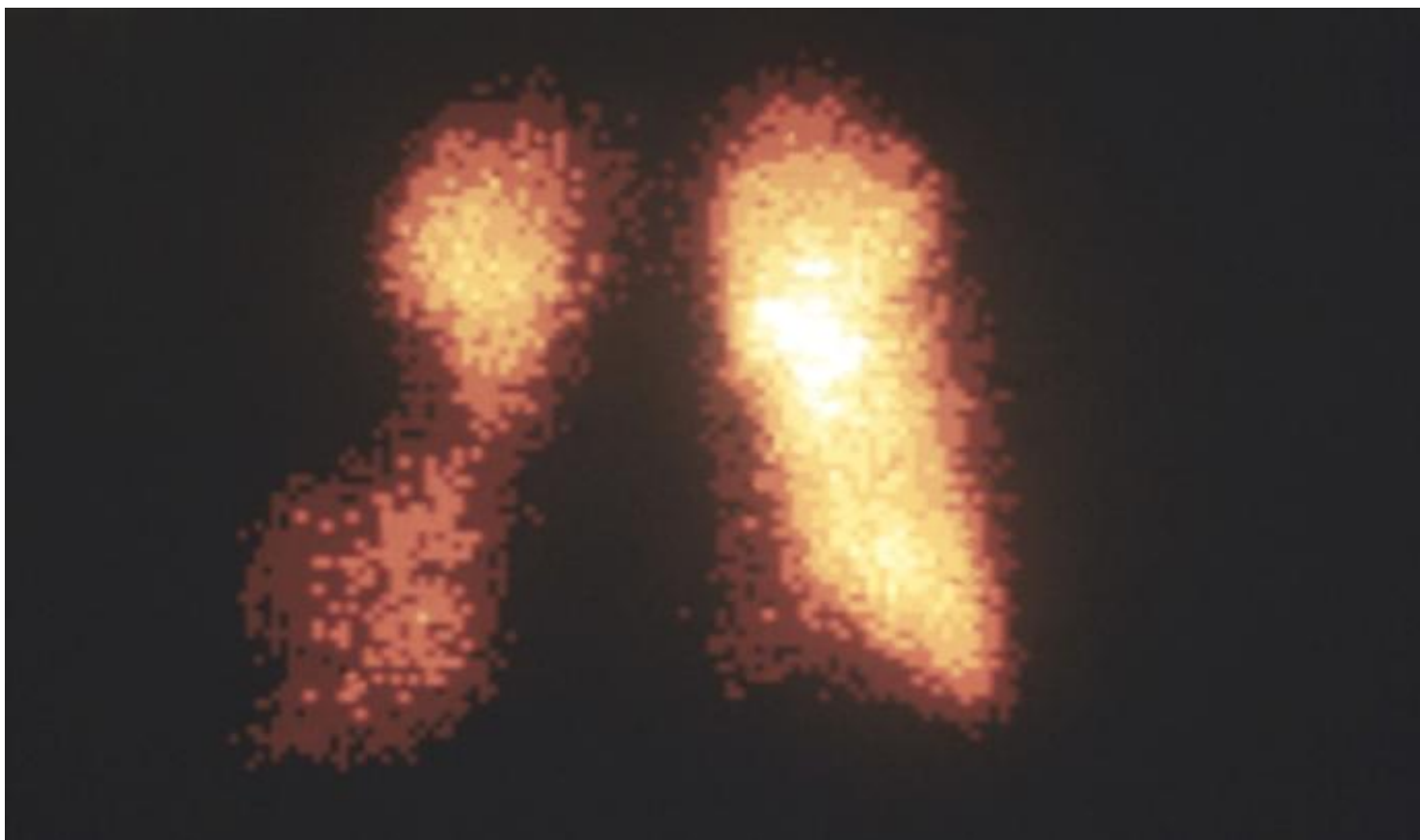
Методика радиологического исследования, включающая оценку легочной вентиляции с помощью радиоизотопного сканирования. При проведении вентиляционной сцинтиграфии легких пациент вдыхает воздушно-газовую смесь или аэрозоль, содержащие радиоактивные изотопы (^{81}Kr , ^{133}Xe или ^{99m}Tc) с последующим 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}Ga

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



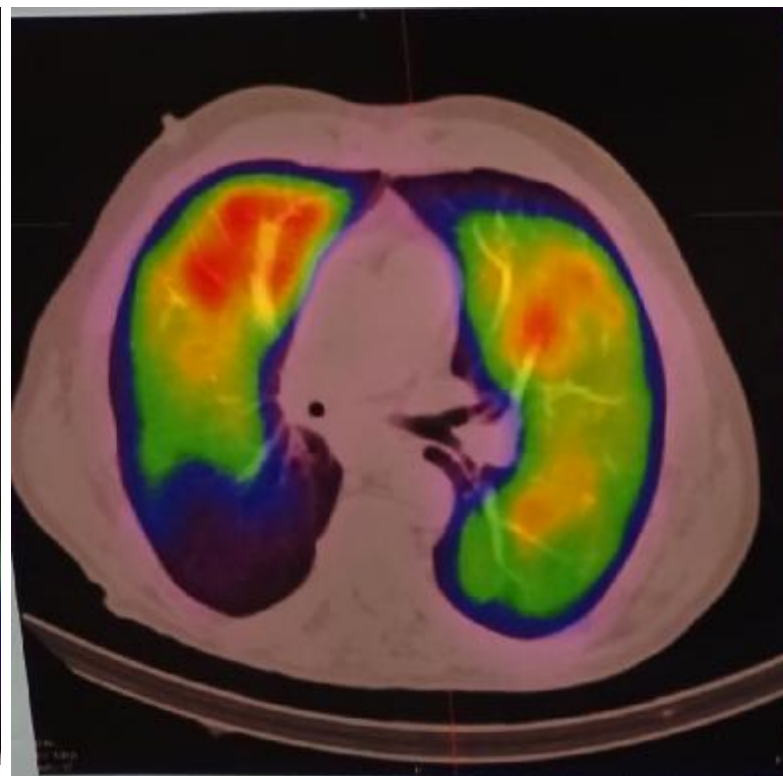
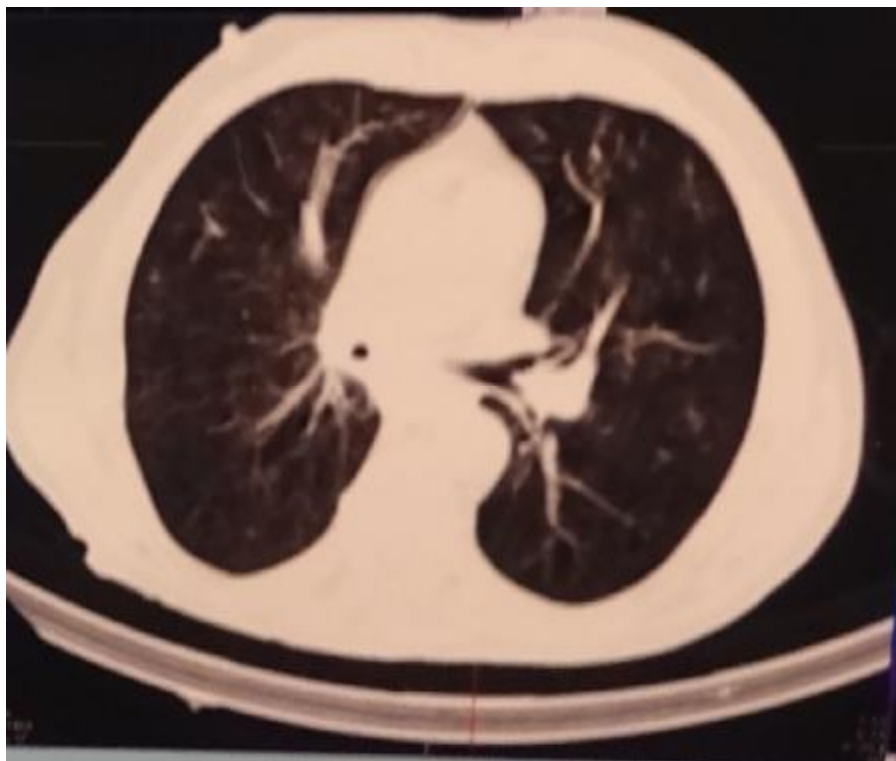
Сцинтиграмма легких с ^{99}Tc -микросферами альбумина при тромбоэмболии мелких ветвей легочных артерий



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



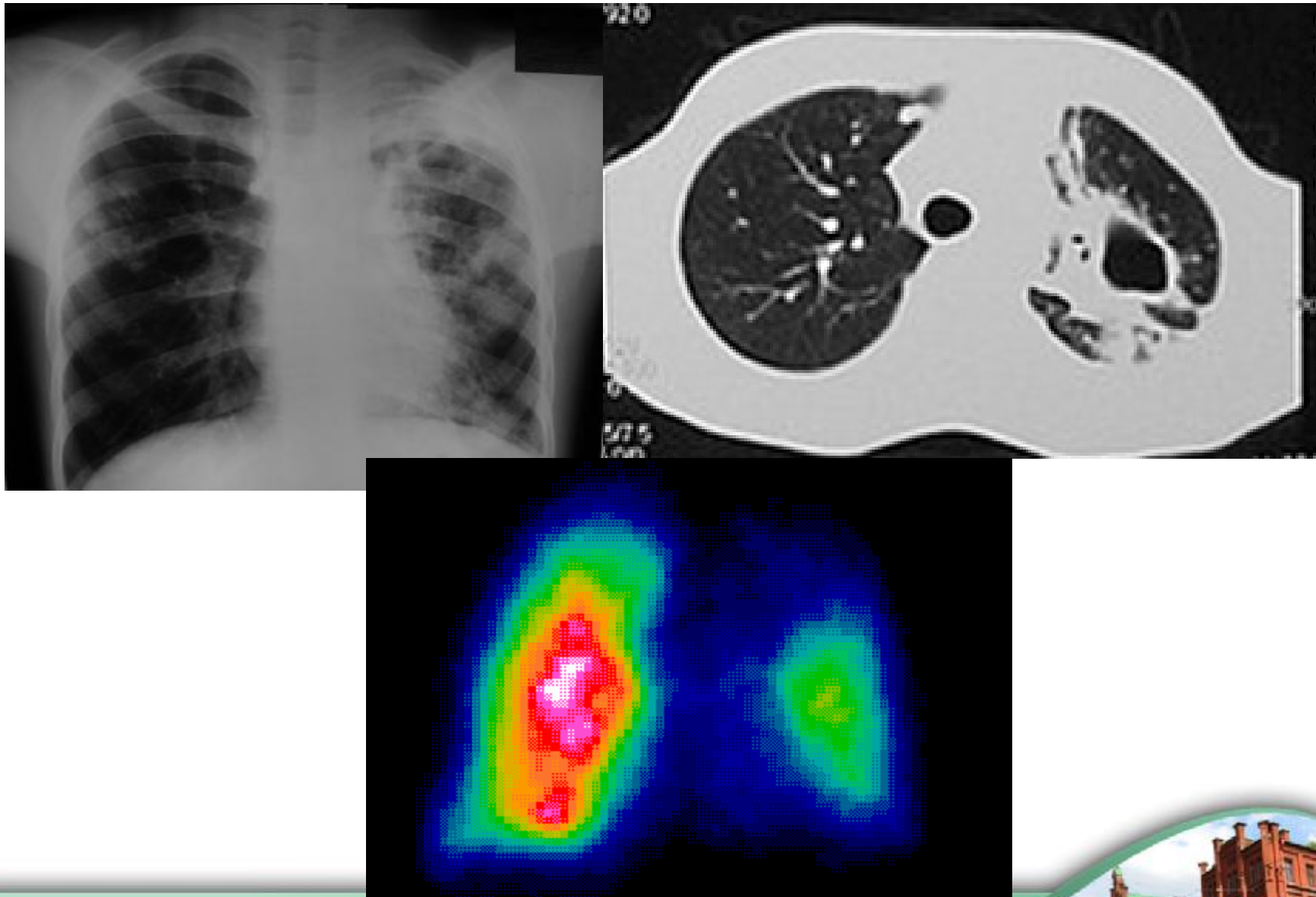
КТ и ОФЭКТ-КТ при тромбоэмболии ветвей легочных артерий



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



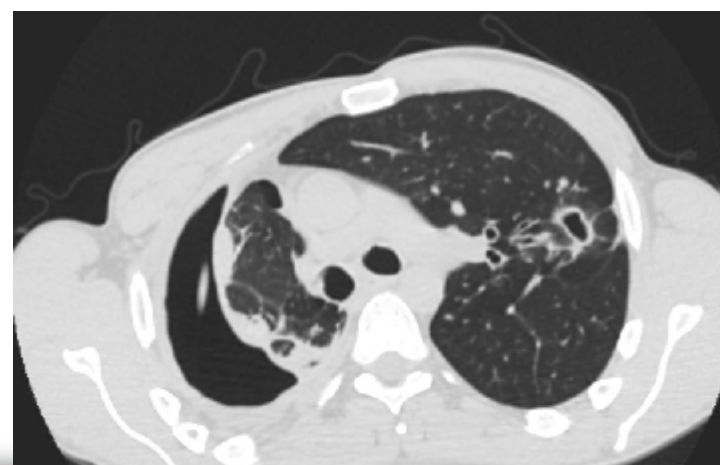
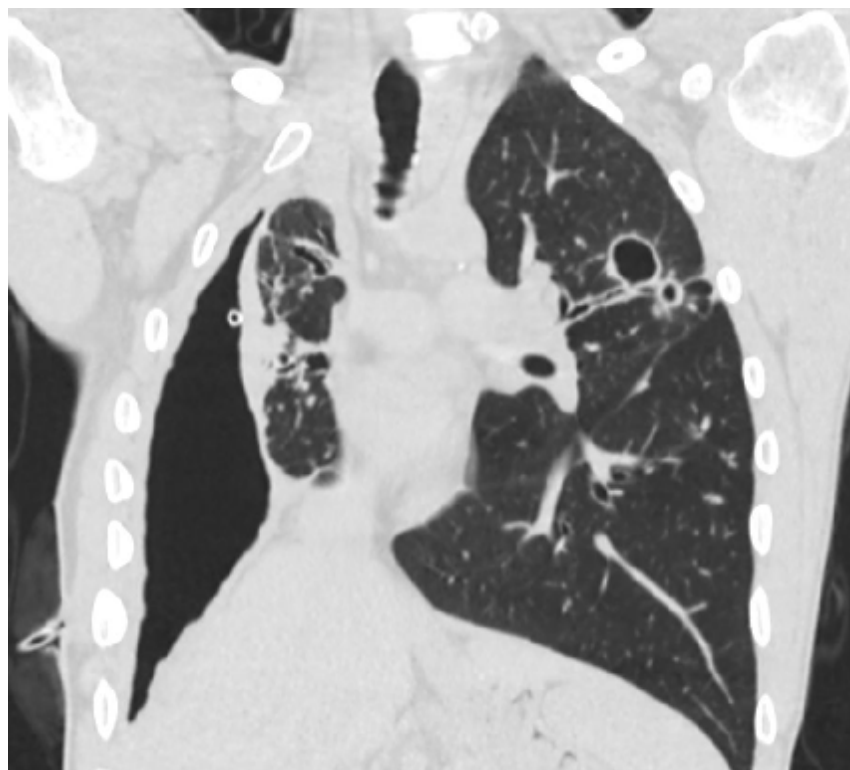
Сцинтиграмма легких с ^{99}Tc -микросферами



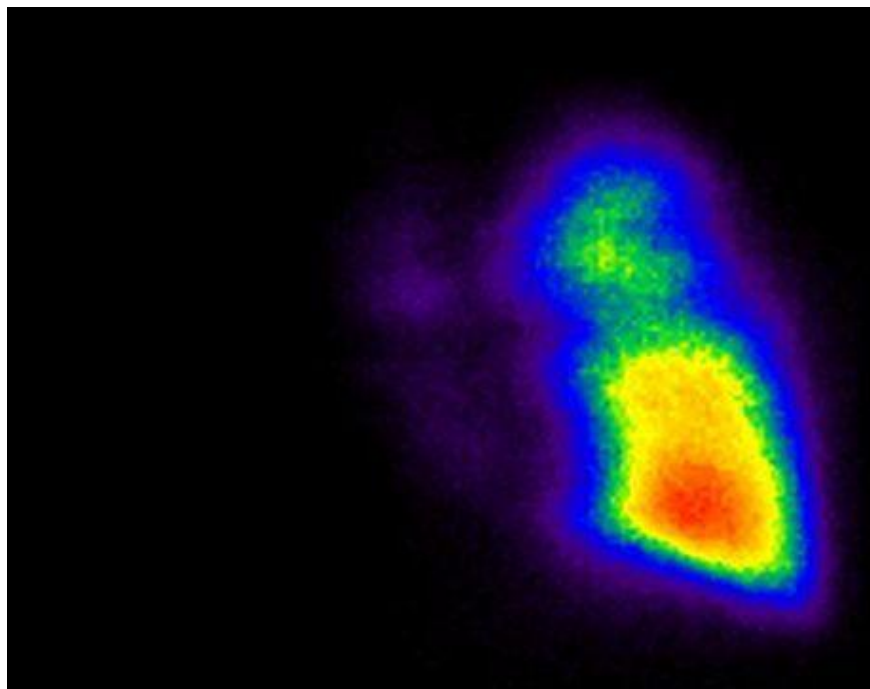
ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



Эмпиема правой плевральной полости



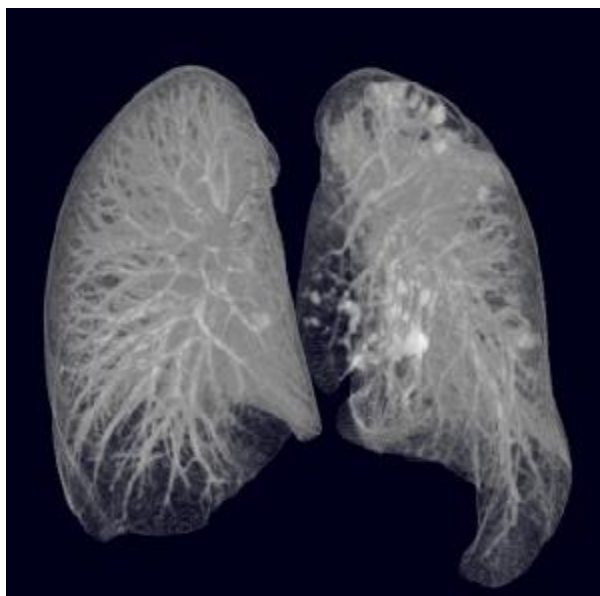
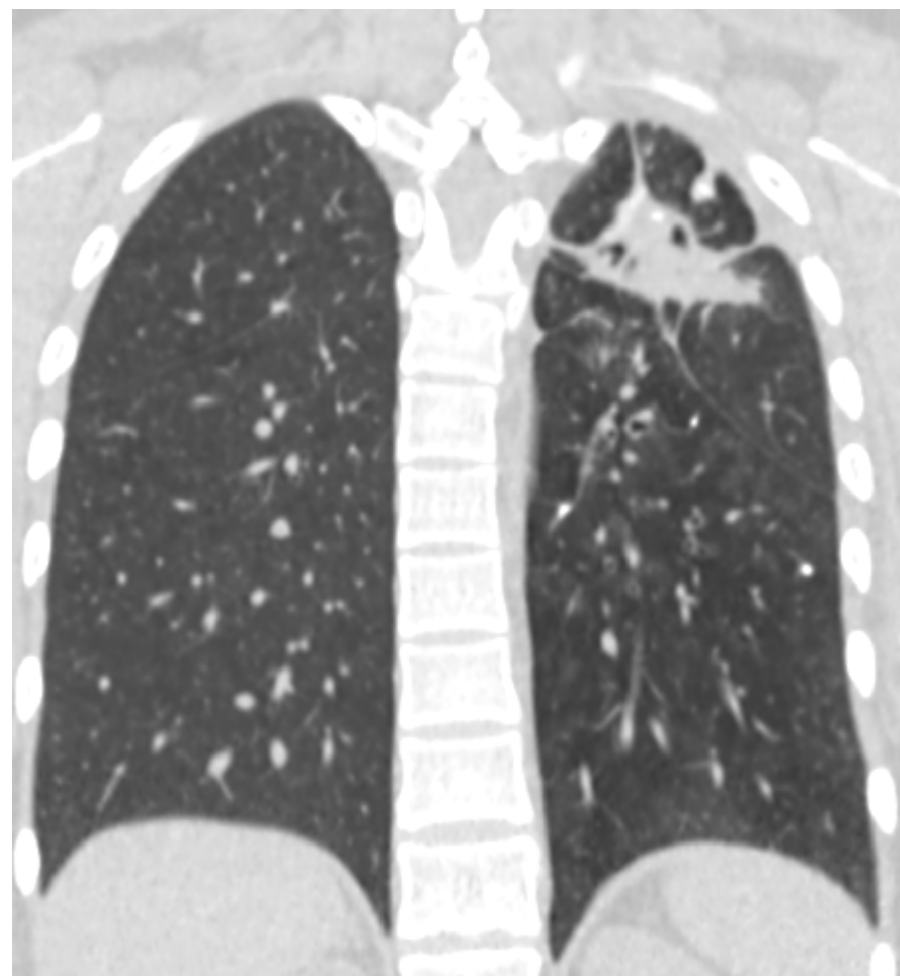
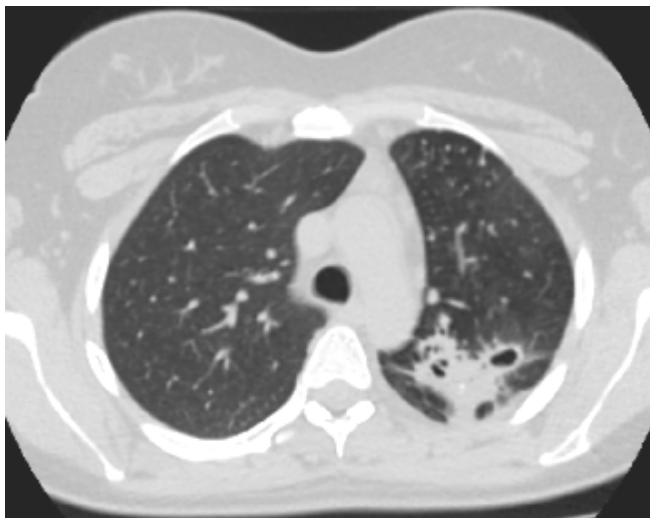
Полное отсутствие кровотока в правом легком



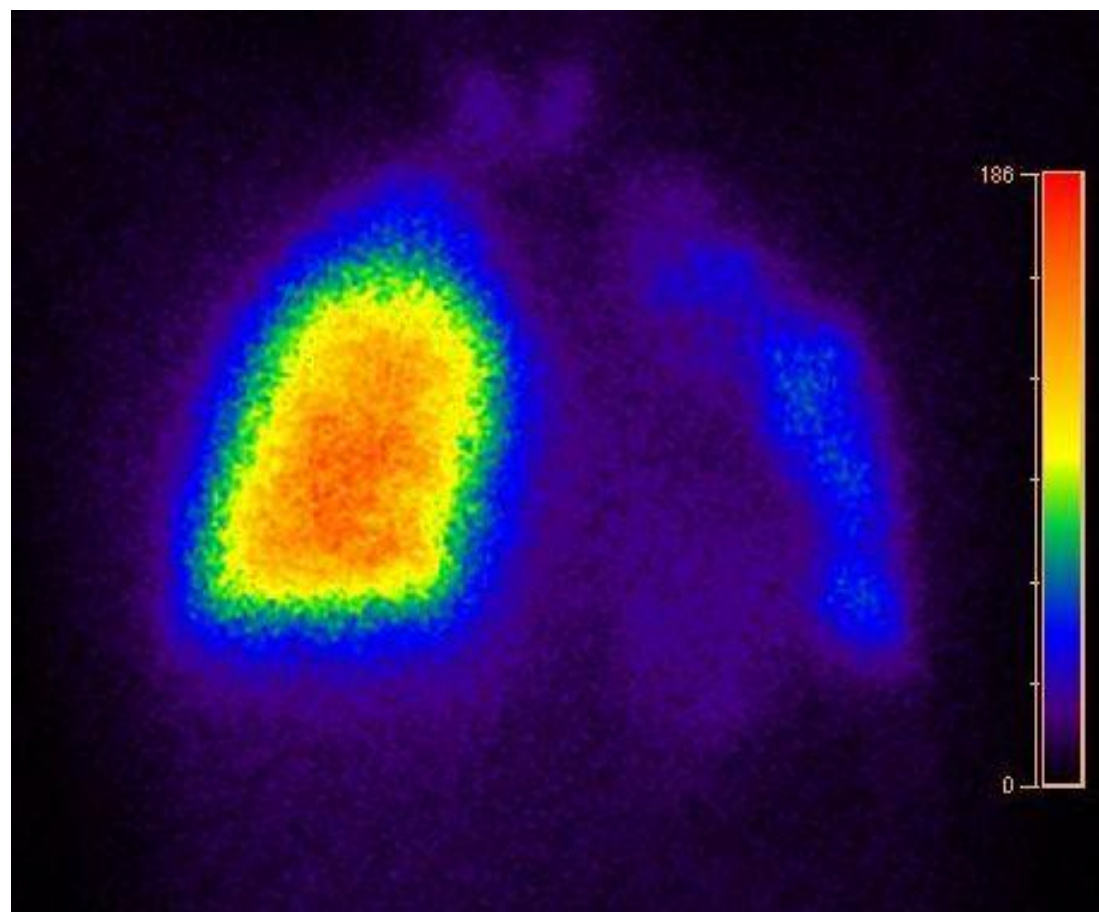
Perfusion analysis				
Posterior				
	Left counts	Left %	Right counts	Right %
Total	816564	95.77	36064	4.23
Upper segment	102984	12.08	8085	0.95
Middle segment	322318	37.80	21987	2.58
Lower segment	391262	45.89	5992	0.70
Anterior				
	Left counts	Left %	Right counts	Right %
Total	800455	95.42	38447	4.58
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



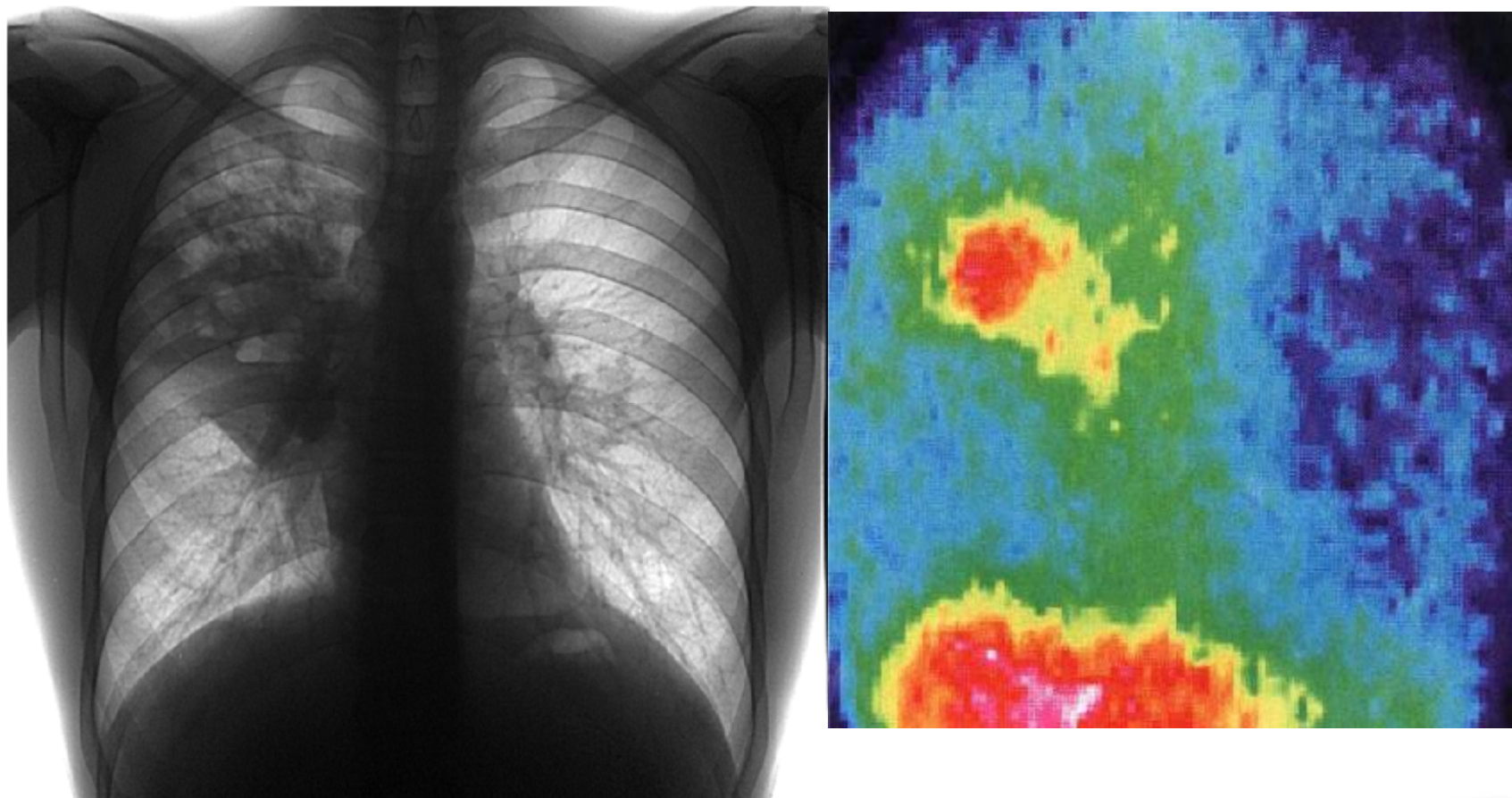
Практически полное отсутствие кровотока
в левом легком по данным
перфузионной сцинтиграфии



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.)

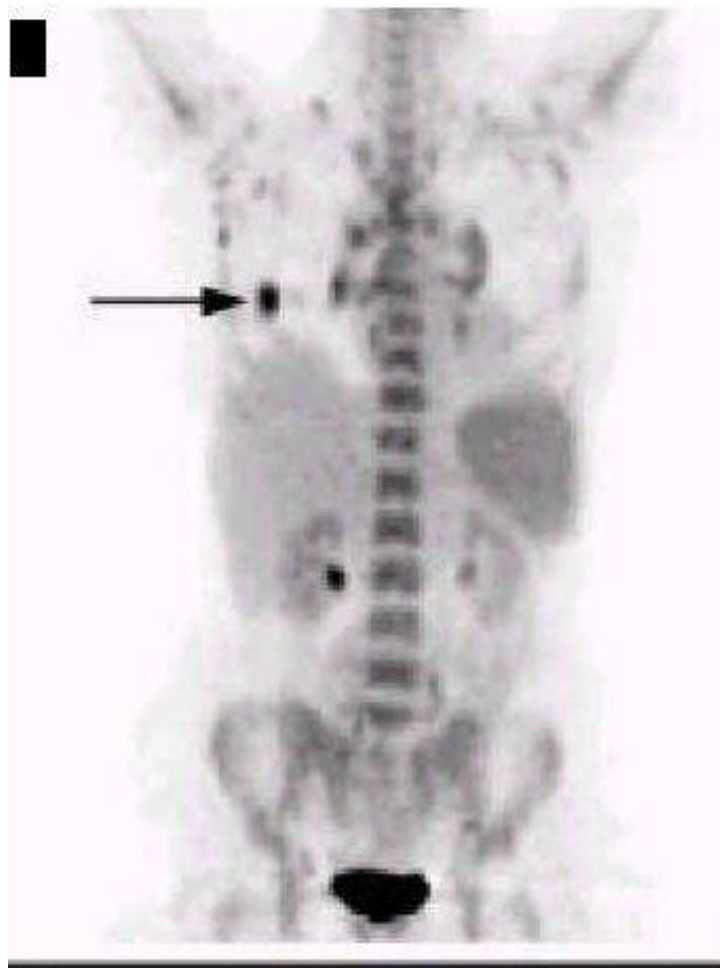
ü Дифференциальная диагностика злокачественного и доброкачественного процесса

ü Выявление метастазов в регионарные лимфоузлы

ü Выявление отдаленных метастазов



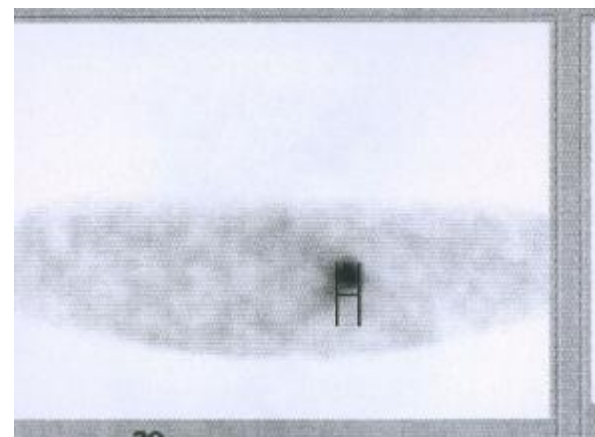
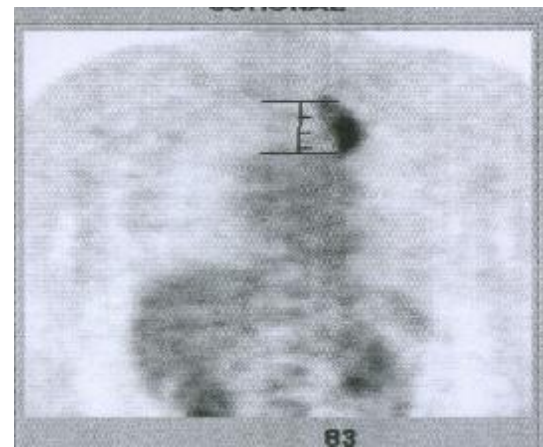
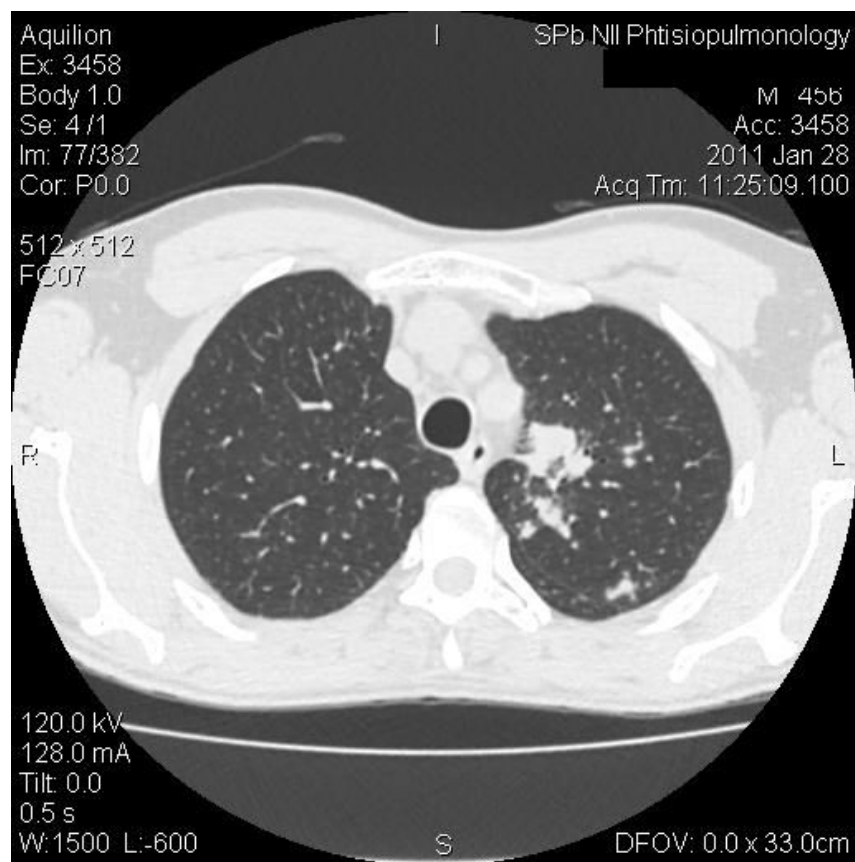
ПЭТ



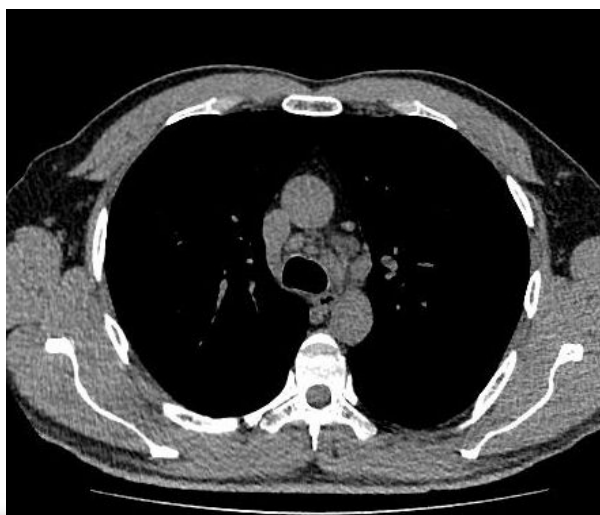
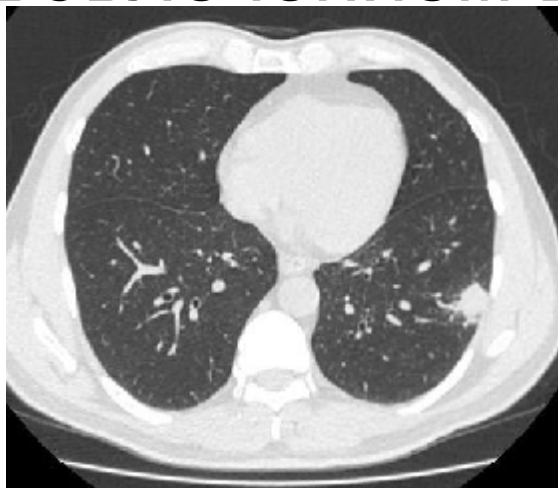
ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



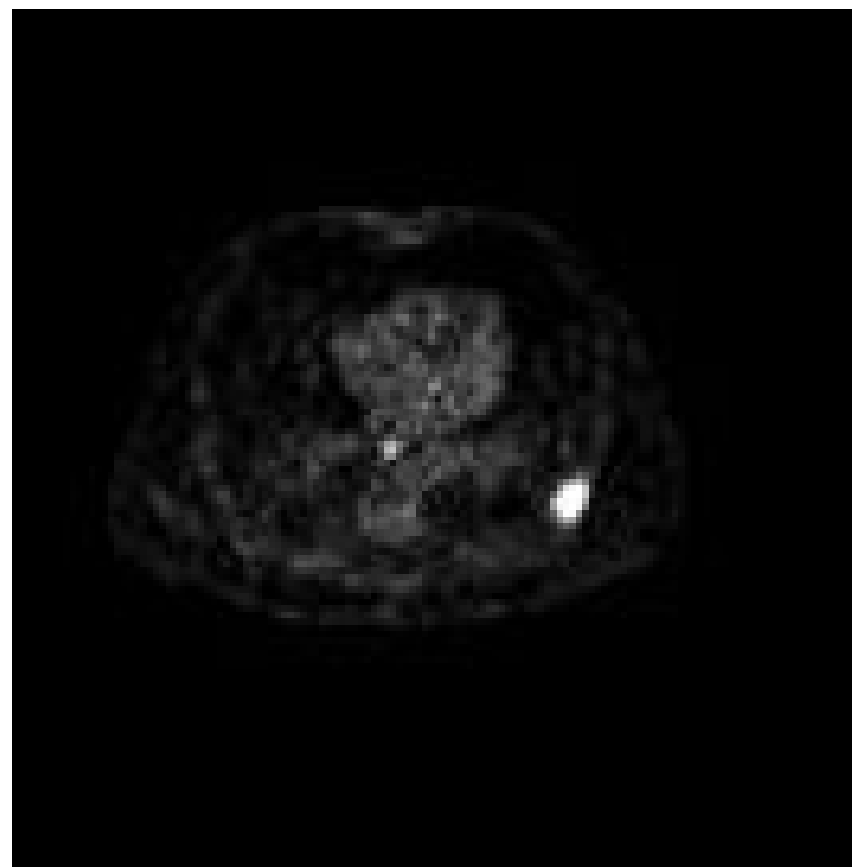
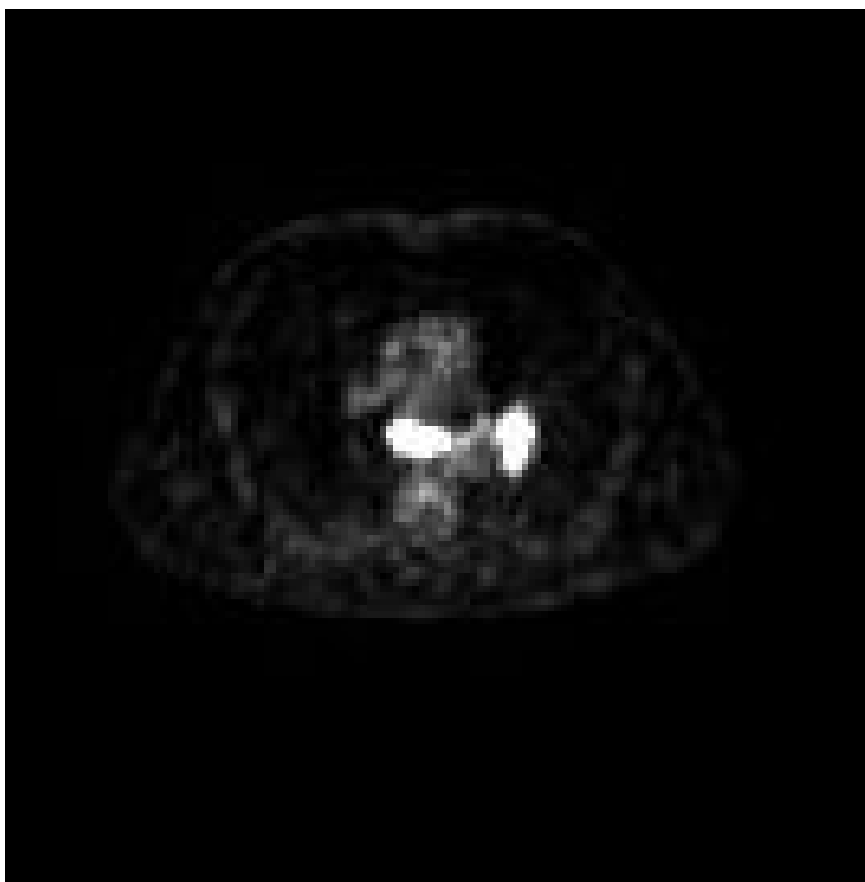
Оценка активности туберкулезного процесса



Образование в S9 левого легкого с вовлечением в процесс лимфоузлов.



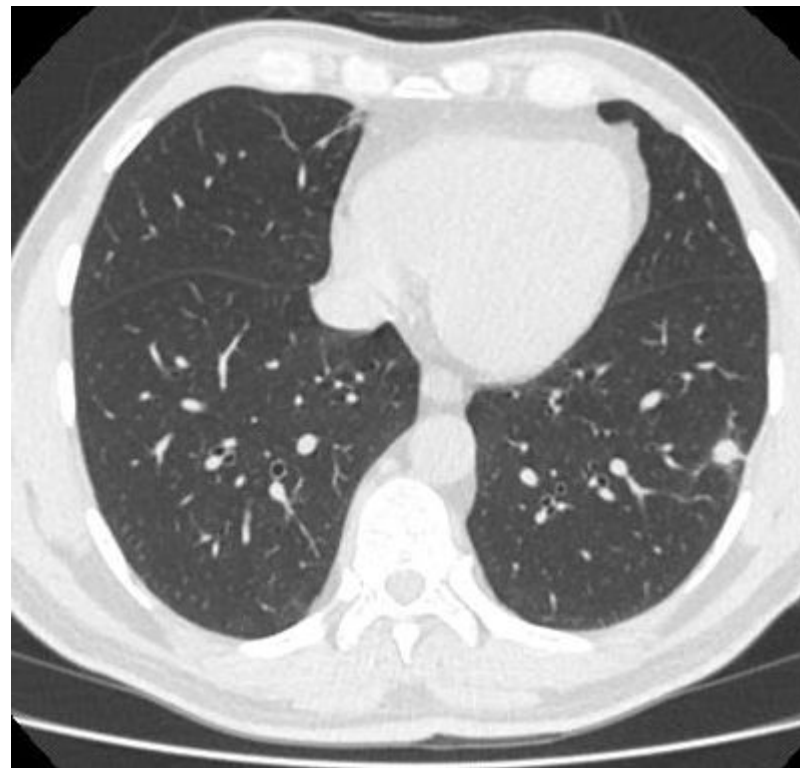
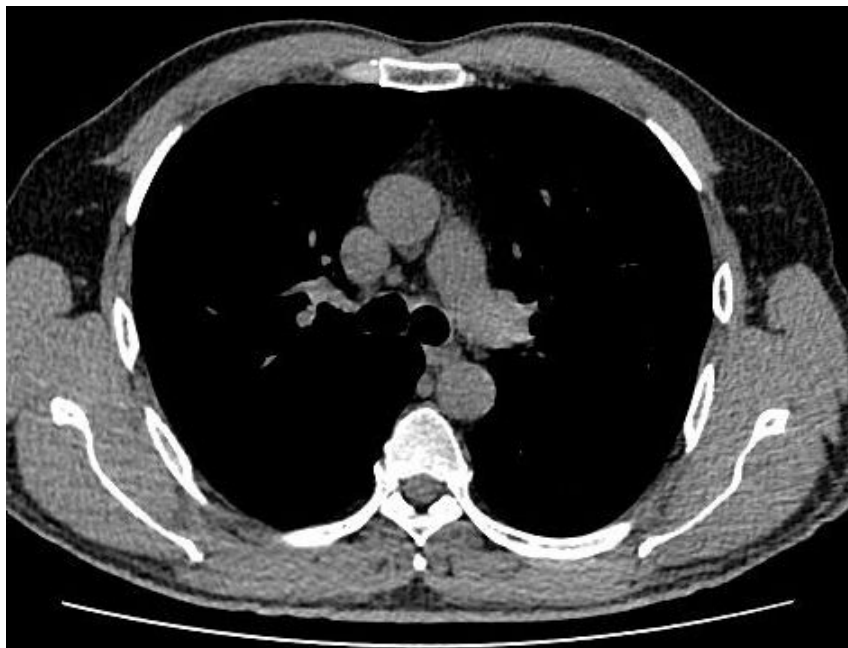
Данные ПЭТ



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



Динамика на фоне противотуберкулезной терапии через 2 месяца



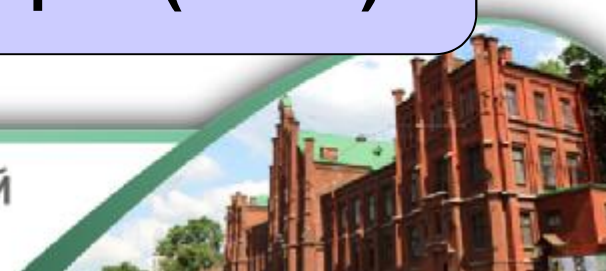
Комбинированные методики



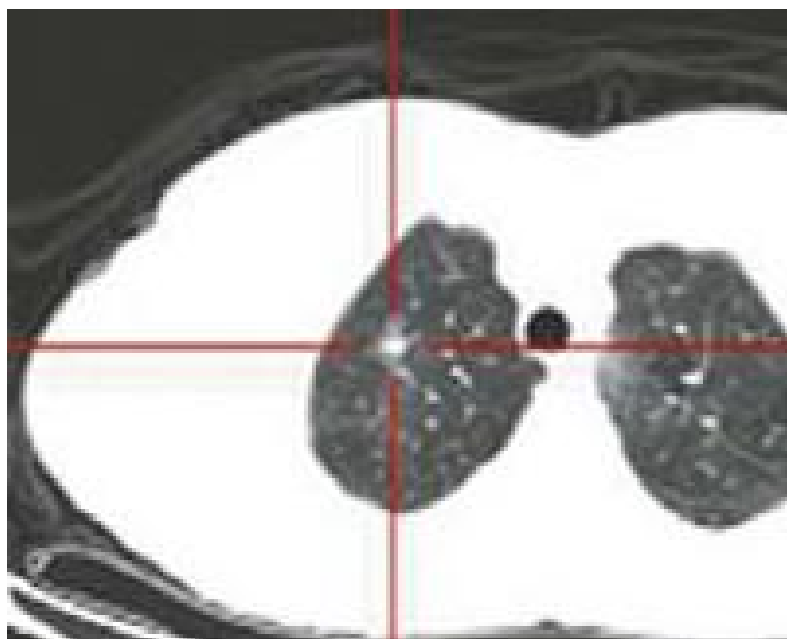
ОФЭКТ/КТ системы

**ПЭТ/КТ, ПЭТ/МРТ
системы**

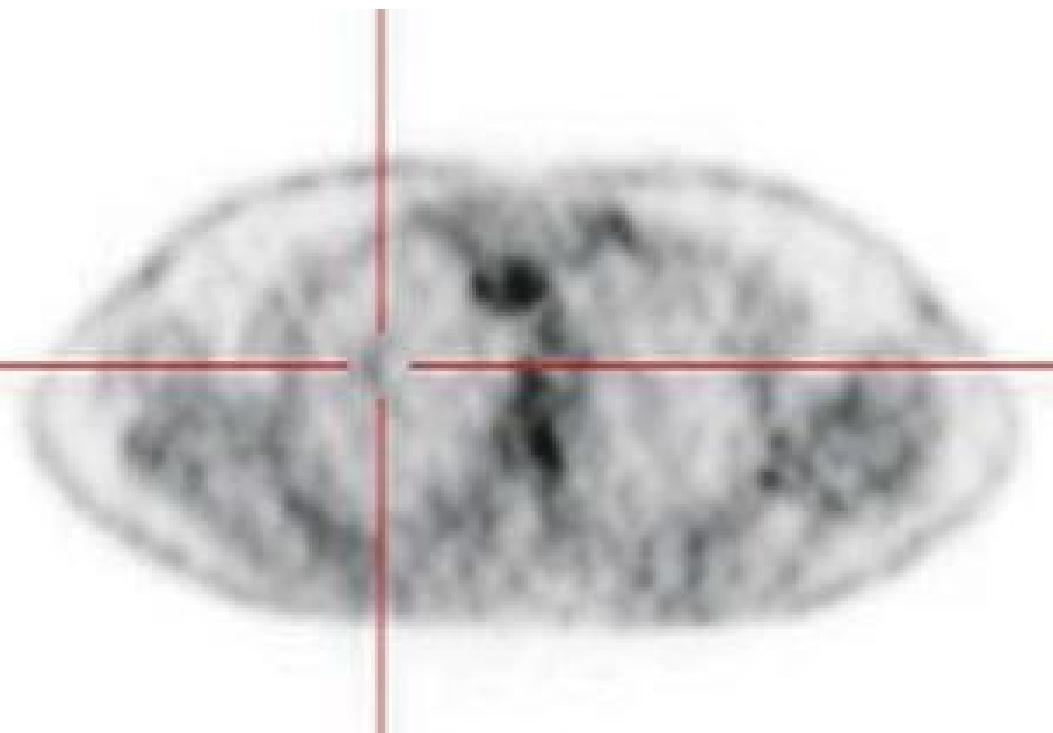
**Эндобронхиальная
ультрасонография (EBUS)**



Диагностика активности с ^{67}Ga -цитратом (ОФЭКТ КТ)



КТ



ОФЭКТ

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

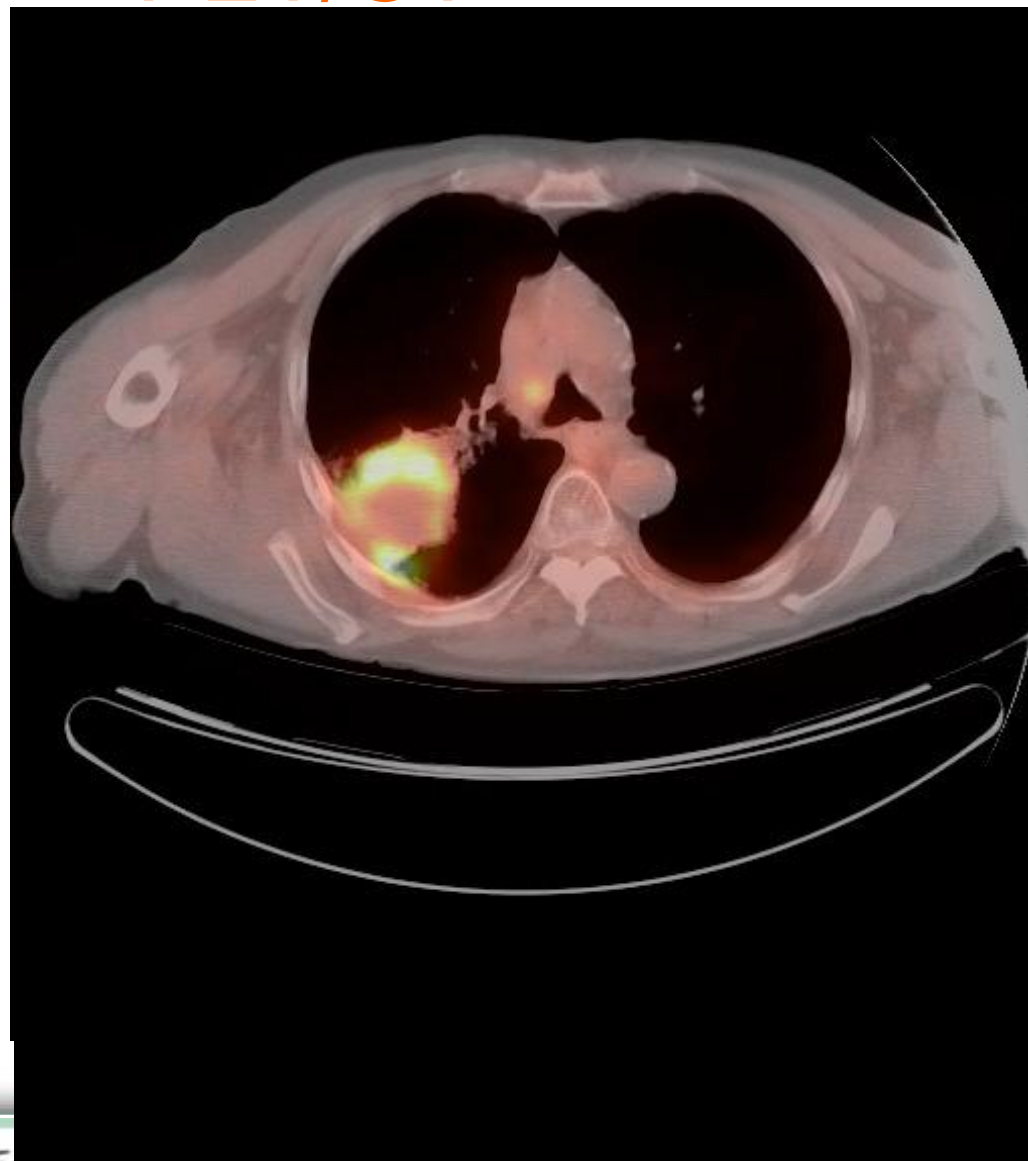


PET/CT

CT

PET

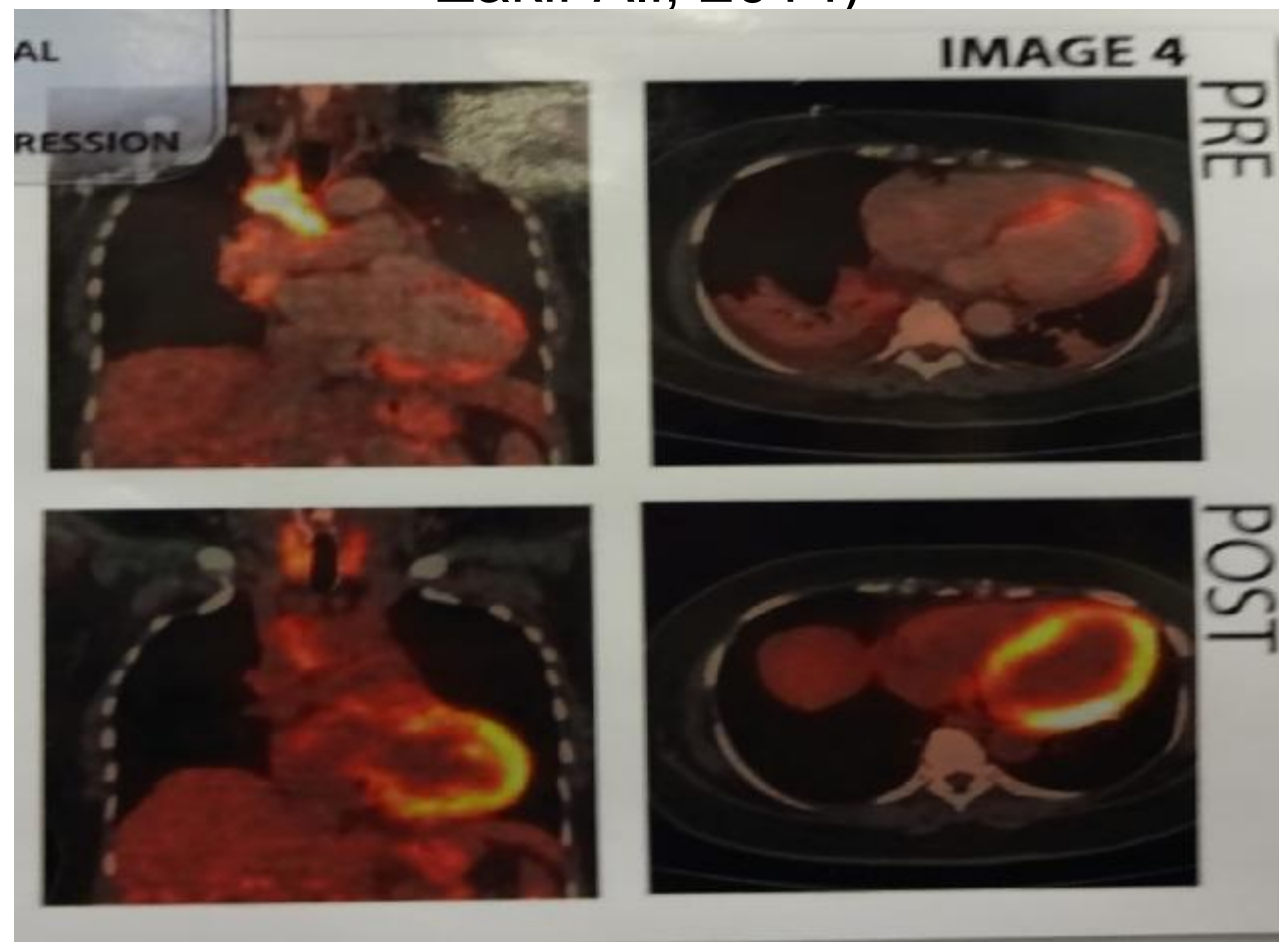
PET/CT



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



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



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



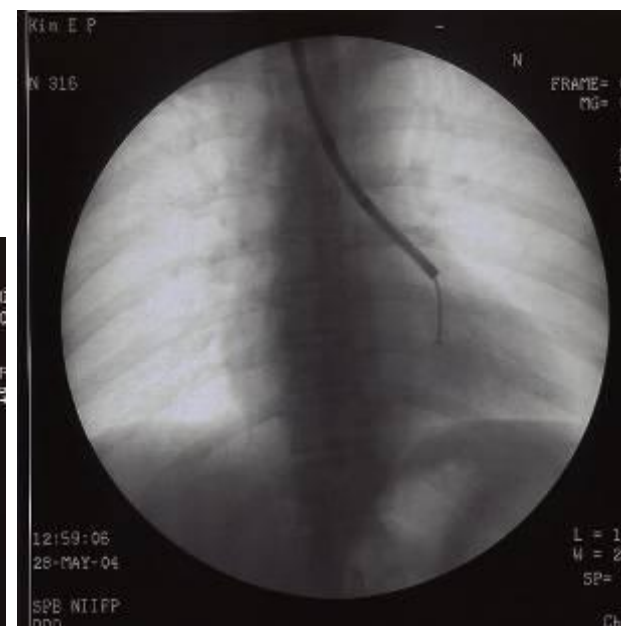
Интервенционная радиология

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

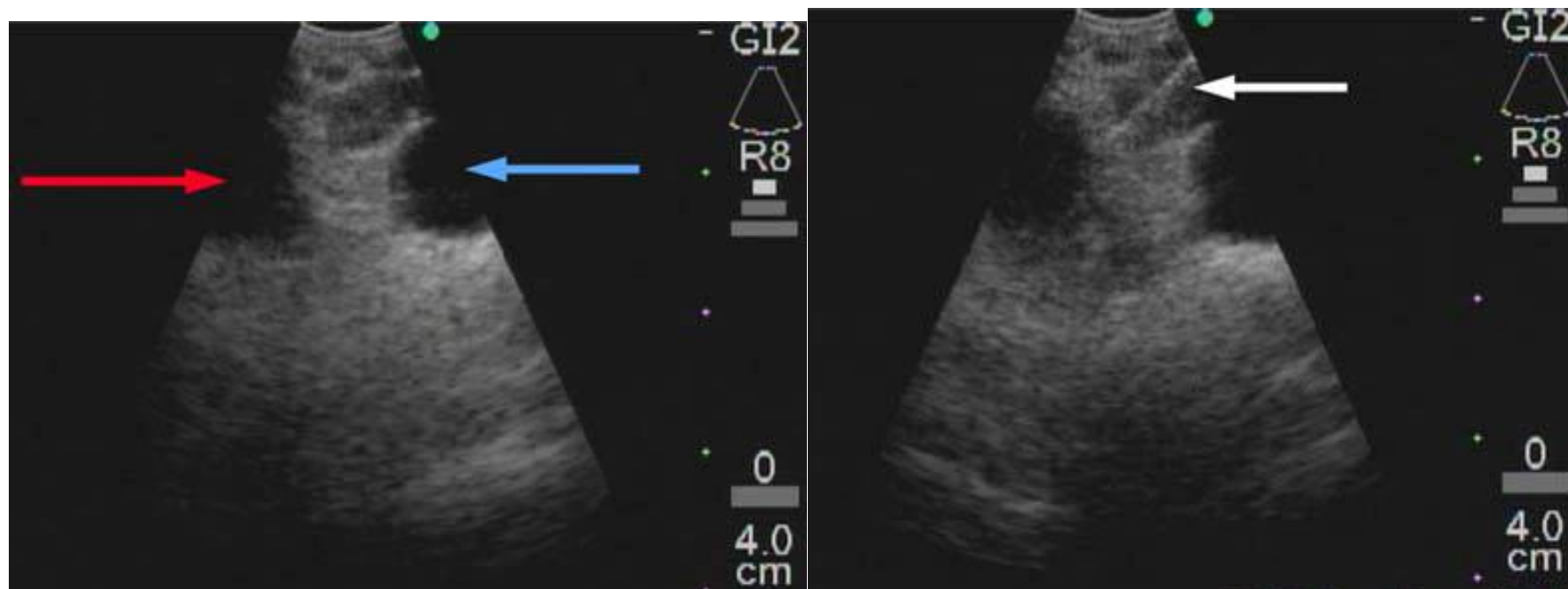
-Гистологическая верификация процесса



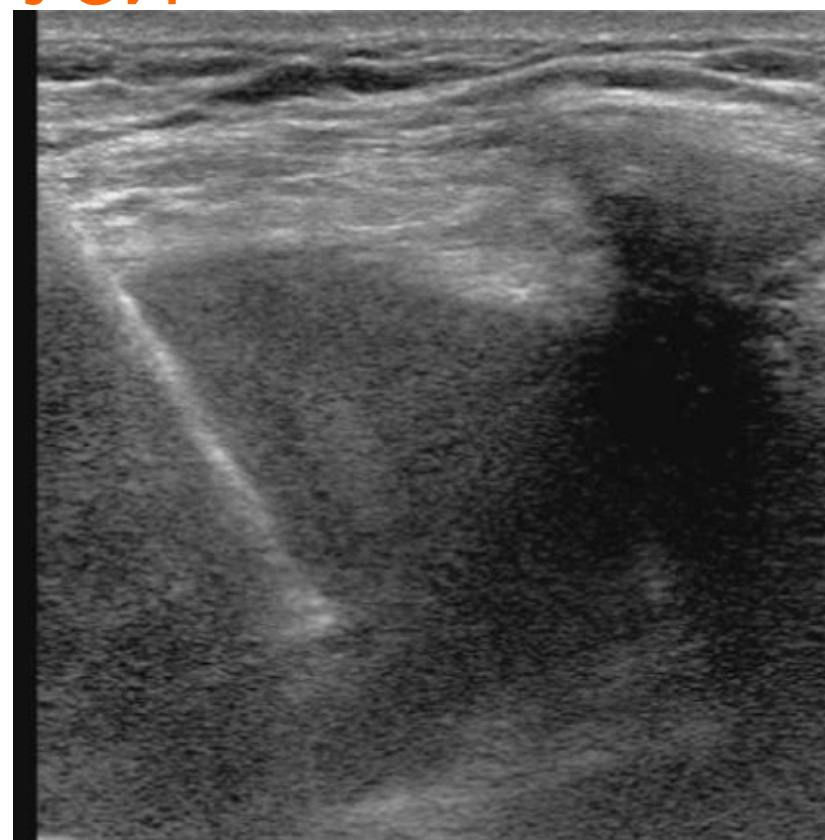
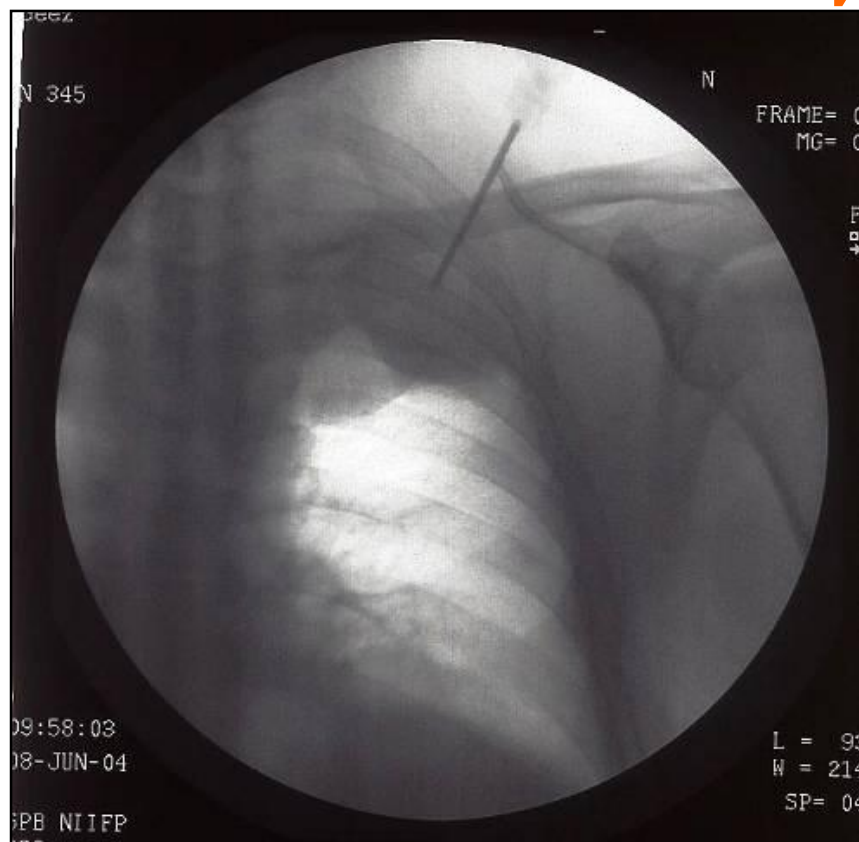
Чрезбронхиальная биопсия округлого образования S10 левого легкого под контролем цифровой рентгеноскопии



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



Трансторакальная биопсия образований под контролем цифровой рентгеноскопии и УЗИ

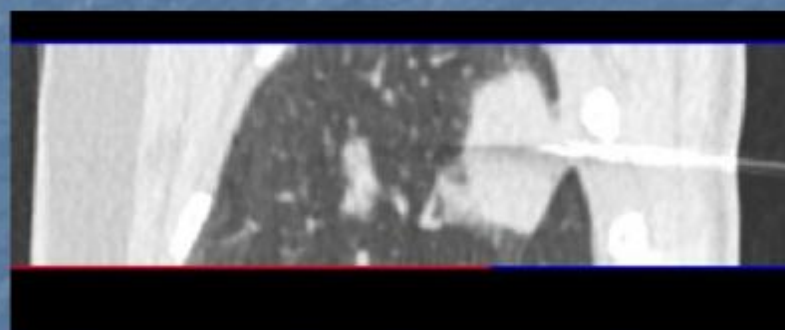
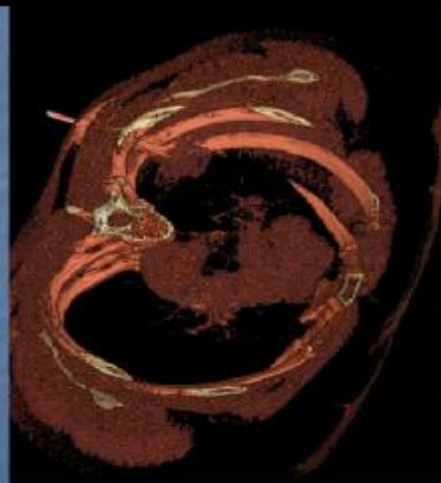
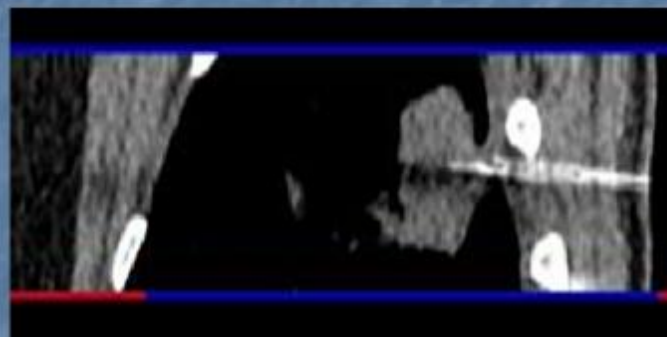


ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт фтизиопульмонологии» Минздрава России



Трансторакальная биопсия образования легкого под контролем КТ

Биопсия образования S2 правого легкого под КТ контролем



ИЗМЕНЕНИЕ ТАКТИКИ ЛУЧЕВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

XX – век

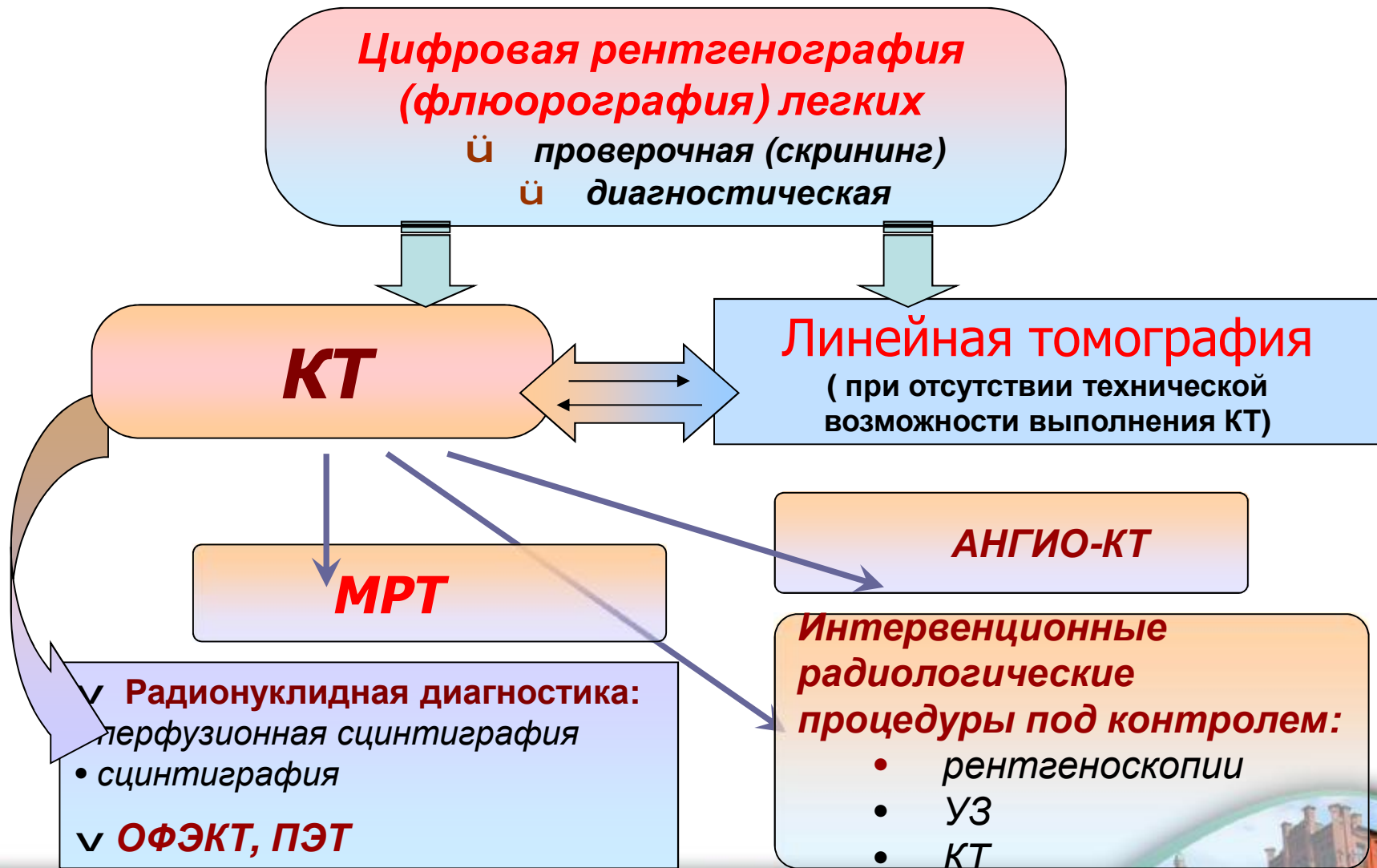
«от простого к сложному»

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

