

Методы лучевой диагностики

Часть 1

заведующий кафедрой лучевой диагностики
ОмГМА, профессор Игнатьев Юрий
Тимофеевич

- Область медицины, предметом которой является диагностика по изображениям, называется:
- - медицинская визуализация,
- - диагностическая радиология,
- - лучевая диагностика,
- - интроскопия
- Дата рождения: 8 ноября 1895 года
- Около 80% всех диагнозов выставляются с привлечением методов визуализации

Задачи лучевого исследования

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

- *Лучевые исследования человека (in vivo)*
- - рентгенологический, включая РКТ;
- - радионуклидный метод;
- - ультразвуковой метод;
- - магнитно-резонансная томография;
- - медицинская термография.

- *Лучевые исследования биологических жидкостей, биоптатов (in vitro)*
 - - радиоиммунологический анализ
 - - МР спектроскопия;
 - - автордиография;

Вильгельм Конрад РЕНТГЕН (1845-1923)



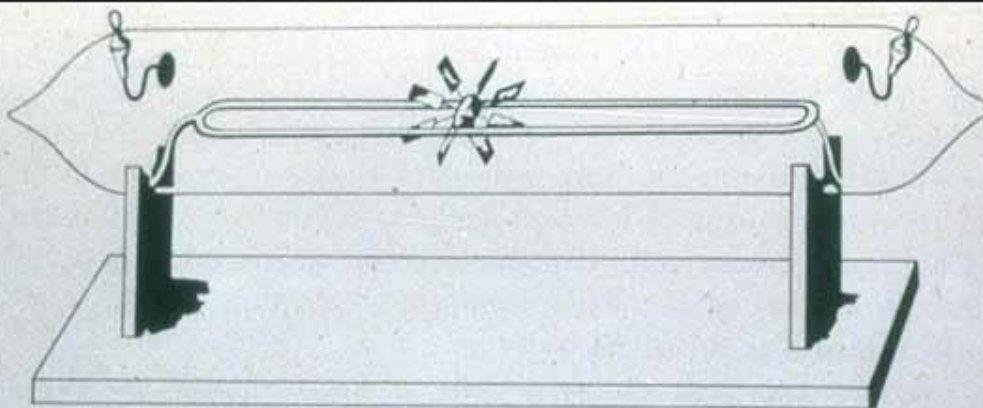
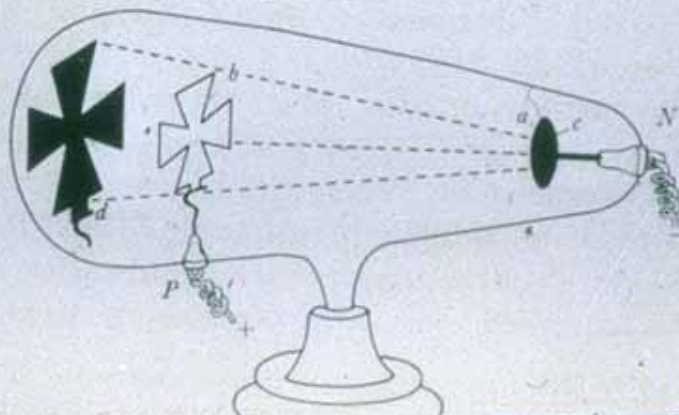
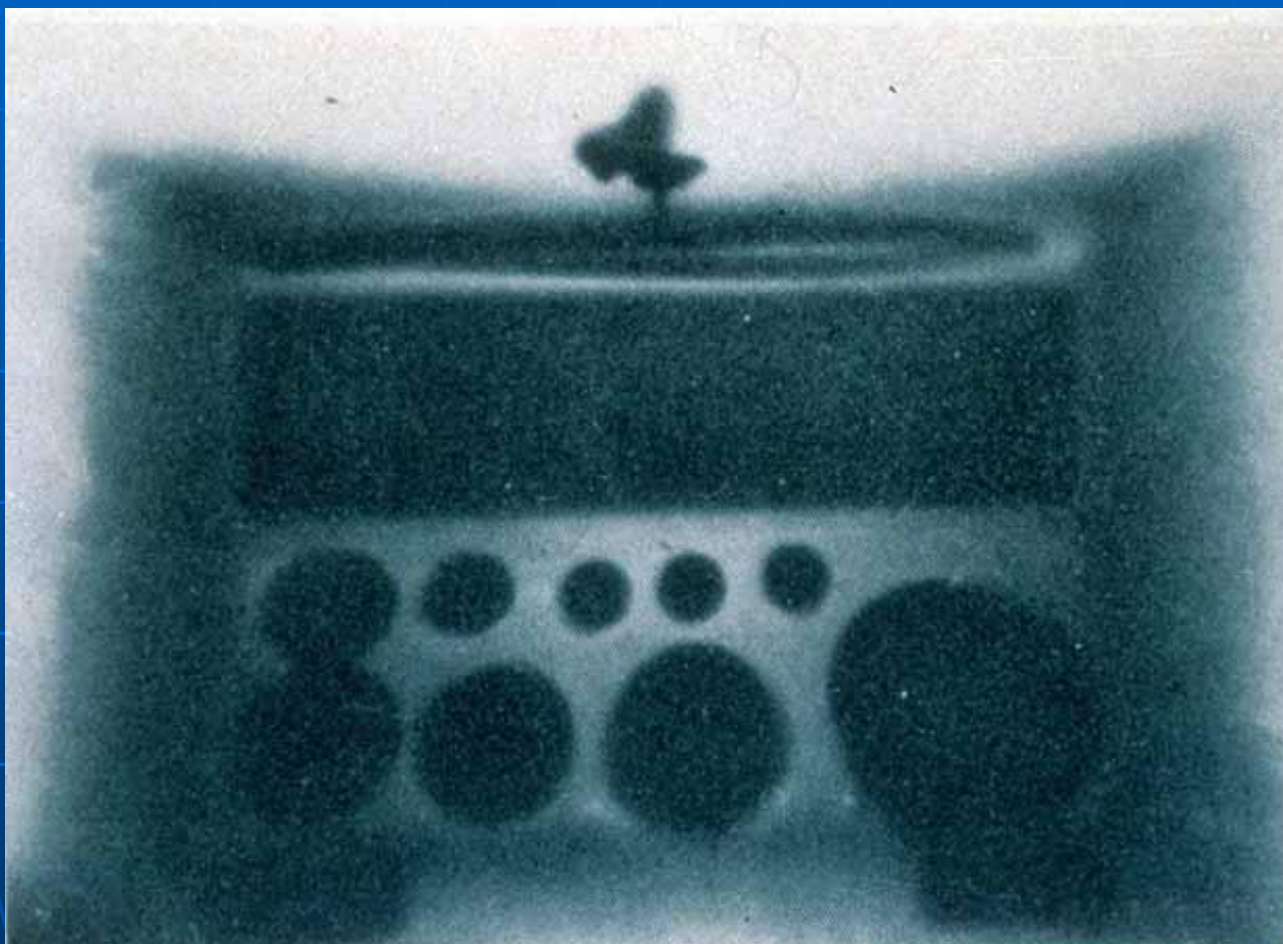


FIG. 1. From *Electrical Engineer* (New York), 21: 237, March 4, 1896.



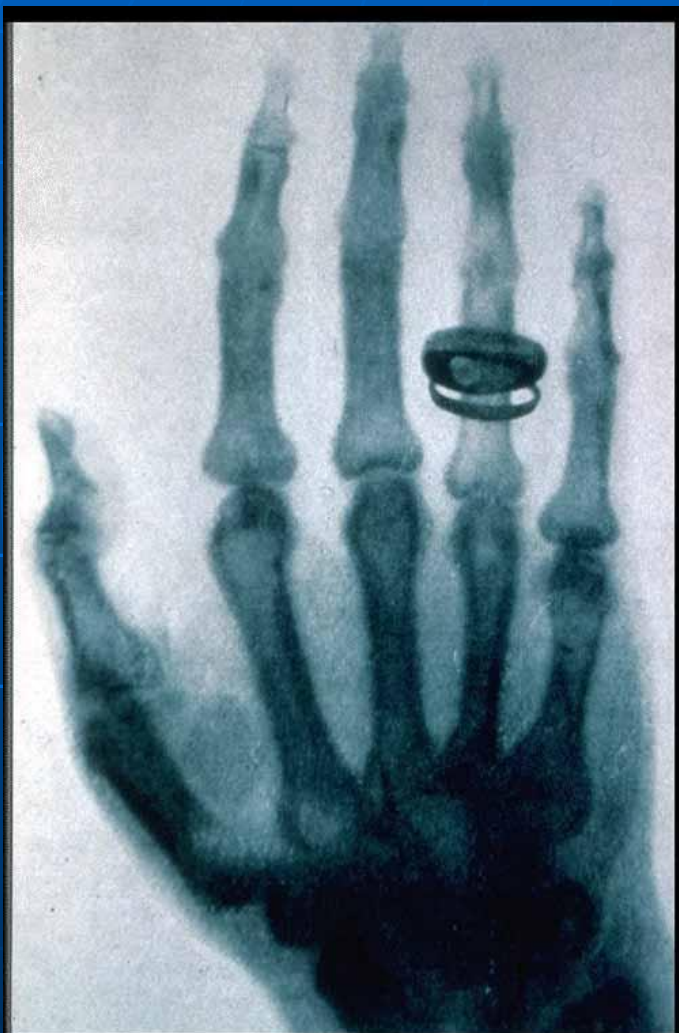
Схемы катодных трубок



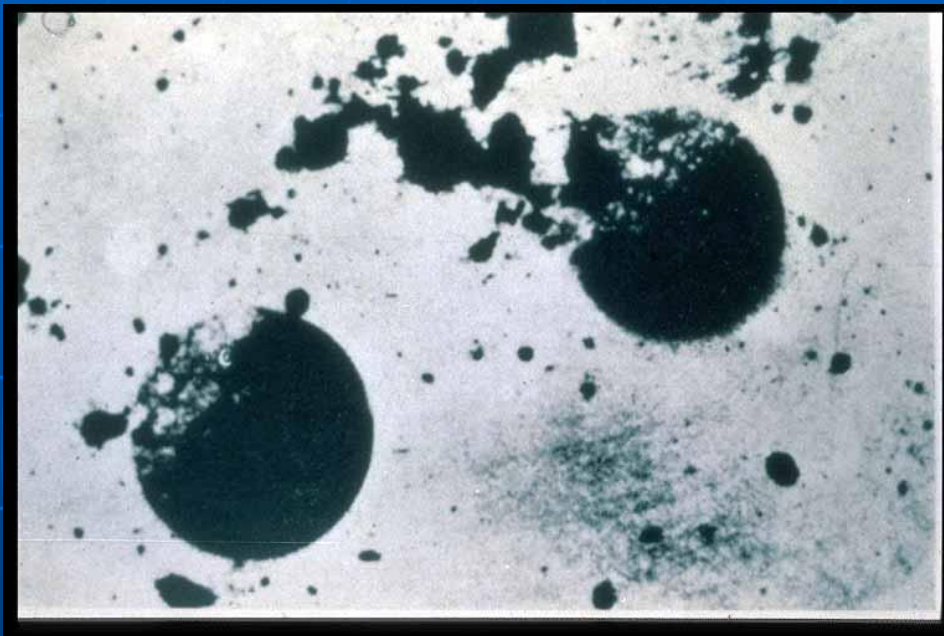
Первый экспериментальный снимок 1895 года



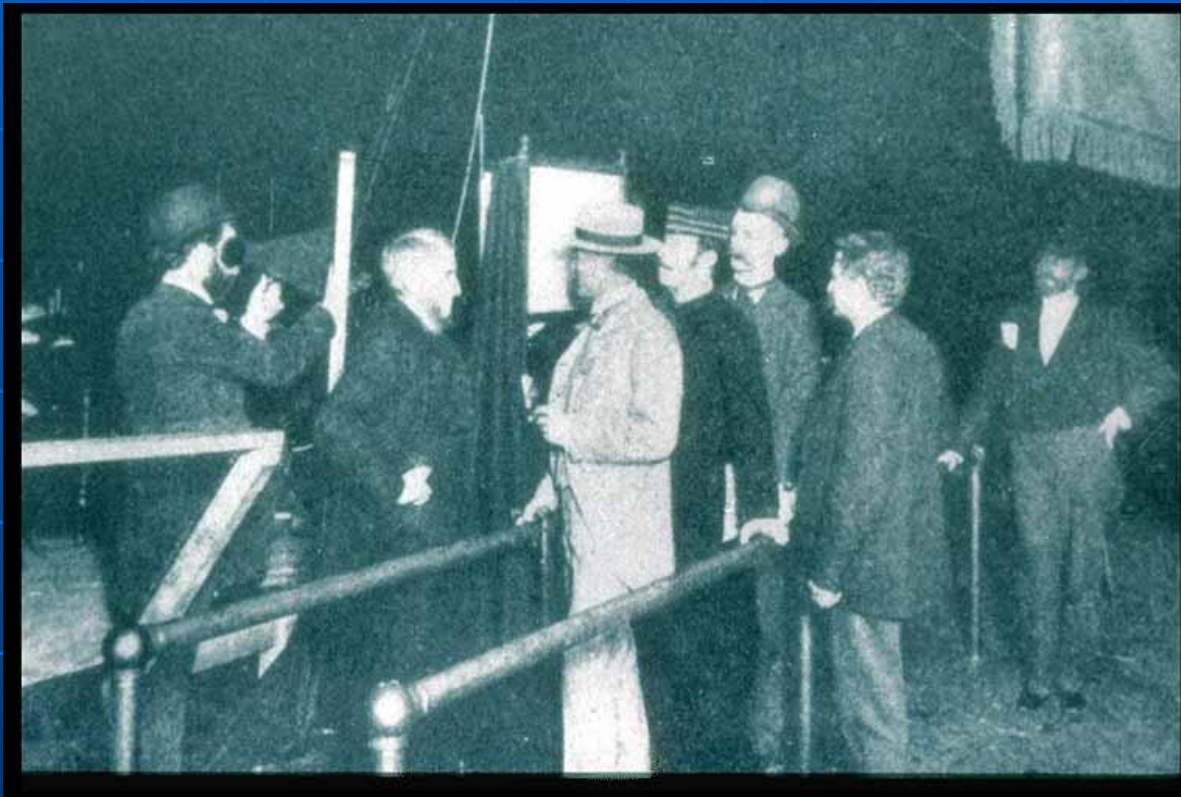
Снимок кисти жены Рентгена
(22 декабря 1895 года)



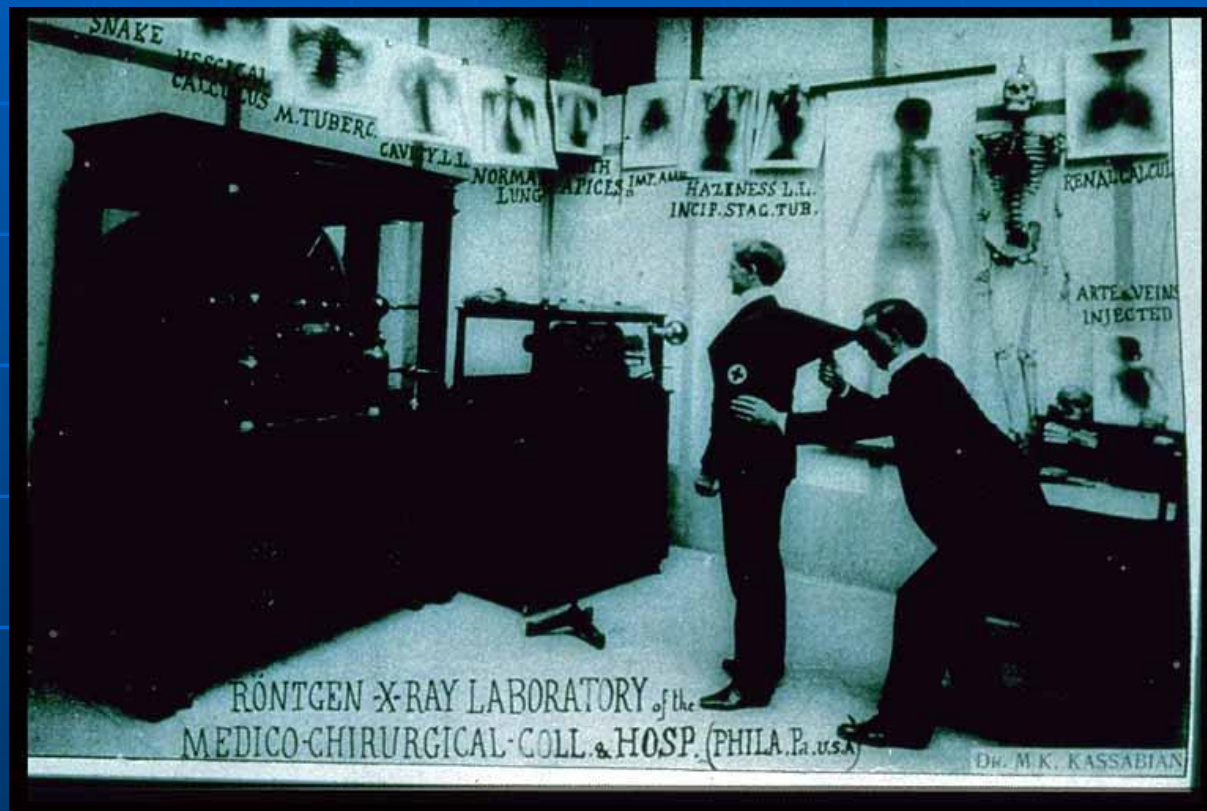
Снимок кисти Альберта
Келликера, выполненной на
лекции физико-
медицинского научного
общества 23 января 1896
года



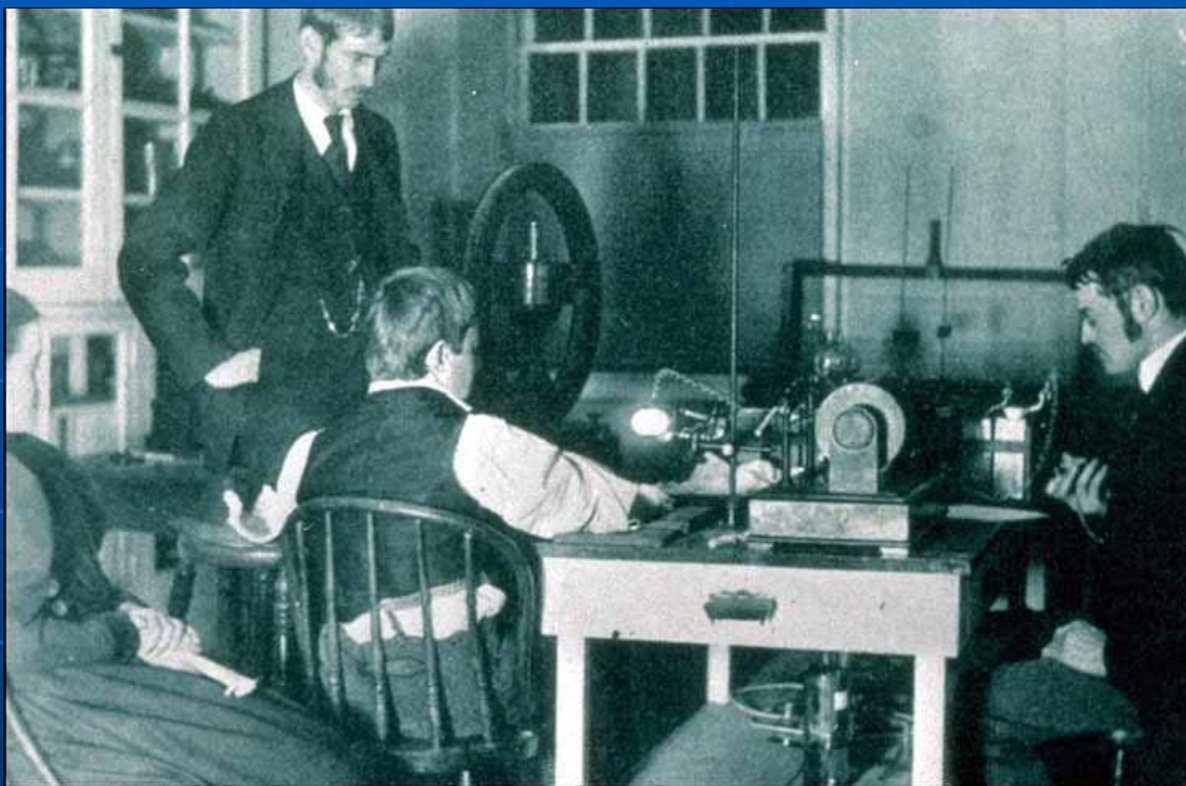
Снимок монет (1896) А.Goodspeed (1860-1943) и W.Jennings (1860-1945), выполненной 22 февраля 1890 года. Физики оспаривали приоритет открытия X-ray. Е.С.Каменский (Баку), И.П.Пулюй (Прага)



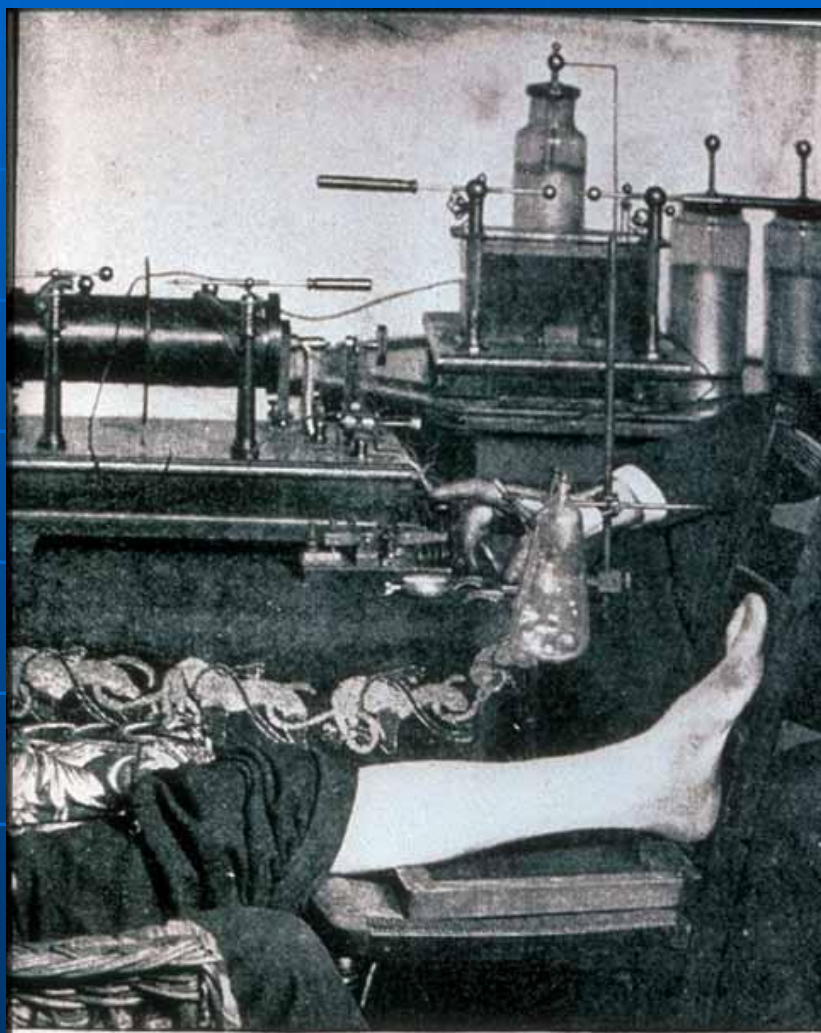
Публичная демонстрация Эдисоном изображения скелета с помощью X-лучей. Май 1896 год



Первые аппараты и первые рентгеноскопические исследования (Филадельфия, 1896 год)



Е. Frost проводит рентгенографию при переломе
костей предплечья



В апреле 1896 года открываются комнаты рентгенографии для пациентов (Dr. Rome Wagner)



Е.Насчек, О.Линдентал пе
законтрастировали сосуды
кисти трупа солями ртути
(Вена, январь 1896 год)

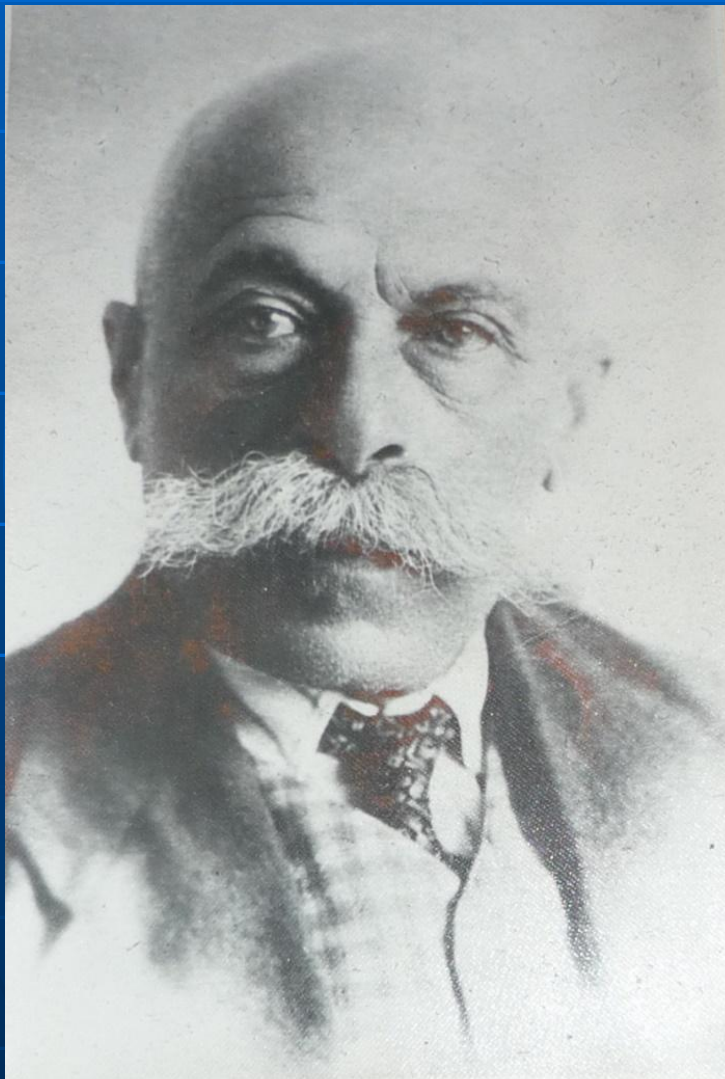


Рентгенография в военно-полевых условиях.
Британские войска на Ниле (1898 год)

Рентгенология в Сибири

- 1896 г – проф. М.Г.Курлов в Томском университете проводил рентгеноскопию и делал снимки на фотопластинках.
- 1897 г – в Томске открыт первый в Сибири рентгеновский кабинет.

Рентгенология в Сибири



- 1901 г – профессор Томского университета В.М. Мыш привез из заграницы рентгеновский аппарат и установил его на кафедре общей хирургии

- В Омске рентгеновские кабинеты открываются в 1924 – 1926 гг., когда рентгеновские импортные аппараты фирмы «Кох-Штерцель» были завезены Карской экспедицией Северным морским путем.
- Два рентгенодиагностического аппарата были установлены в областной клинической больнице на ул. Музейной.

- Особенности лучевой диагностики:
- Массовость исследований;
- Лучевая нагрузка;
- Финансовоемкость (аппаратура, расходные материалы)

В России ежегодно:

- более 95 млн. диагностических РИ
- Более 70 млн. проверочных РИ
- КТ – 4,3 млн.
- МРТ – 1,4 млн.
- Более 116 млн. УЗИ
- более 1,9 млн. радионуклидных исследований (данные 2012 года)

На 1000 населения 790 РИ

- Допустимая лучевая нагрузка:
 - 1мЗв в год для проверочных исследований;
 - 15 мЗв в год пациентам неонкологического профиля по клиническим показаниям;
 - 150 мЗв в год пациентам онкологического профиля
 - 20 мЗв в год для персонала (ПДД)
- НРБ-2009, СанПиН-2009

- Критическая лучевая нагрузка:
- При накопленной дозе медицинского диагностического облучения пациентом **500 мЗв** должны быть приняты меры по дальнейшему ограничению его облучения.
- При дозе плода более **100 мЗв** врач обязан предупредить пациентку и рекомендовать прерывание беременности

- **Примерные дозы облучения при некоторых исследованиях:**
- Флюорография пленочная – 0,2 мЗв
- Флюорография цифровая – 0,03-0,04 мЗв
- Рентгенография коленного сустава – 0,2 мЗв
- Рентгенография позвоночника – 0,3 мЗв
- Ирригоскопия – 10 мЗв
- КТ позвоночника - 1,2 мЗв
- Рентгенография зуба – 0,002 мЗв
- Ортопантомография – 0,004 – 0,006 мЗв

Особенности проведения рентгенологических исследований

- - диагностические рентгенологические исследования необходимо проводить строго по клиническим показаниям с обоснованием цели;
- - при неотложных состояниях рентгенологическое исследование осуществляют независимо от сроков предыдущего исследования;
- - окончательное решение о проведении исследования принимает врач-рентгенолог, определяющий необходимый объем и методику исследования

Противопоказания к рентгенологическим исследованиям:

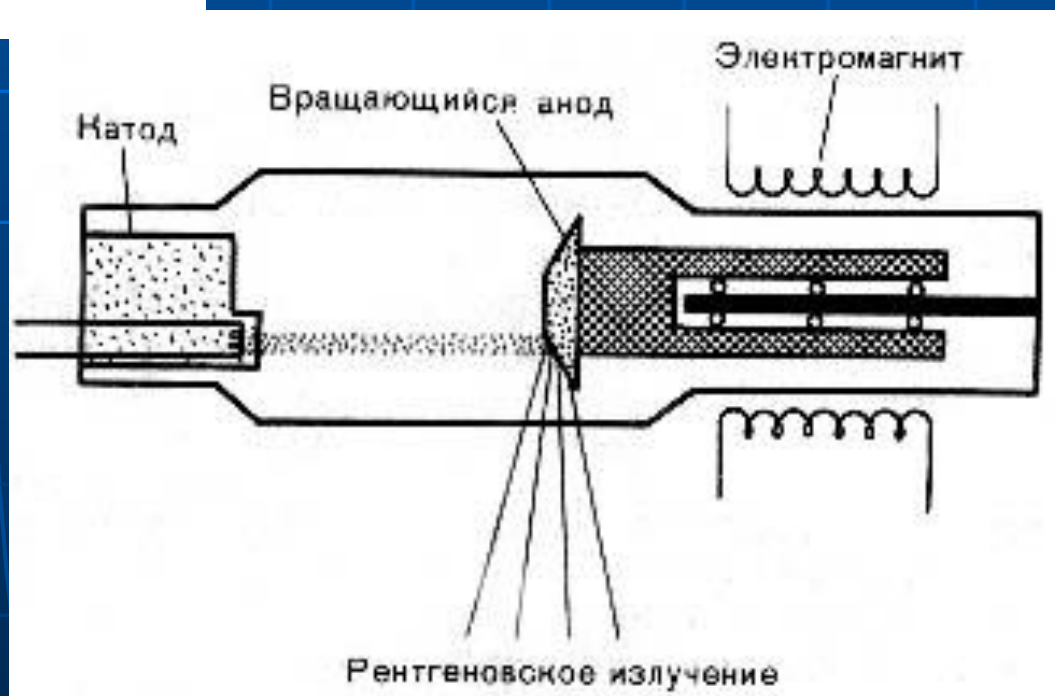
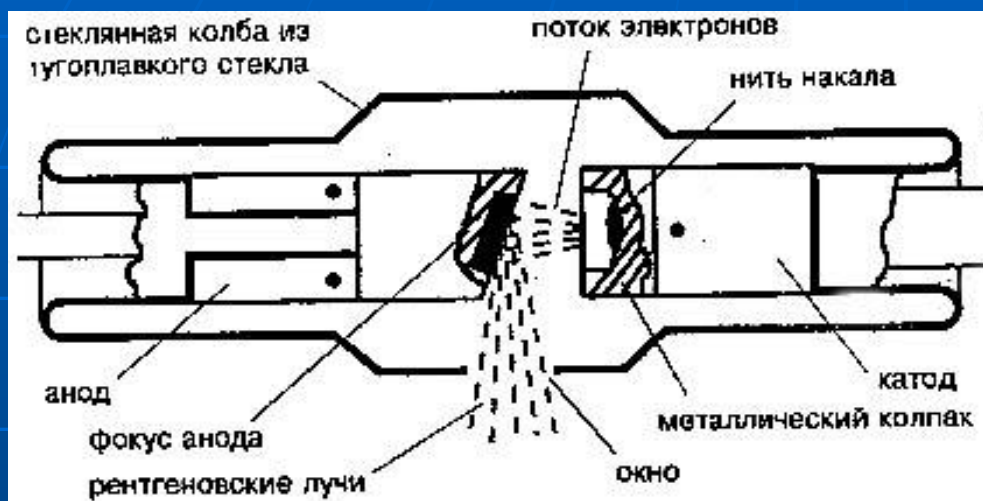
- - проведение проверочных рентгеноскопических исследований;
- - проведение флюорографических исследований детям (до 14 лет) и беременным;
- - проведение рентгеноскопических исследований беременным и кормящим матерям без строгих клинических показаний

Принцип методики лучевого исследования



Рентгенологический метод

Рентгеновская трубка



Характеристика рентгеновских лучей

- Рентгеновское излучение — квантовое (волновое), искусственно создаваемое в специальных трубках рентгеновских аппаратов
- Длина волны от 15 до 0,03 ангстрем.
- Распространение прямолинейное, скорость около 300 000 км/сек. Энергия квантов в зависимости от мощности аппаратуры колеблется от 10 до 300 и более КэВ.

Свойства рентгеновских лучей

- **Первое свойство** – проникающая способность сквозь твердые и непрозрачные тела
- **Второе свойство** – поглощение в тканях в зависимости от удельного веса и объема тканей. Чем плотнее и объемнее ткань, тем большее поглощение лучей. Наибольшее поглощение РИ в костной ткани, наименьшее в легочной ткани.

- **Третье свойство** – способность вызывать свечение флюоресцирующих веществ (люминофоров)
- **Четвертое свойство** – фотохимическое, благодаря чему на рентгеновской фотопленке получается изображение
- **Пятое свойство** – ионизирующее действие
- **Шестое свойство** – биологическое действие рентгеновых лучей на организм человека

Принципиальное устройство рентгеновского аппарата

- **Основные компоненты:**
- рентгеновский излучатель (рентгеновская трубка с системой охлаждения);
- питающее устройство (трансформатор с выпрямителем электрического тока);
- приемник излучения (флюоресцирующий экран, кассеты с пленкой, полупроводниковые датчики);
- носитель изображения (экран, пленка, монитор);
- штативное устройство и стол для укладки пациента;
- пульт управления.

Принципиальное устройство рентгенодиагностического аппарата

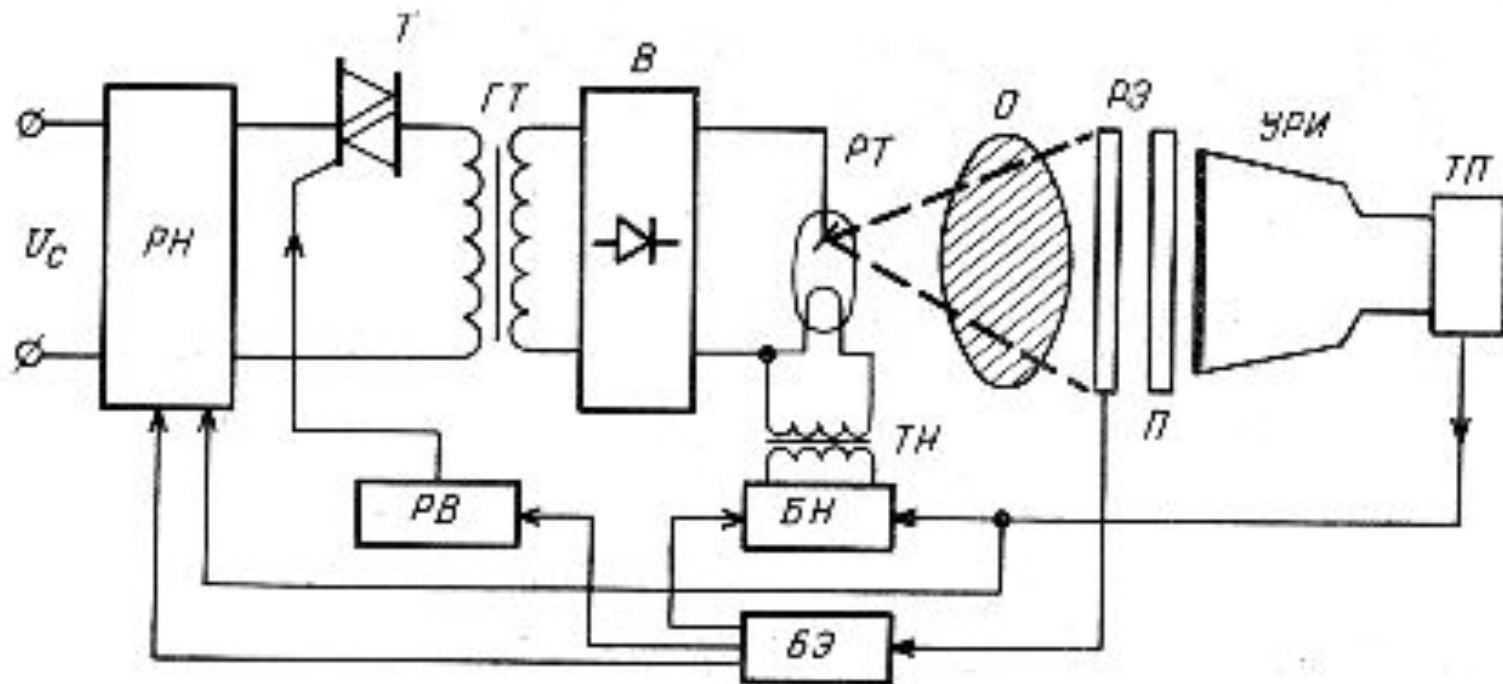


Рис. 24. Блок-схема современного рентгеновского аппарата.

РН — регулятор напряжения; Т — тиристорный коммутатор; ГТ — главный повышающий трансформатор; В — выпрямитель; РТ — рентгеновская трубка; РВ — реле времени; ТН — трансформатор накала; БН — блок задания тока накала; БЭ — блок экспонометра; О — объект исследования; РЭ — камера рентгеновского экспонометра, П — пленка, ТП — телевизионная передающая трубка.

Аппараты рентгенодиагностические (классические)

- **ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ:**

- Стационарные (универсальные, рентгенографические, рентгеноскопические);
- Передвижные (палатные, операционные);
- Переносные;

- **СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ:**

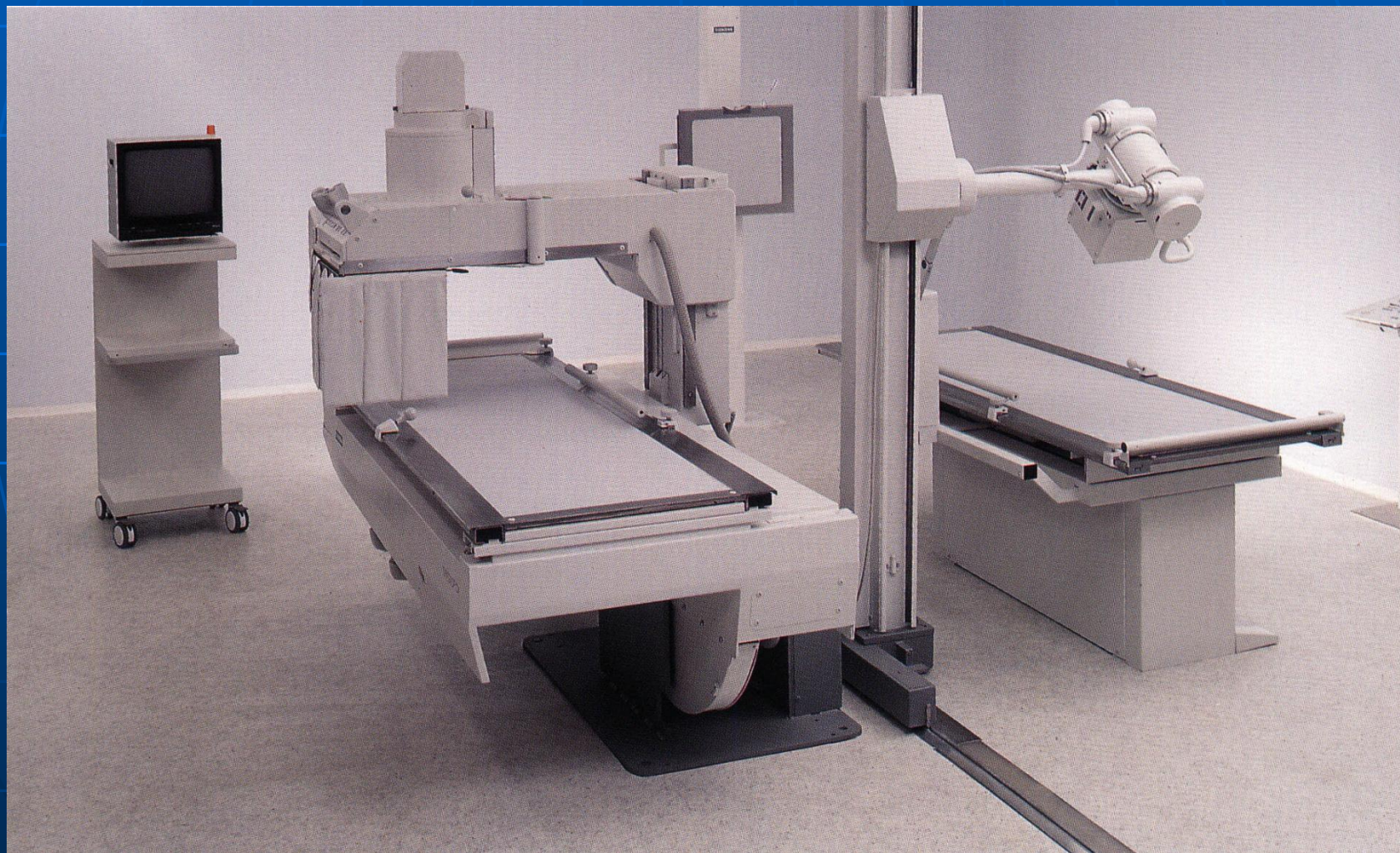
- по методам исследования
 - флюорографические;
 - компьютерно-томографические;
 - ангиографические

Аппараты рентгенодиагностические (классические)

- **СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ:**

- по исследуемой области
 - черепные;
 - дентальные;
 - маммографические;
 - урологические.
- по возрасту пациентов
 - педиатрические

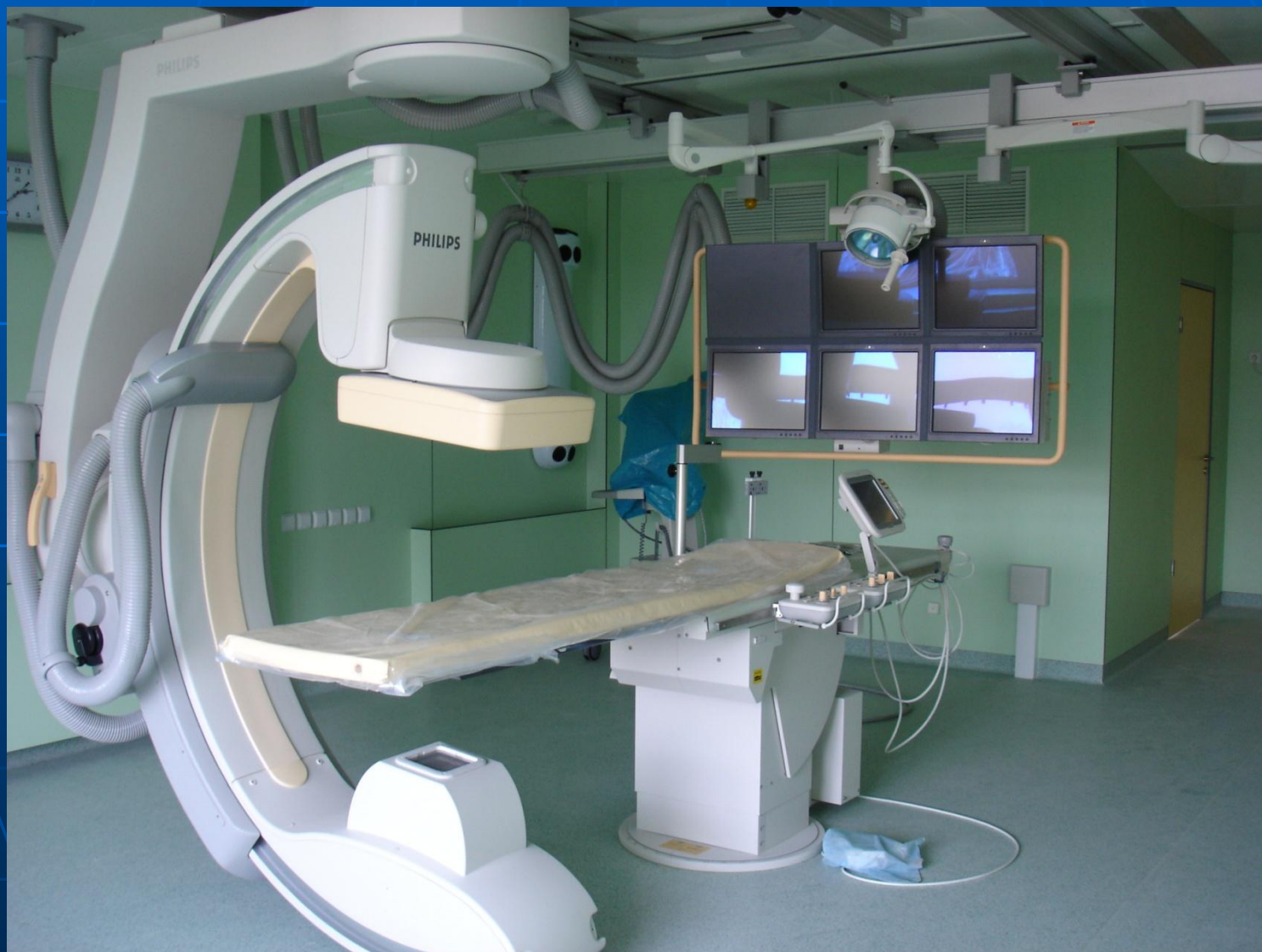
Стационарный аппарат общего назначения (универсальный)



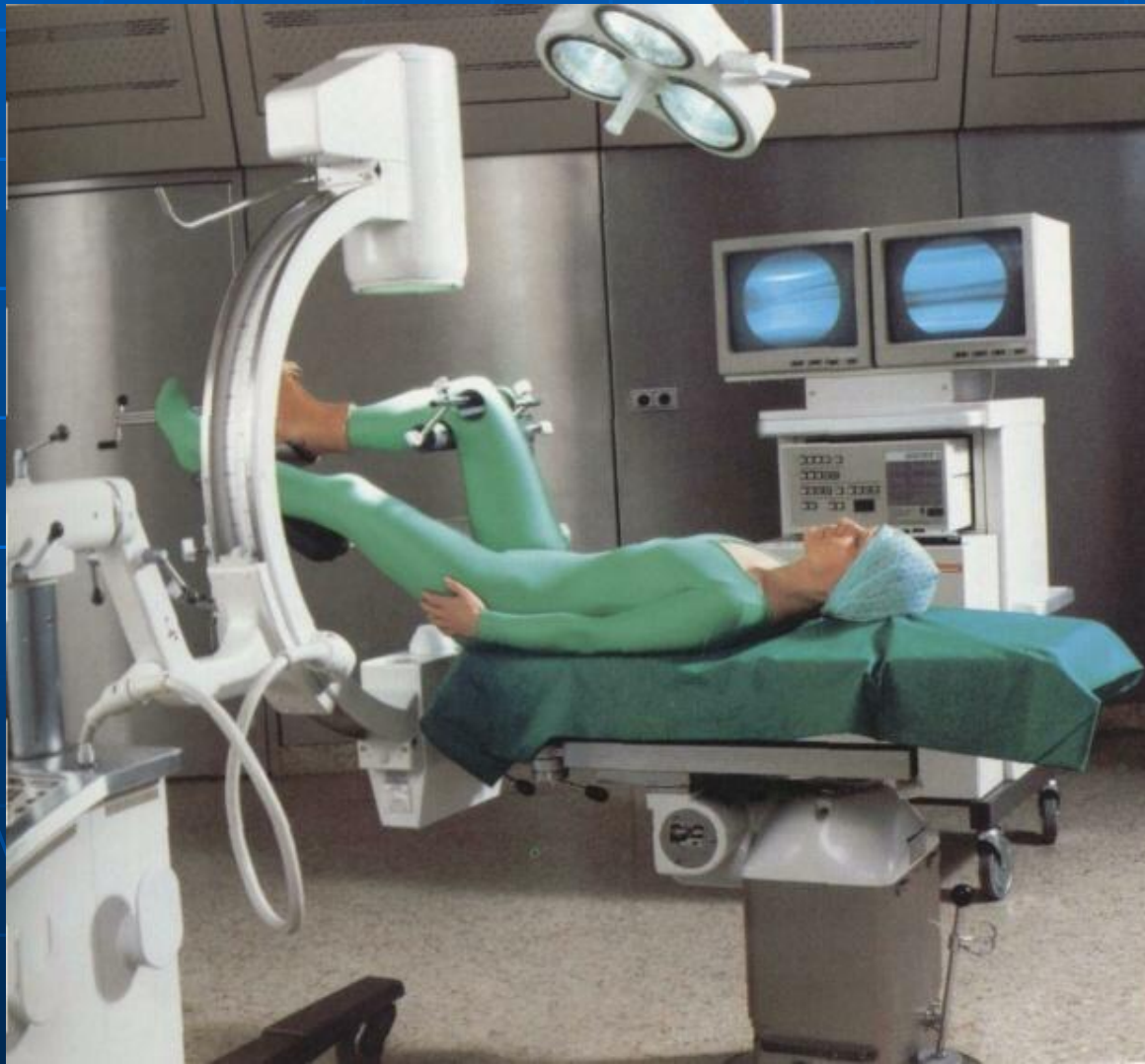


РДК «ОКО» фирмы «Электрон»
2005 год, ОКБ

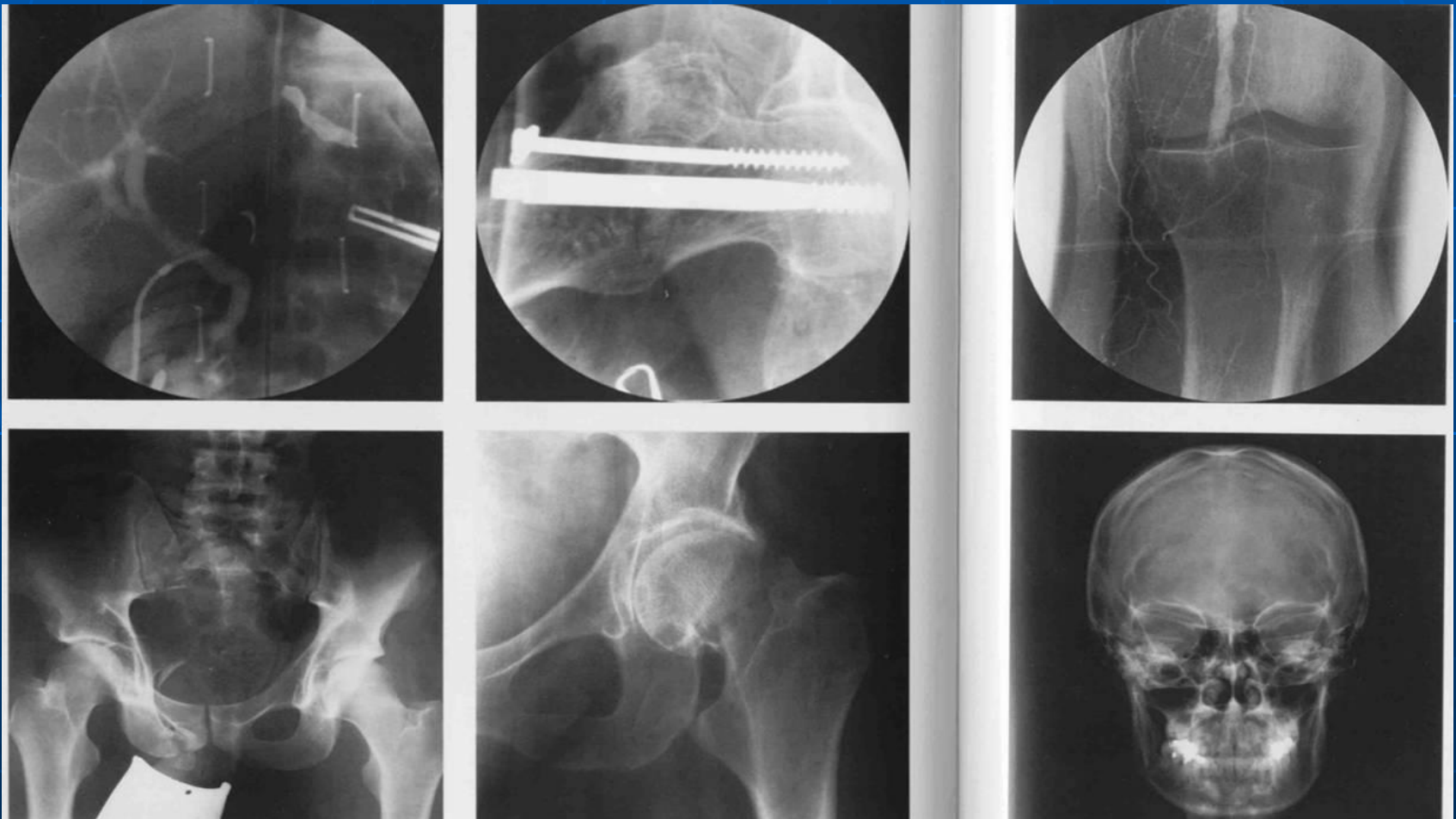
Кардио-ангиографический рентгеновский комплекс



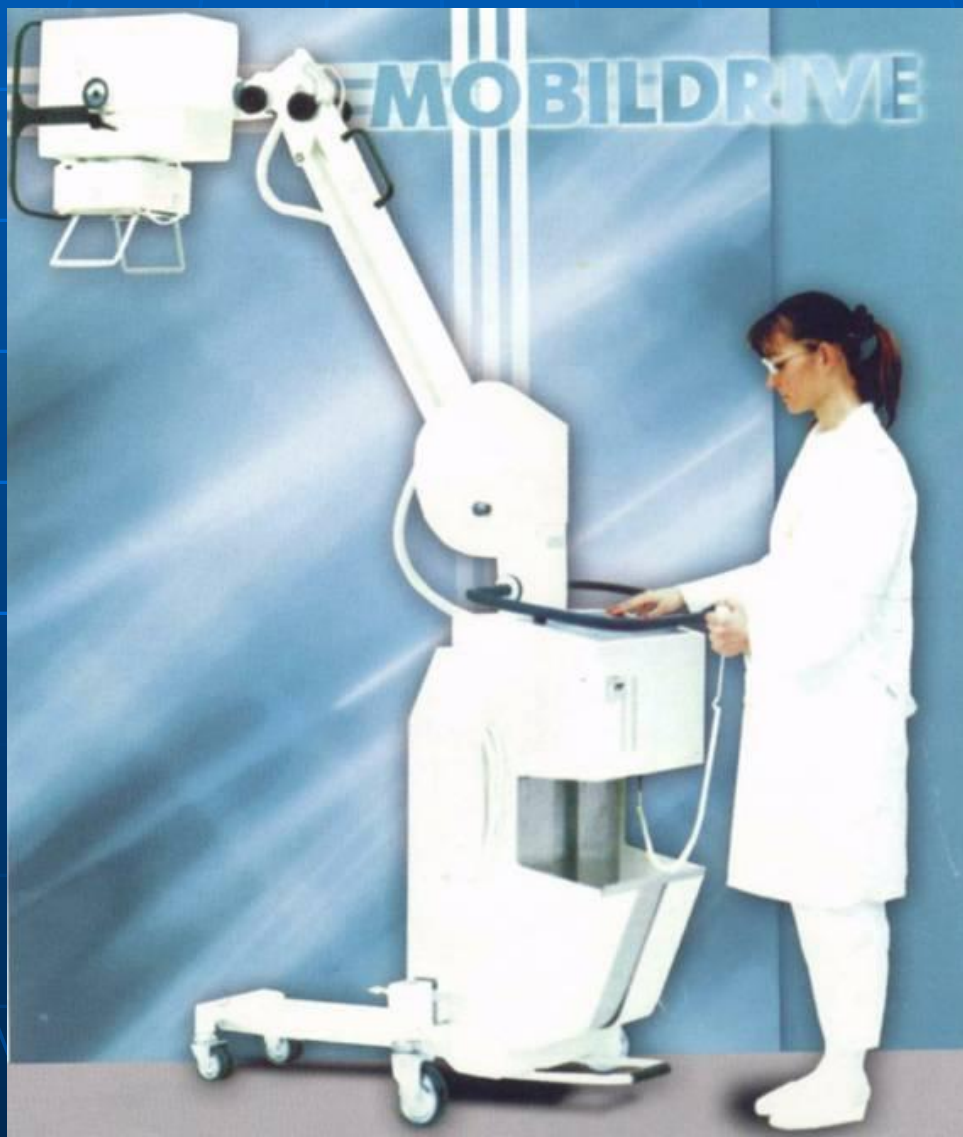
Ортопедо-травматологический рентгеновский комплекс



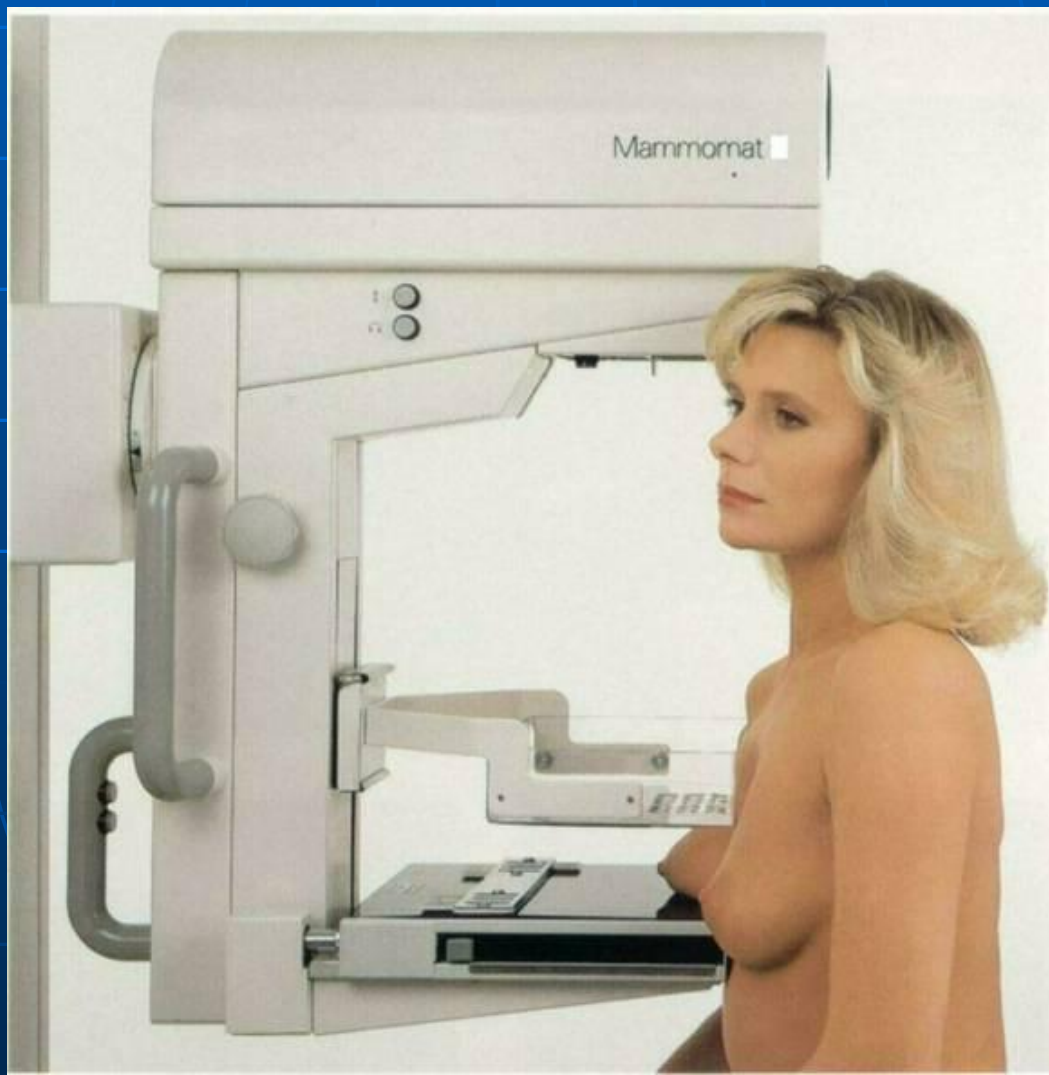
Возможные исследования на рентгено - хирургическом комплексе



Палатный рентгеновский аппарат



Маммографический рентгеновский аппарат



Дентальный рентгеновский аппарат



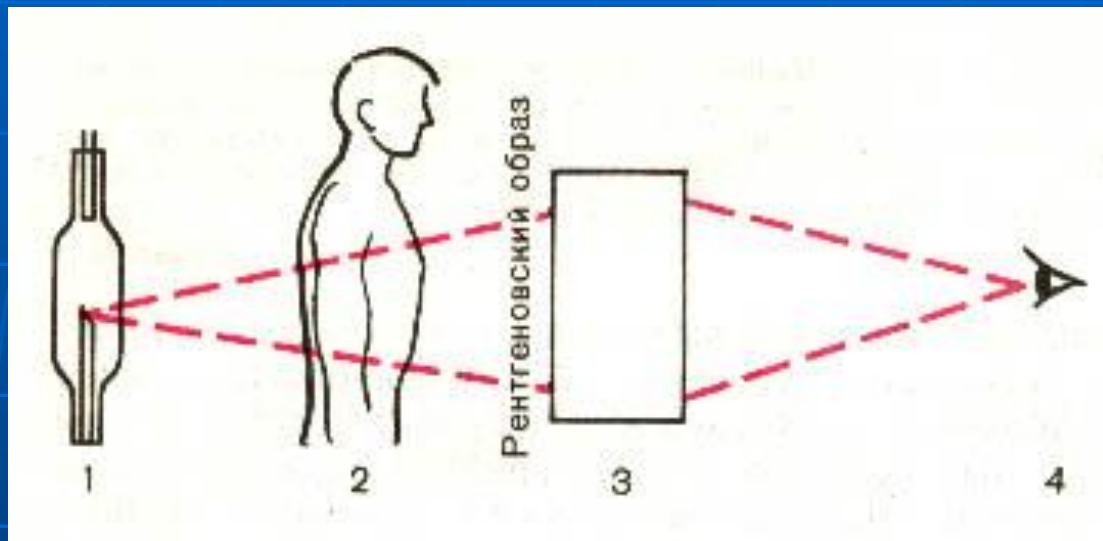
Рентгенологические методики исследования

- Основные: рентгеноскопия,
рентгенография;
- Дополнительные: флюорография;
- томография линейная;
- томография компьютерная (КТ).
- Специальные: с применением контрастных
веществ

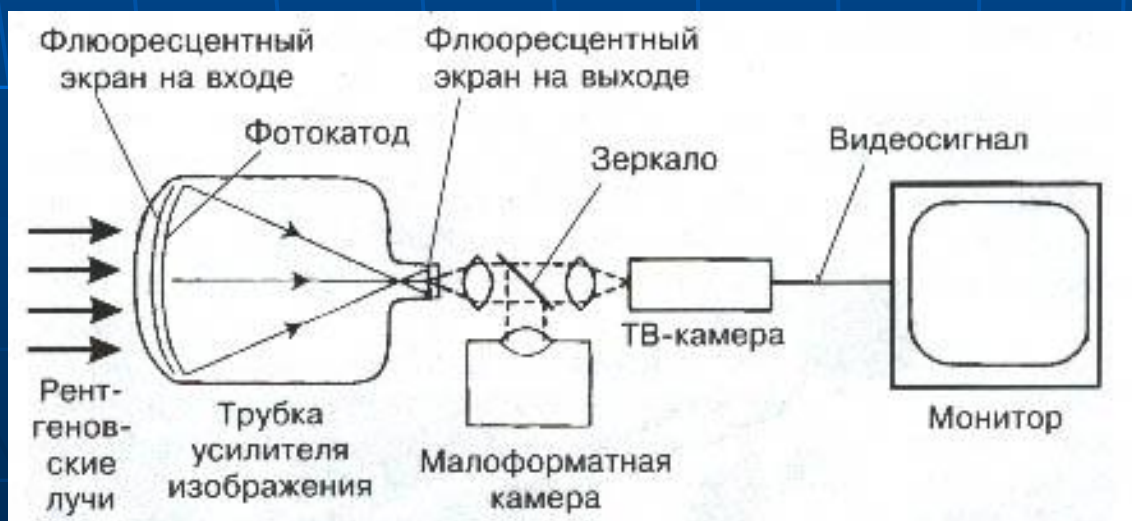
Рентгеноскопия

- Прямая рентгеноскопия: метод получения медицинского диагностического изображения на флюоресцирующем экране с помощью рентгеновых лучей.
- Рентгенотелевизионное просвечивание:
- рентгеноскопия с помощью усилителя рентгеновского изображения (УРИ). в состав которого входят рентгеновский электронно-оптический преобразователь (ЭОП) и телевизионная система

Рентгеноскопия

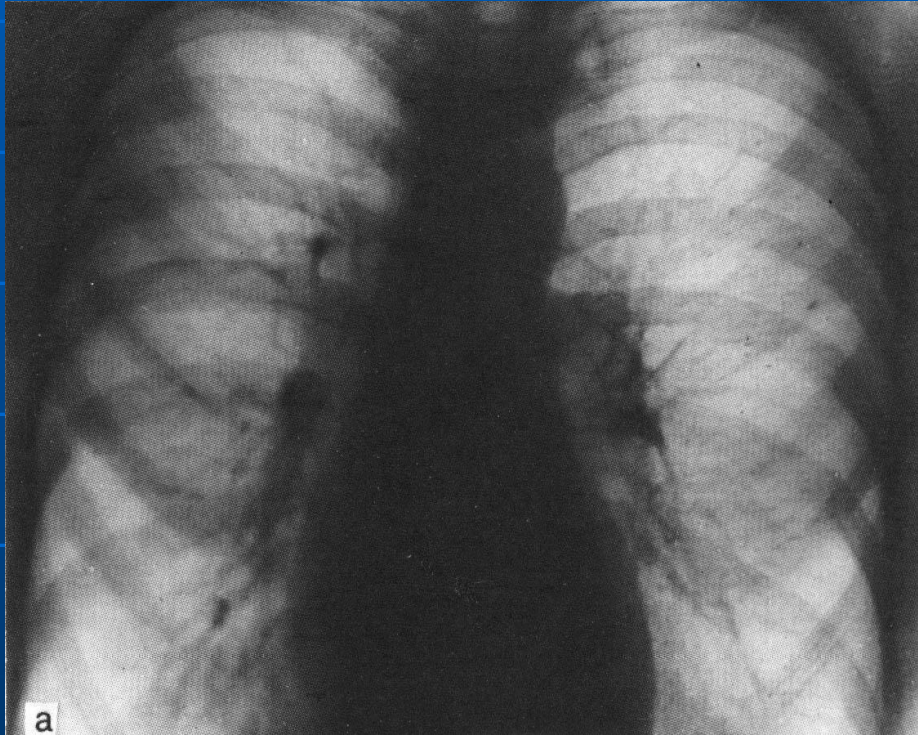


Рентгеноскопия
прямая



Рентгенотелеви-
зионное
просвечивание

Рентгеноскопия



Изображение прямое
(позитивное)

Преимущества:

- морфо-
функциональность
- реальный масштаб
времени

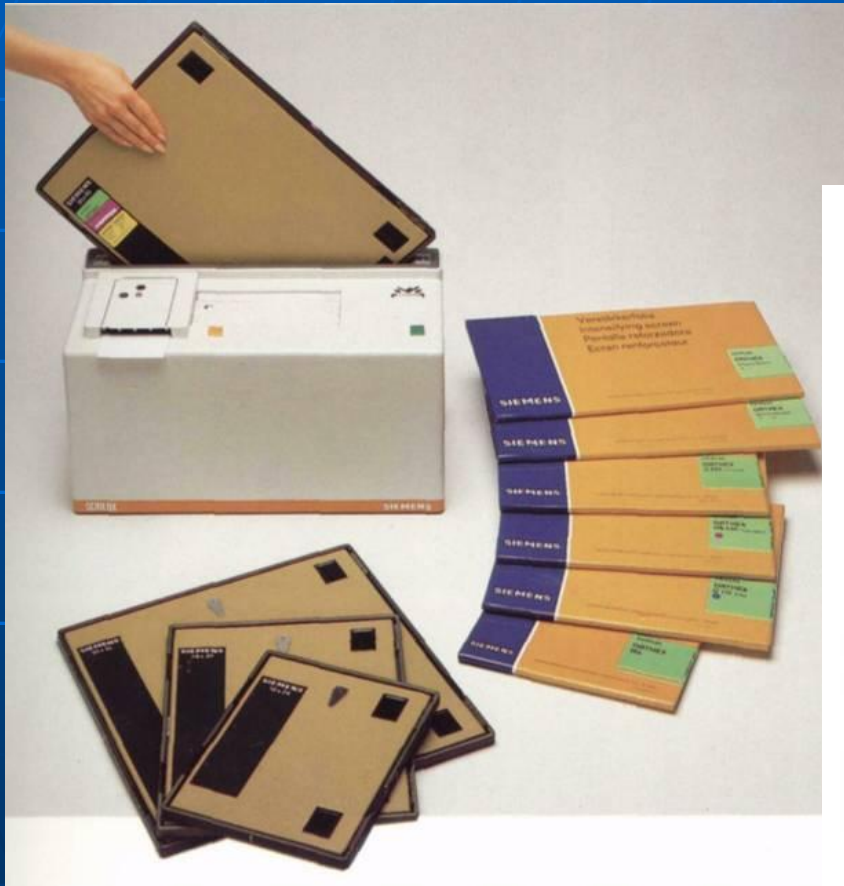
Недостатки:

низкая разрешающая
возможность

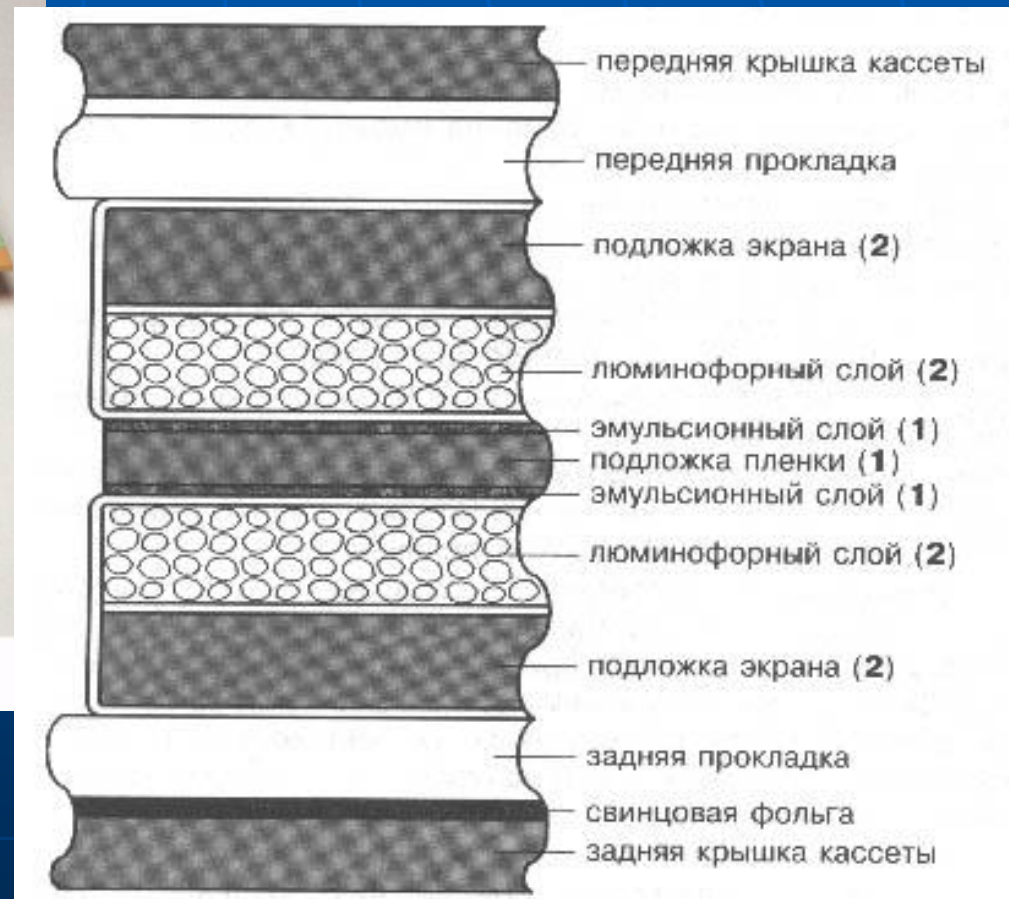
Рентгенография

- Рентгенография прямая (аналоговая):
получение медицинского диагностического
изображения на рентгеновской пленки
после прохождения рентгеновых лучей
через снимаемый объект

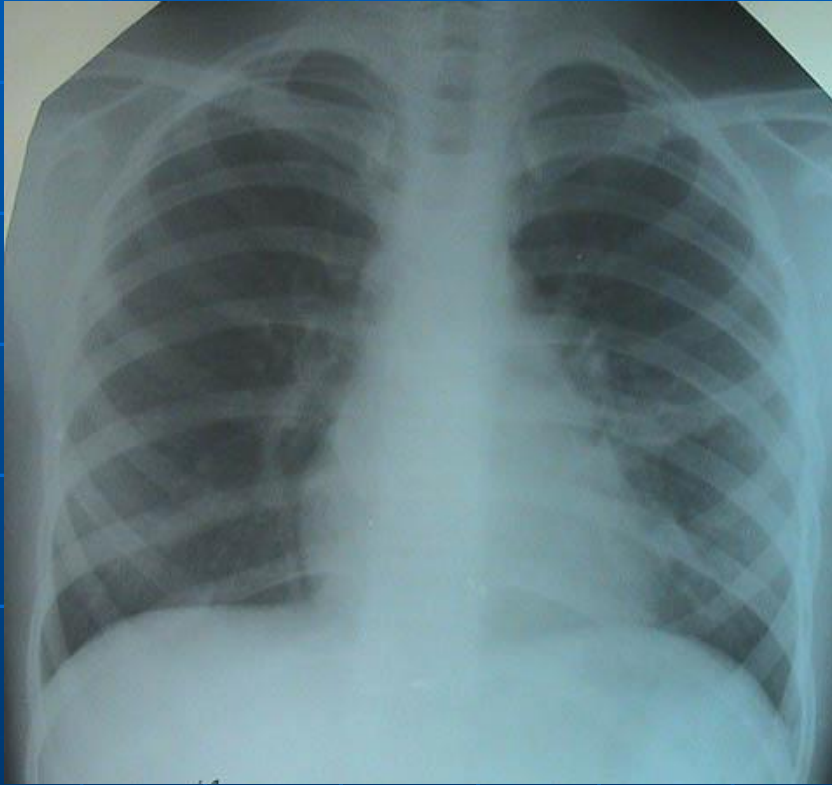
Рентгенография (аналоговая, пленочная, прямая)



Рентгеновская пленка, кассеты для рентгенографии



Рентгенография



Изображение
обратное (негативное)

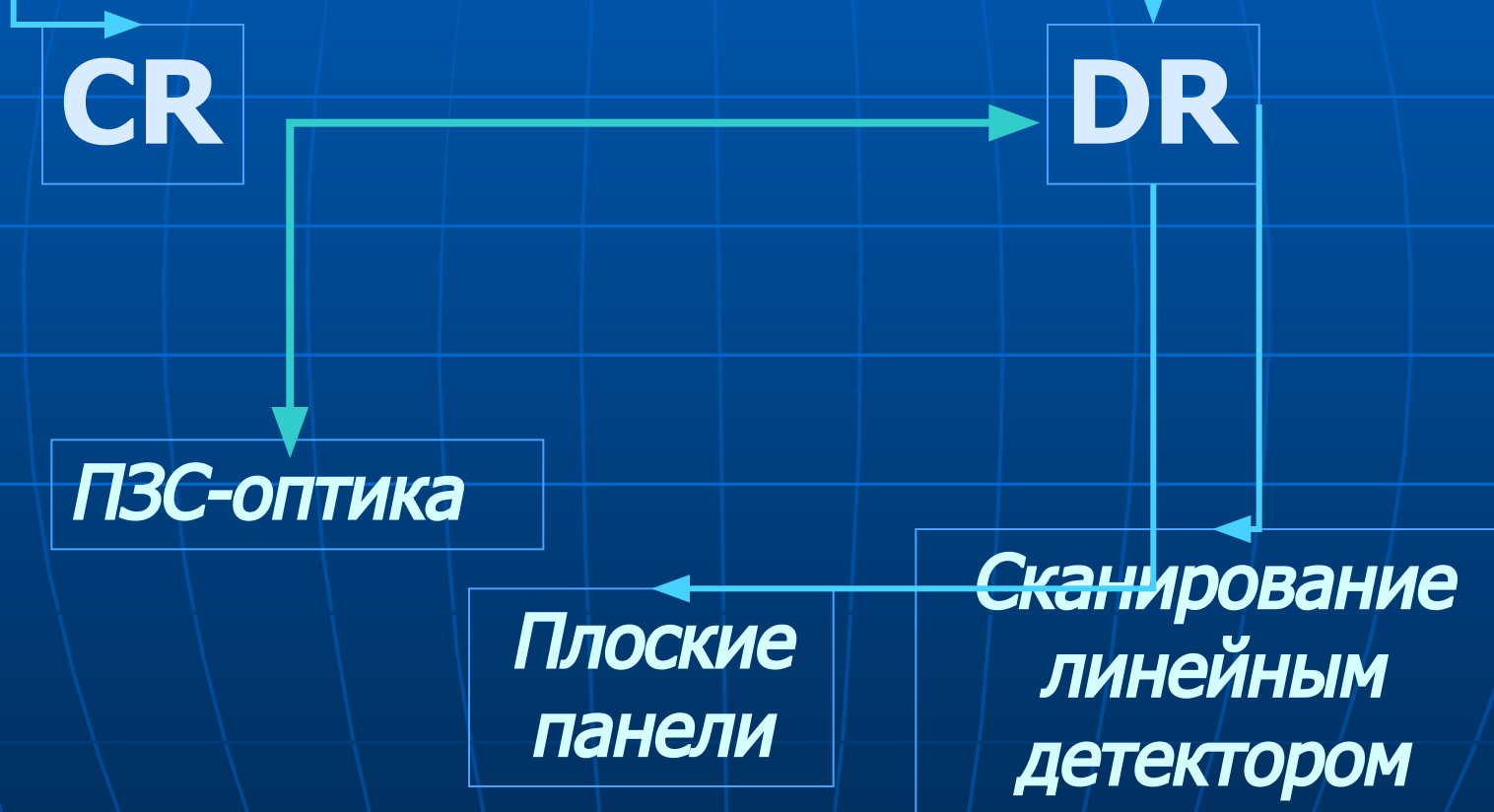
Преимущества:

- хорошая разрешающая способность
- малая лучевая нагрузка
- твердая копия изображения

Недостатки:

- метод только морфологический
- нереальный масштаб времени

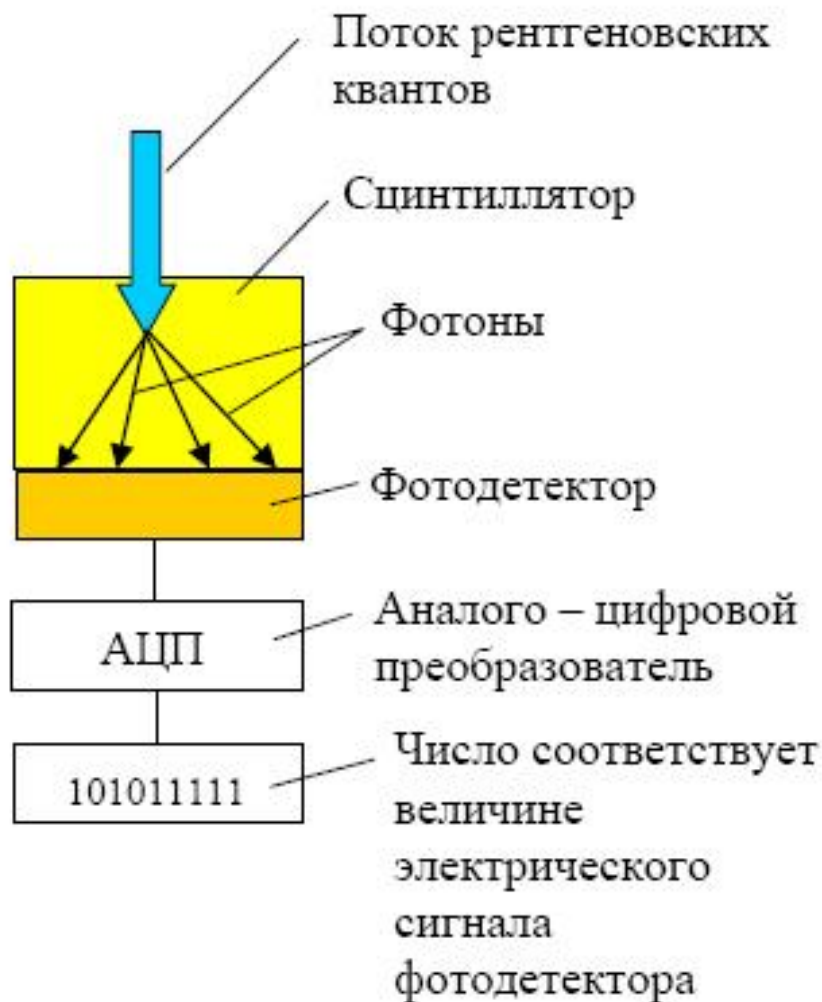
Цифровые методы регистрации рентгеновского изображения



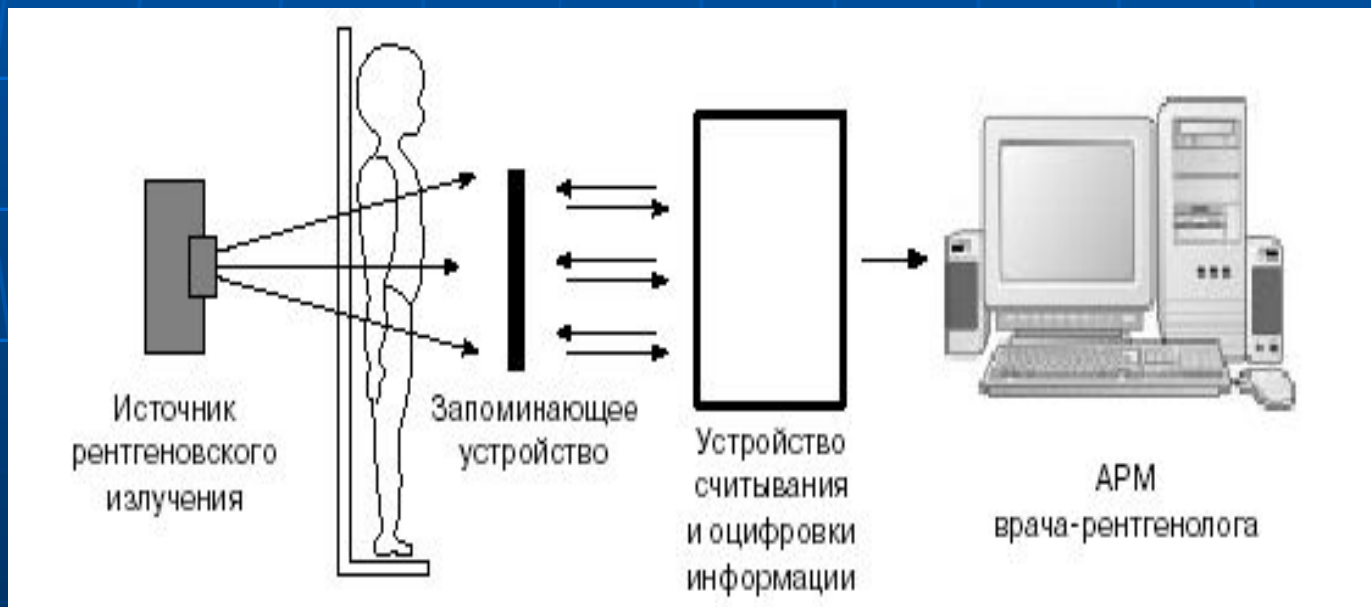
Технология получения цифрового рентгеновского изображения

- Наличие чувствительного детектора, в котором происходит преобразование РИ в электрический сигнал
- Амплитуда электросигнала прямо пропорциональна интенсивности РИ
- Посредством электронного модуля (АЦП) электросигнал преобразуется в число
- Число считывается в компьютер

Моменты получения цифрового рентгеновского изображения



Цифровая радиография

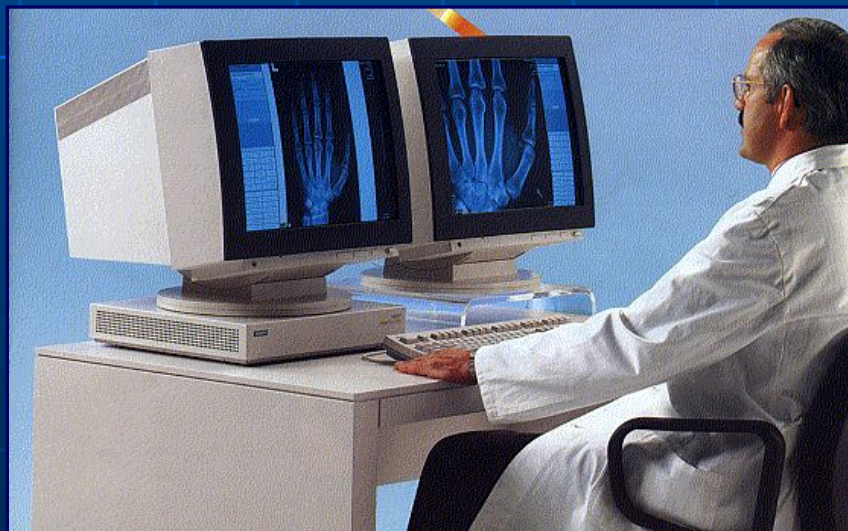


Computed
radiography

Цифровые технологии CR

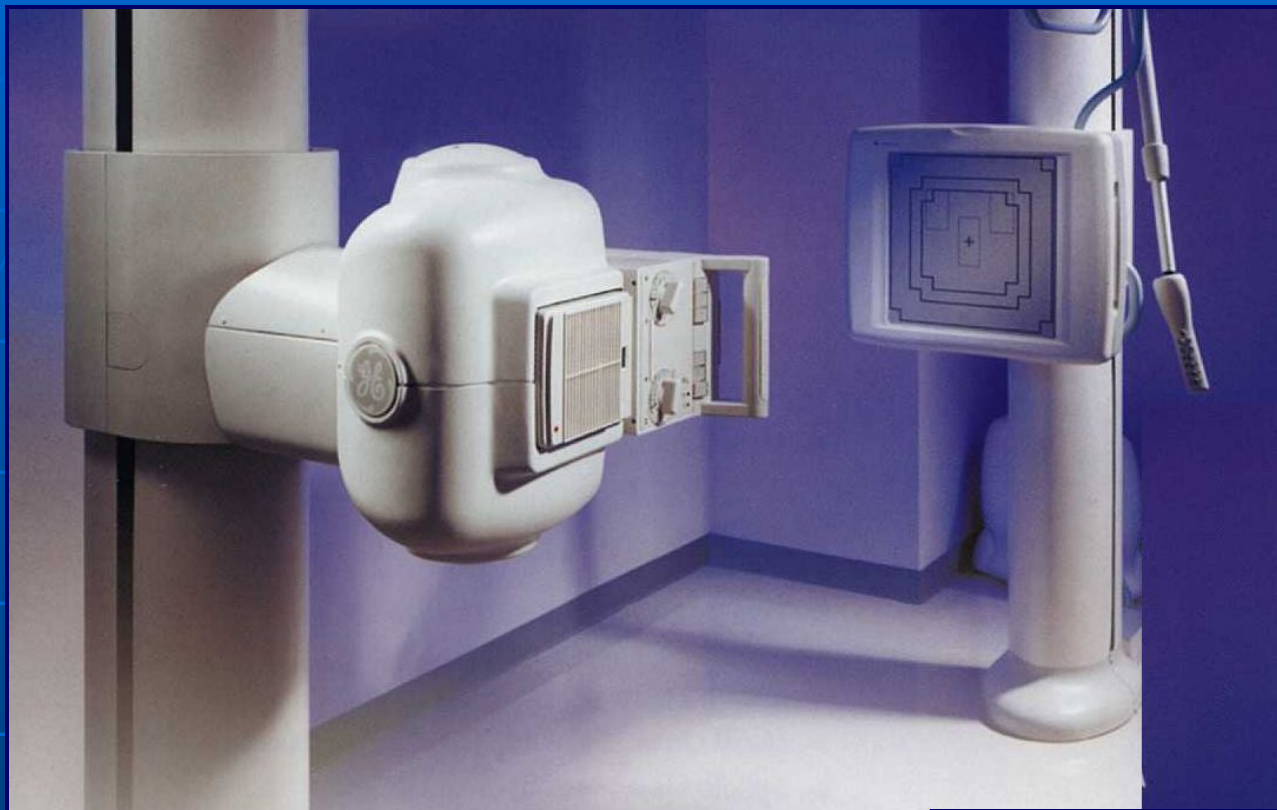


Цифровые технологии



Цифровые ТЕХНОЛОГИИ





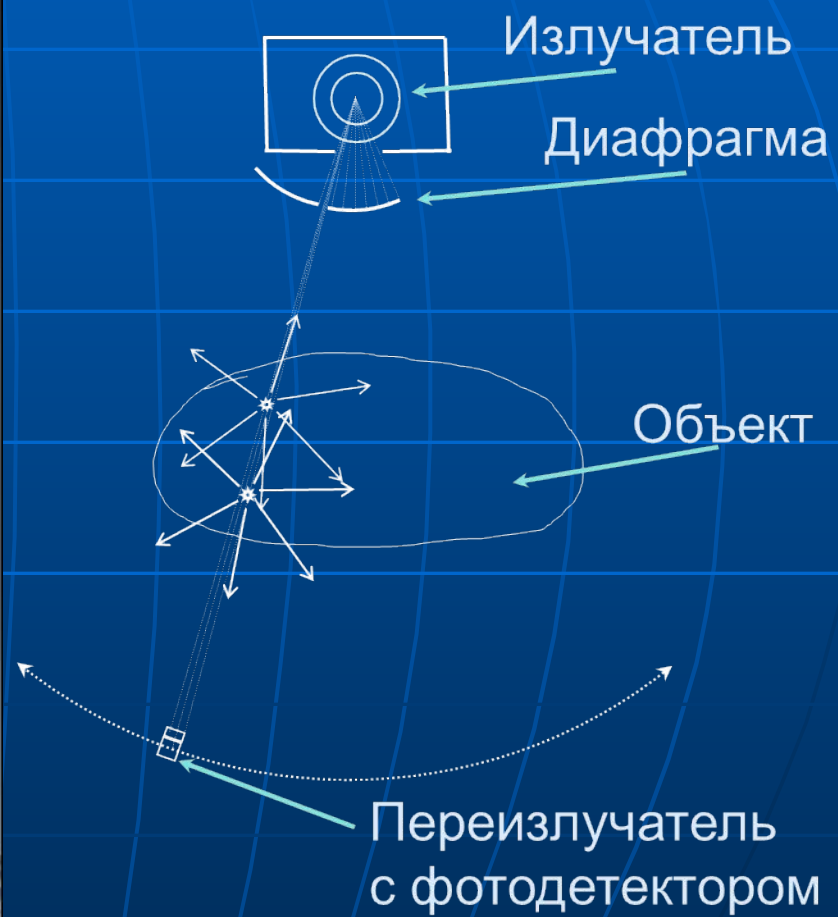
Принцип действия ПЗС-камеры (DR)



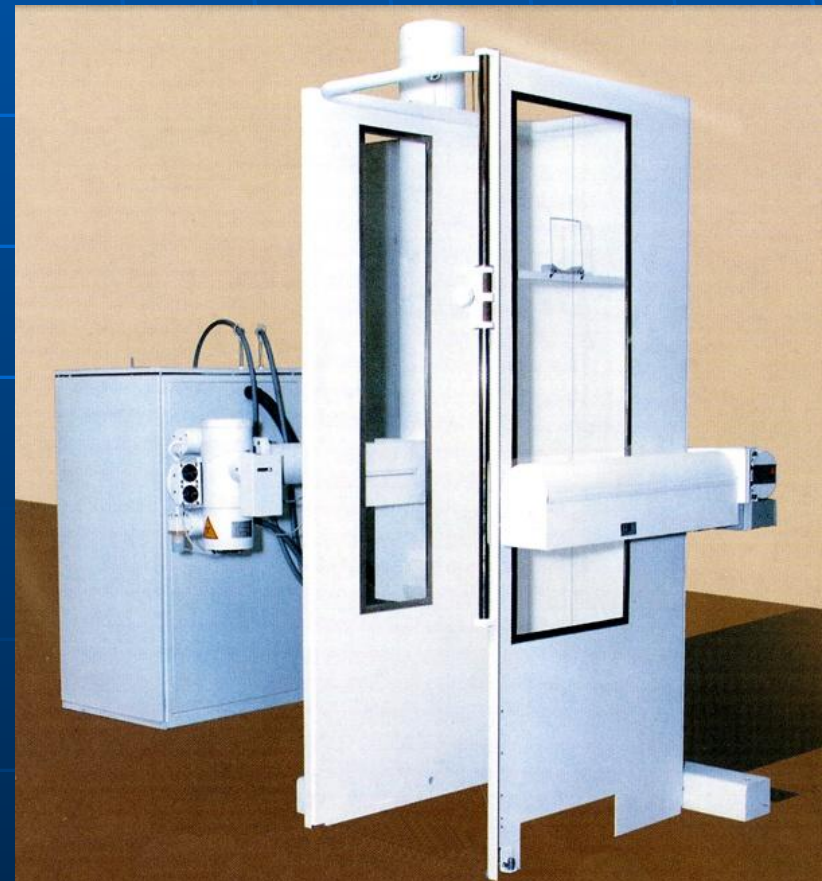
Рентгенографические аппараты на основе ПЗС-камеры



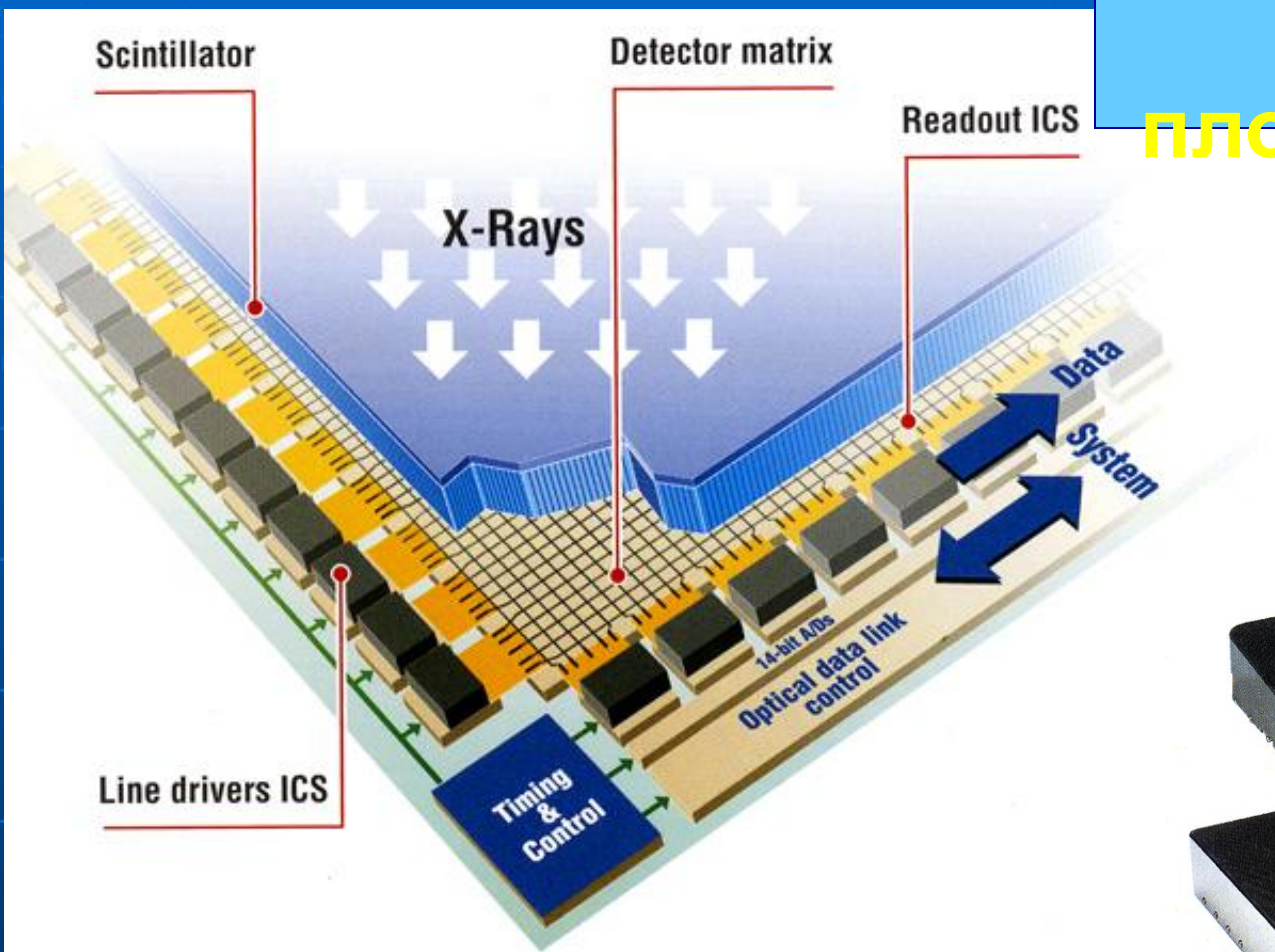
Принцип действия сканирующих систем (DR)



Сканирующие аппараты



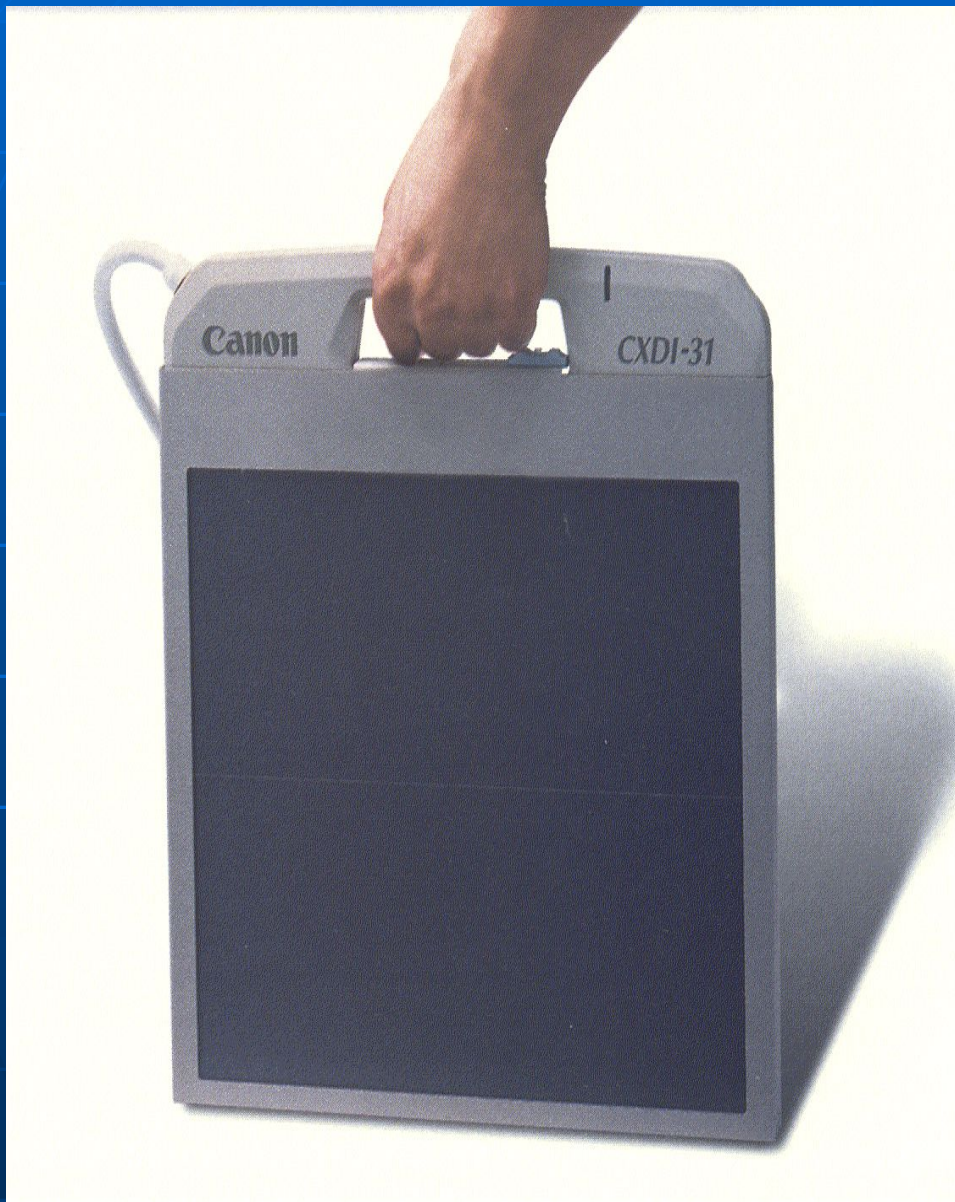
Принцип действия плоских панелей



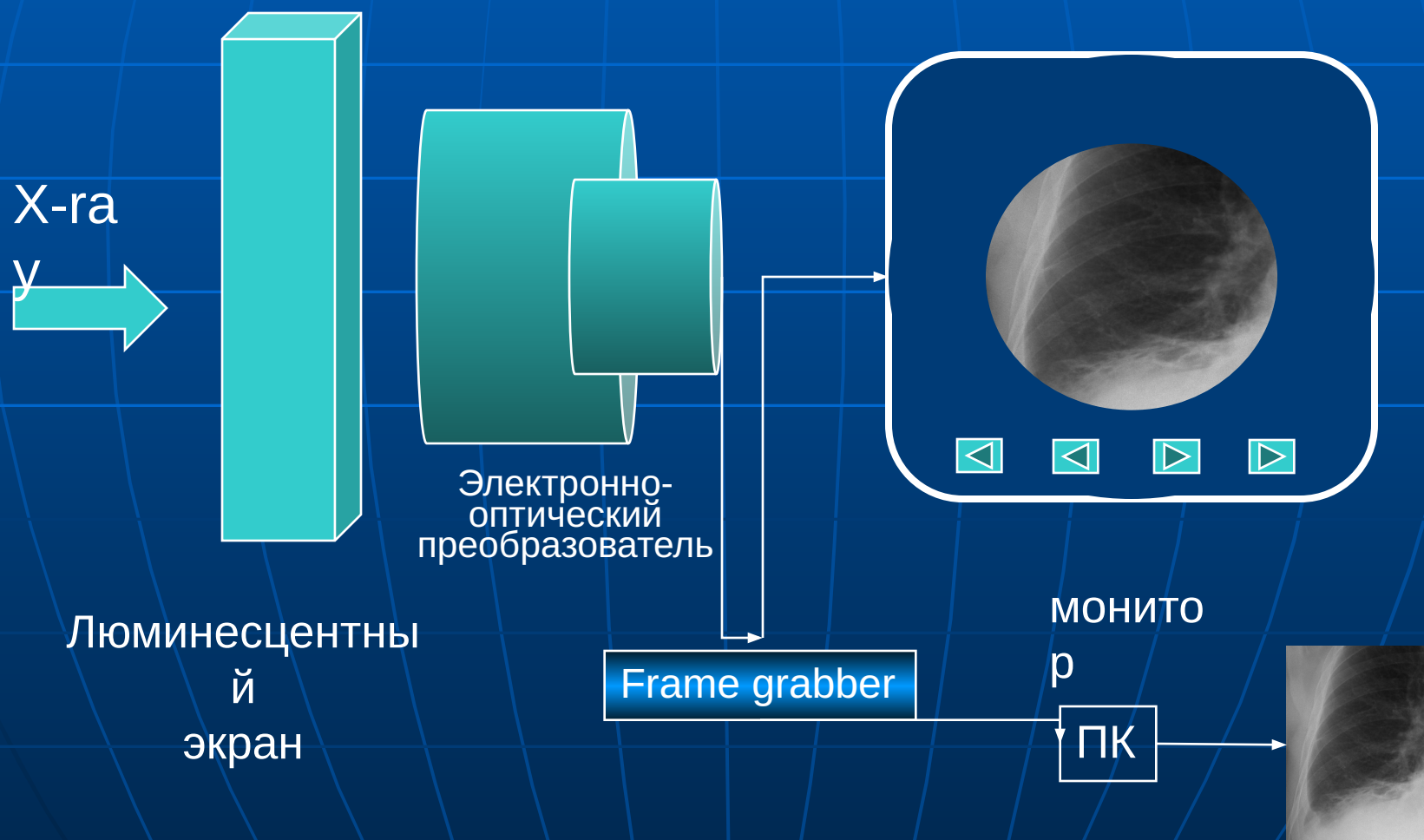
Аппараты на основе плоских панелей







Рентгеноскопия

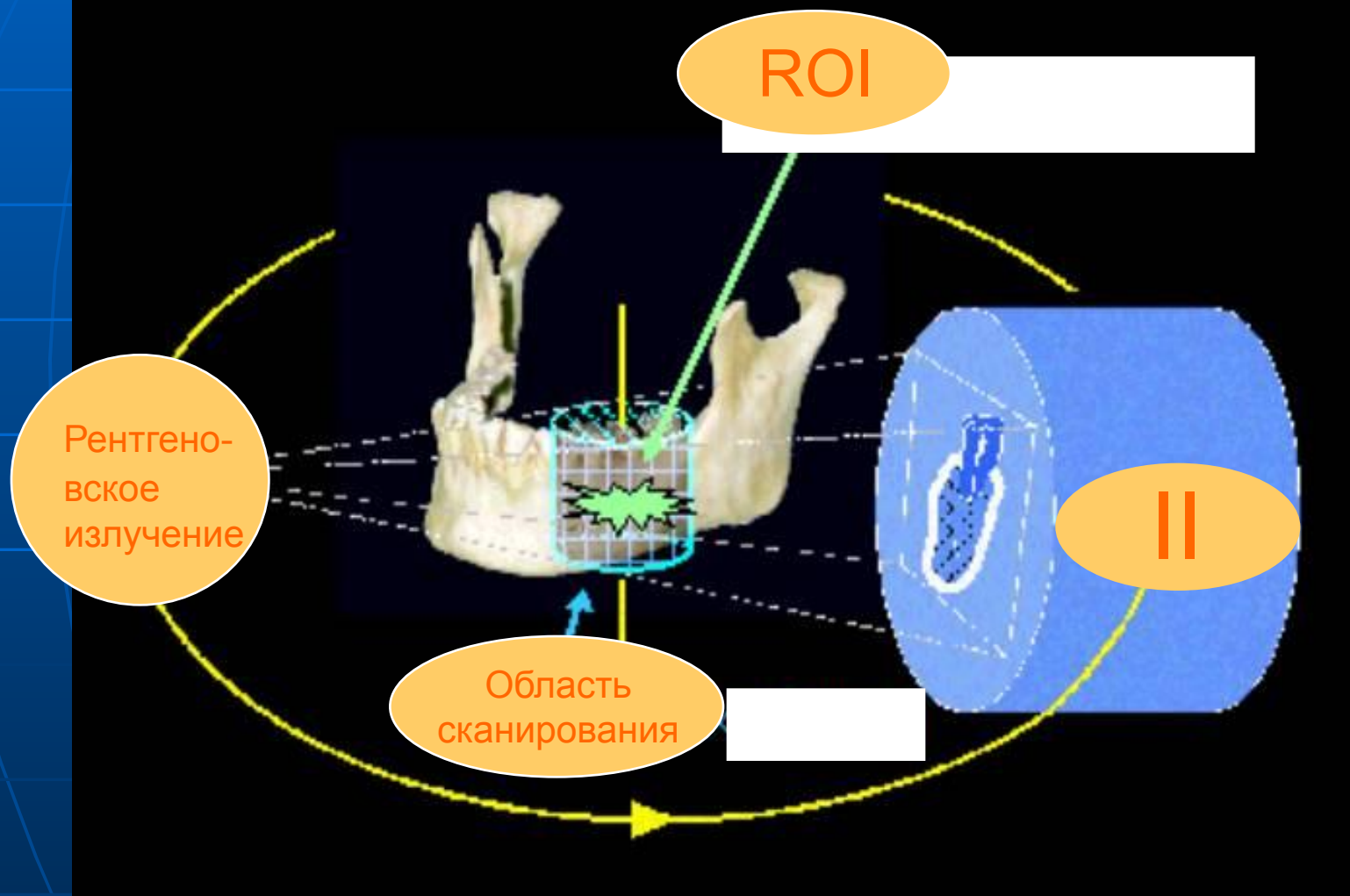


Цифровая рентгеноскопия



РДК «ОКО» фирмы «Электрон»
ОКБ

Цифровая ортопантомография



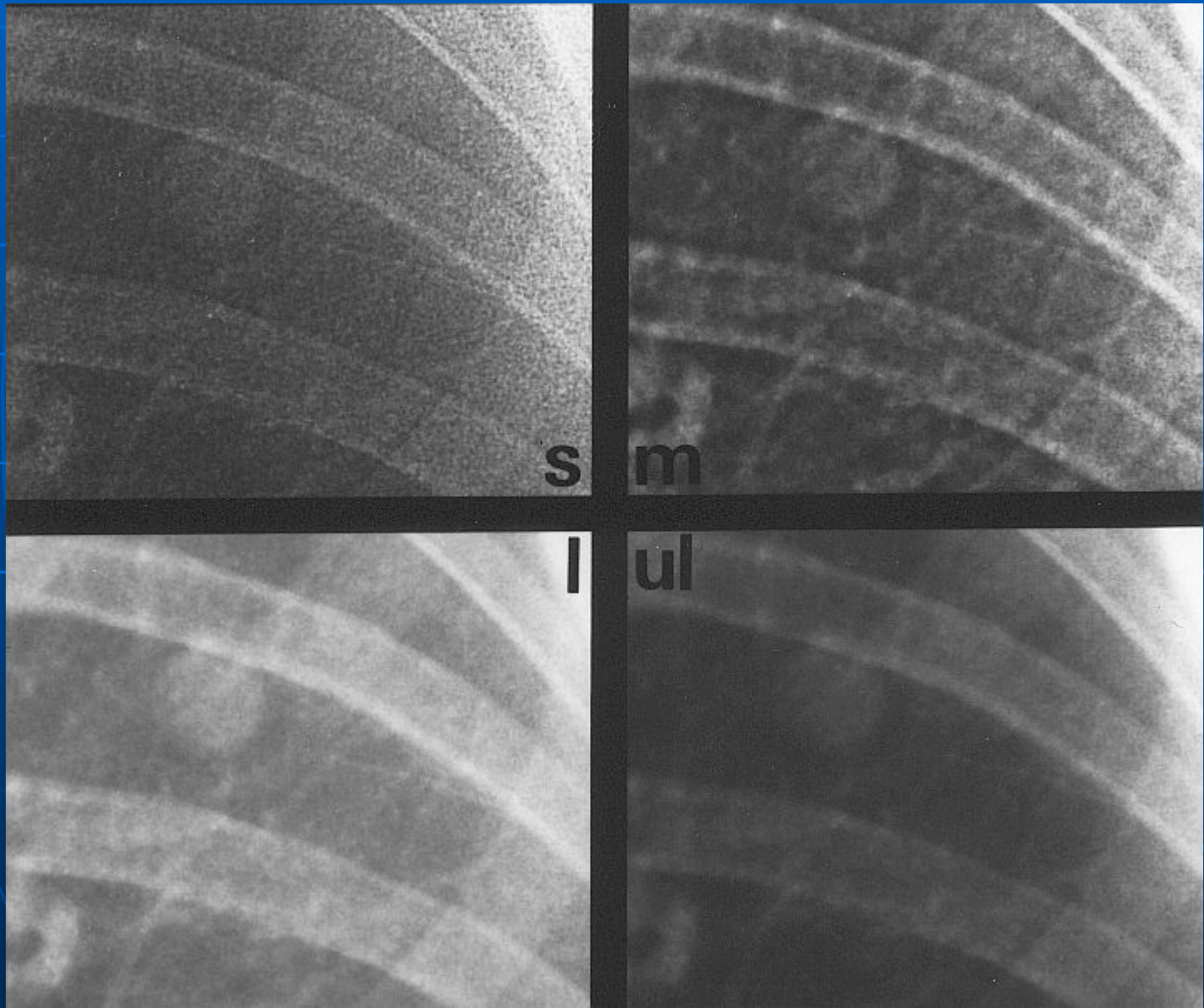
REG.17-13

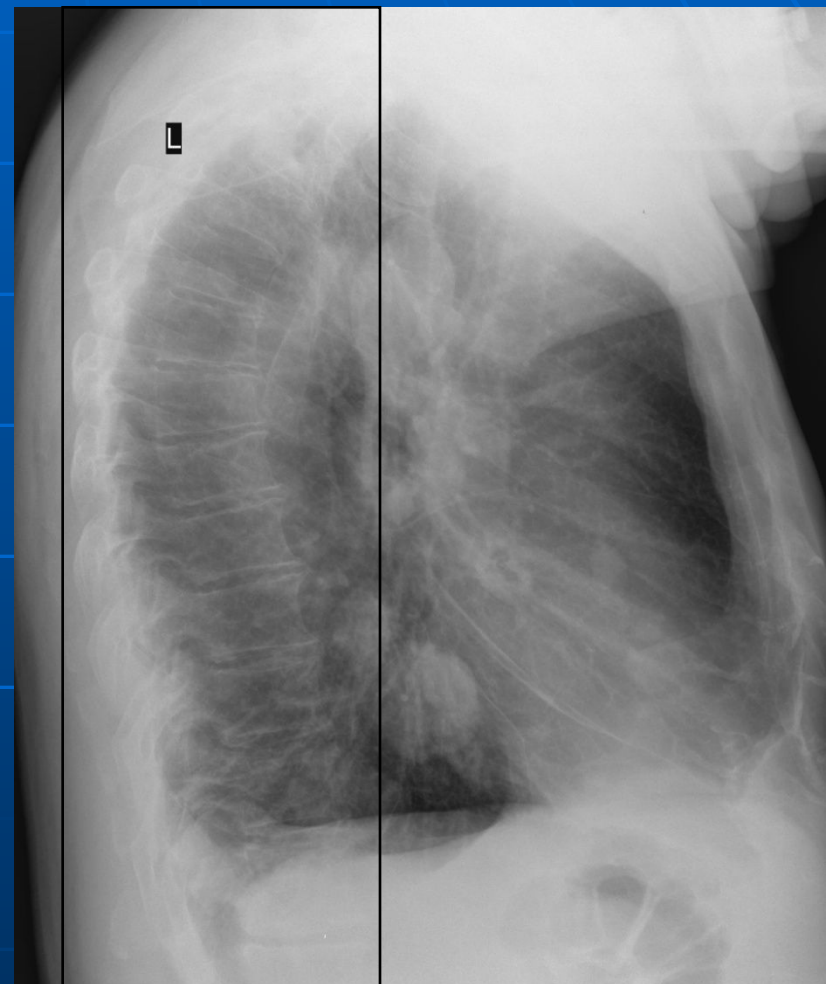
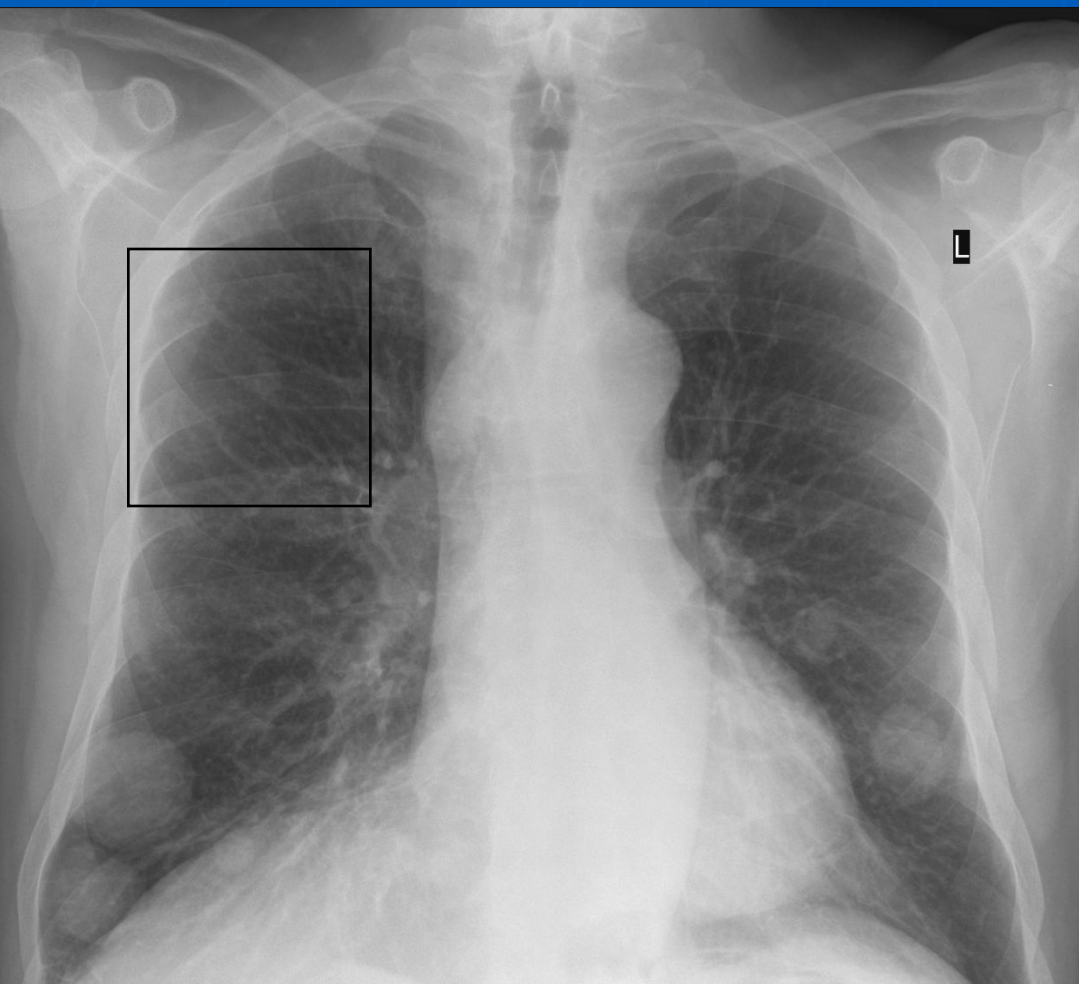


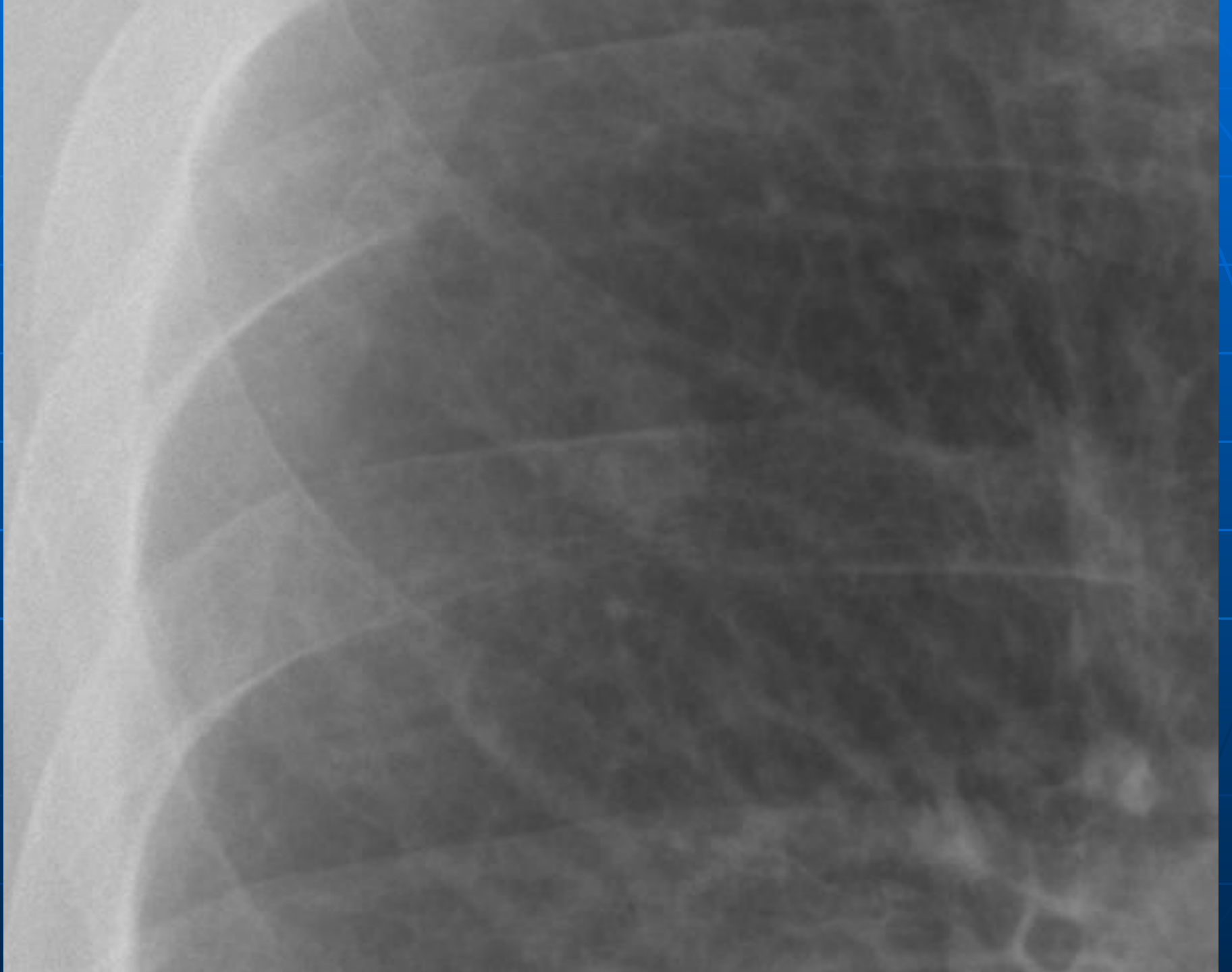
Цифровая рентгенограмма в разных режимах



Цифровая рентгенография







Преимущества цифровой рентгенографии

- Лучшая видимость незначительных перепадов контрастности
- Возможность изучения объектов различной плотности на одном снимке
- Уменьшение числа бракованных снимков
- Уменьшение лучевой нагрузки (в 5 раз)
- Возможность компьютерной обработки и архивирования изображения
- Возможность получения твердой копии только отобранных изображений
- Создание электронных систем обработки и передачи изображений (PACS)

Метод остеоденситометрии

Биэнергетический рентгеновский остеоденситометр

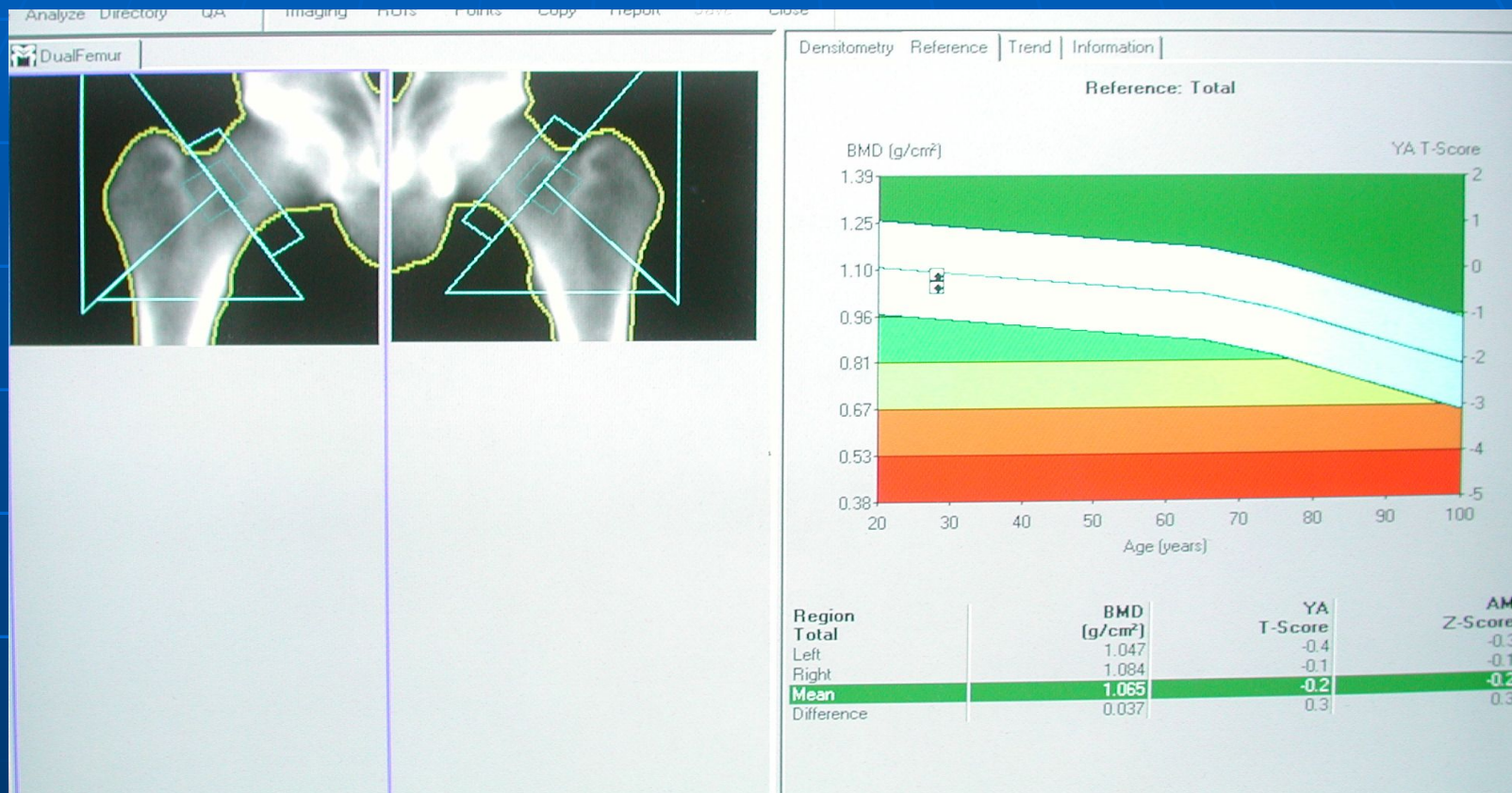


Положение пациента при анализе
костной массы шеек бедренных
костей



Положение пациента при анализе
костной массы поясничных
позвонков

Денситометрия проксимального отдела бедра



Денситограмма, отражающая минеральную плотность бедренных костей

Денситометрия проксимального отдела бедра



Денситограмма, отражающая минеральную плотность костей всего скелета

Бирадиологический метод (X-ray + laser)



Остеоденситометр нового поколения

Флюорография

- Рентгенологический метод исследования, заключающийся в фотографировании изображения с рентгеновского флюоресцентного экрана или экрана ЭОПа. Среднекадровая флюорография 70 мм, крупнокадровая 110 мм. Большая пропускная способность, небольшая лучевая нагрузка. Назначение: массовые проверочные исследования

Флюорография

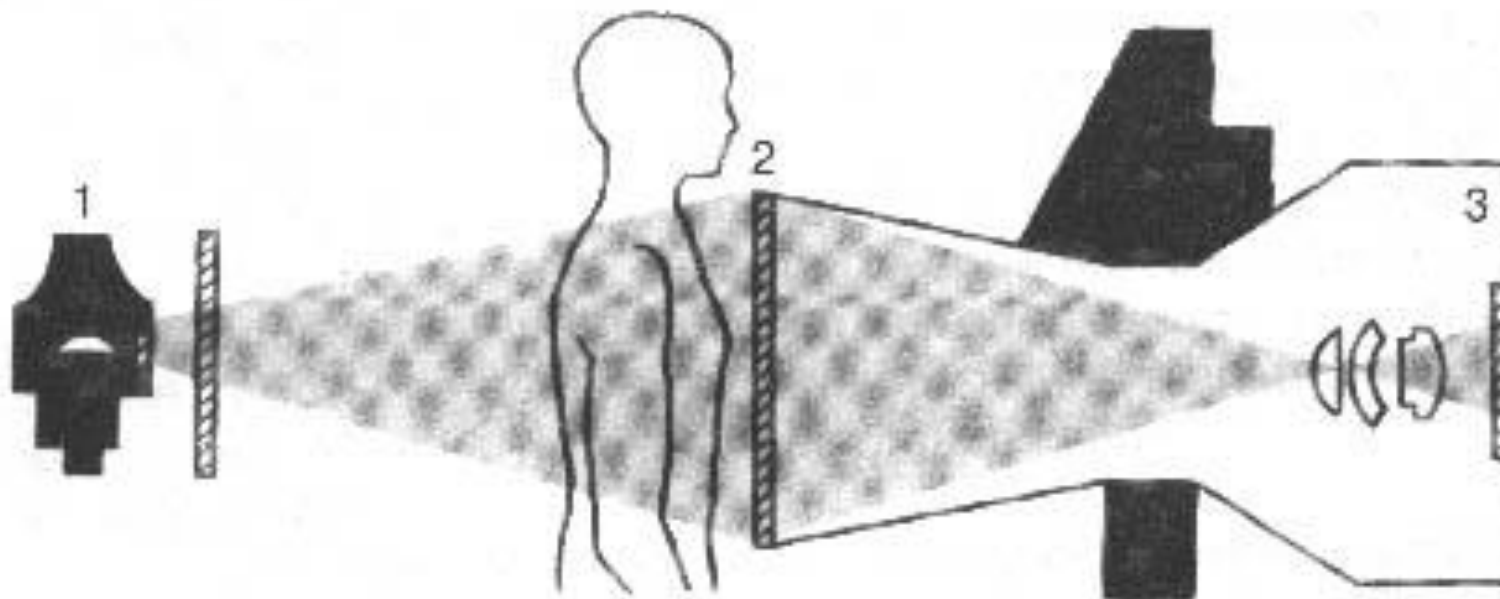
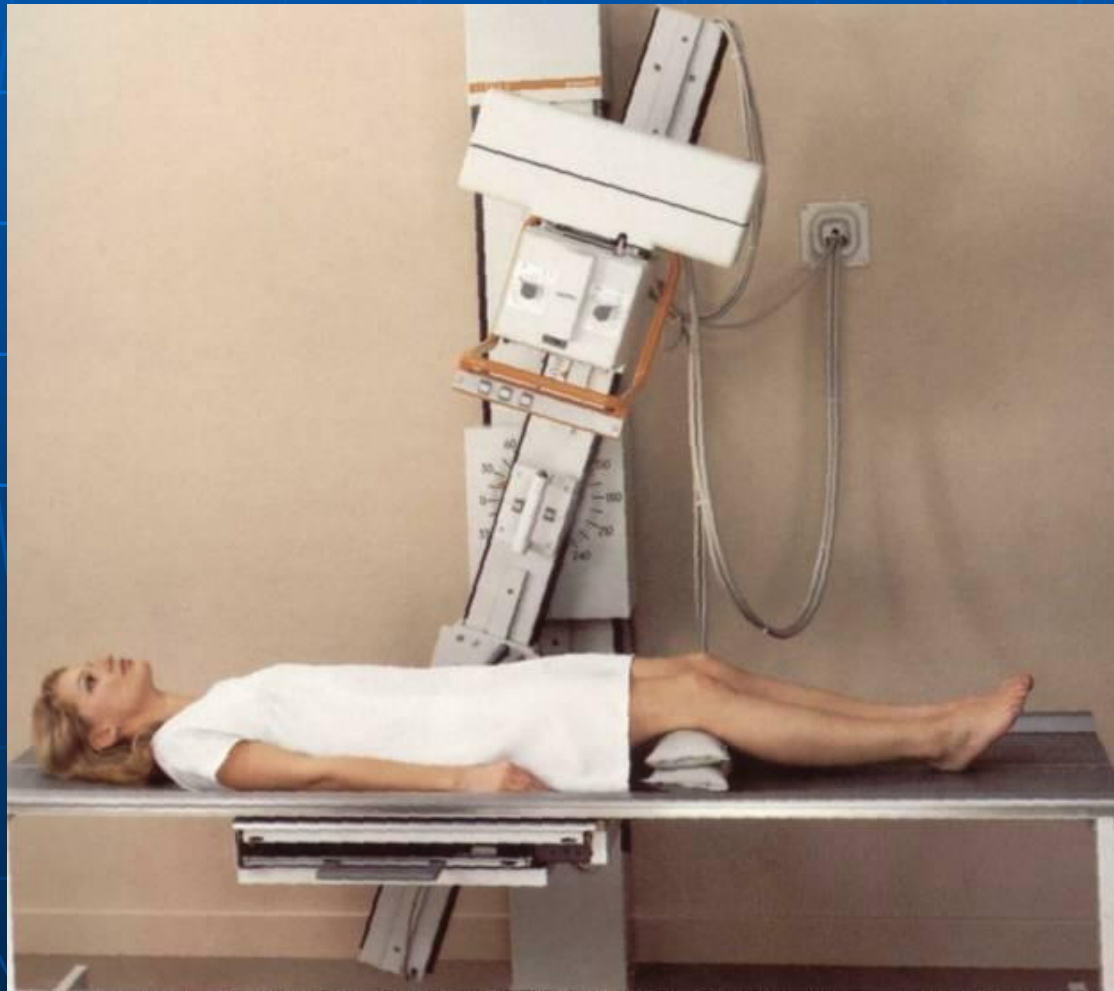


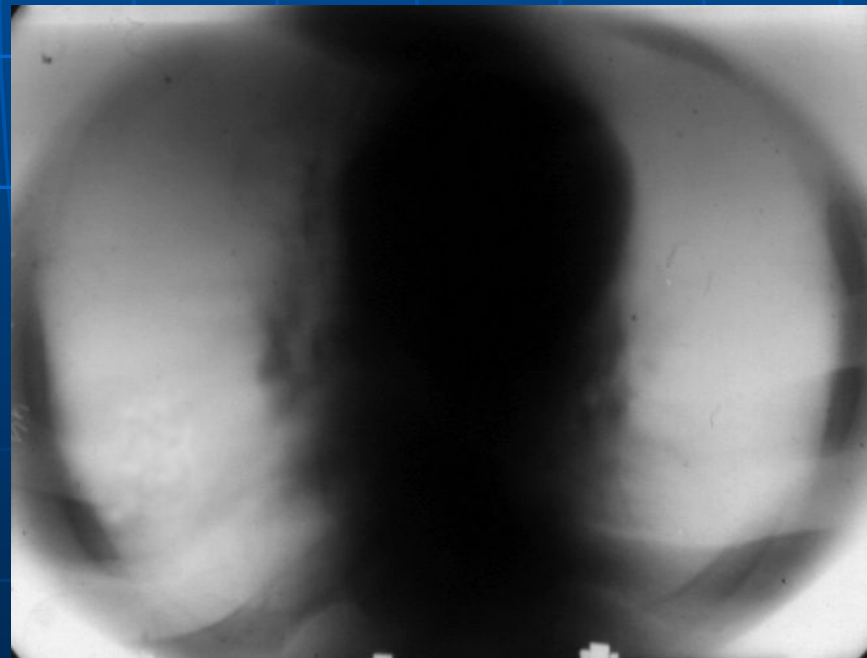
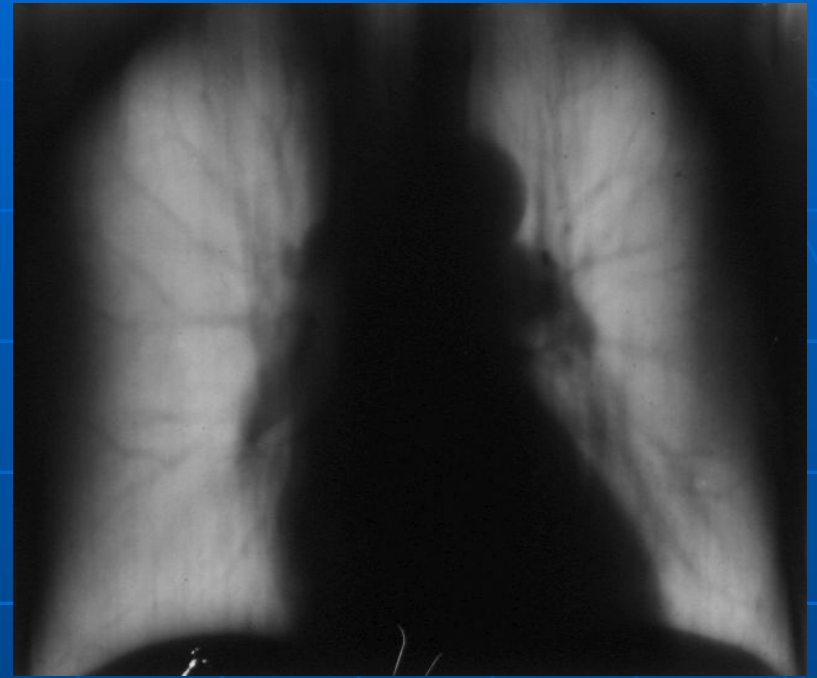
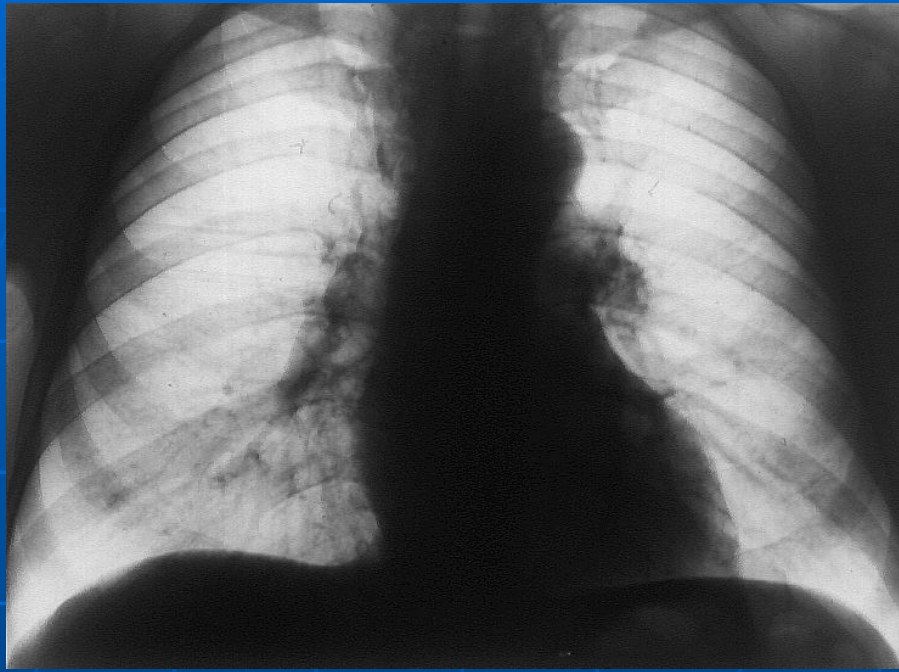
Рис. 7.1. Принцип флюорографического исследования: **1** — рентгеновская трубка; **2** — флюороскопический экран; **3** — фотокамера с объективом.

Линейная томография

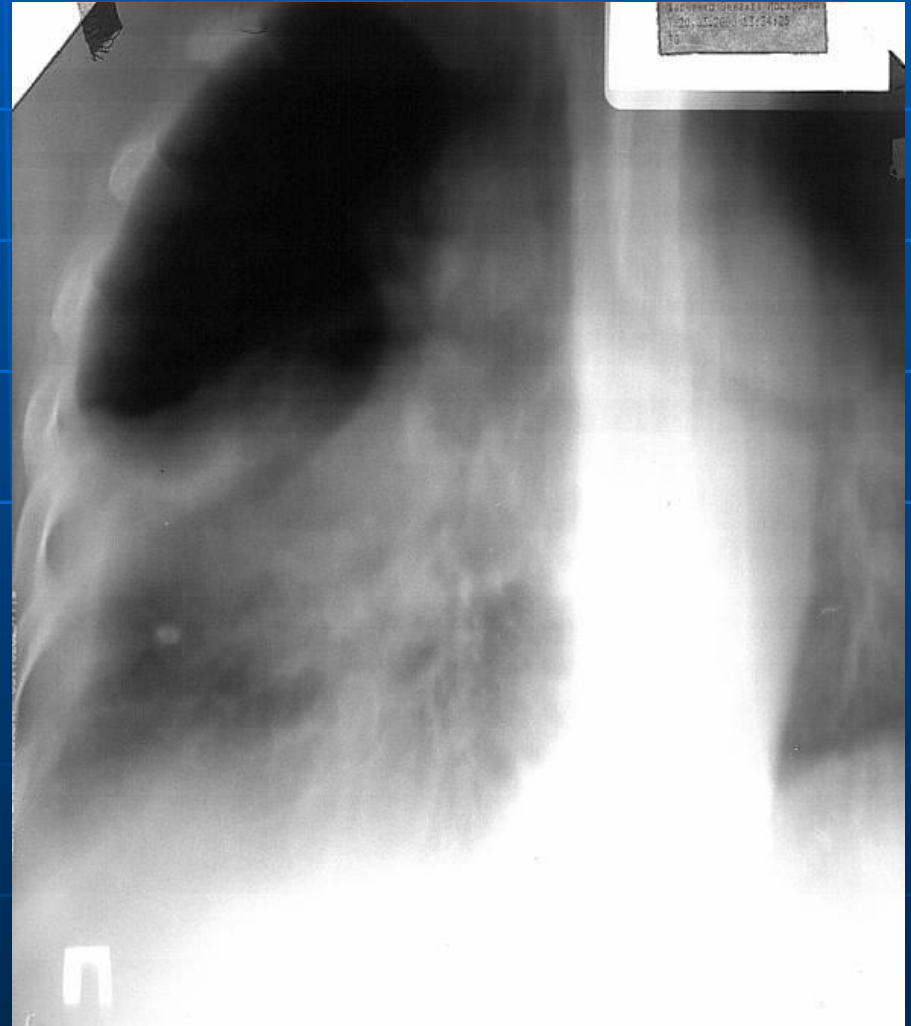
- Сущность послойного исследования заключается в том, что все элементы исследуемого объекта, располагающиеся на уровне оси движения системы отображаются на томограмме, т.к. тени этих элементов на движущейся пленке остаются в одной и той же точки. Тени элементов, располагающиеся выше и ниже оси движения томографа, перемещаются по плоскости пленки и дают нечеткое изображение (размазываются).
- Идея принадлежит фр.Восаге (1921). В клинической практике с 1933 г. В СССР с 1936 г.

Приставка к рентгеновскому аппарату для линейной томографии





Рентгенограмма и линейная томограмма правосторонней нижнедолевой пневмонии



Рентгеновская компьютерная томография

- РКТ – метод послойного рентгенологического исследования. Основанный на компьютерной обработке множественных рентгенологических изображений поперечного слоя, выполненных под разными углами.
- Идея принадлежит А.Кормаку (ЮАР), который в 1963 году опубликовал статью о возможности компьютерной реконструкции изображения головного мозга. В 1972 году первый компьютерных томограф (Г.Хаунсфилд) В 1979 году Нобелевская премия А.Комаку и Г. Хаунсфилду

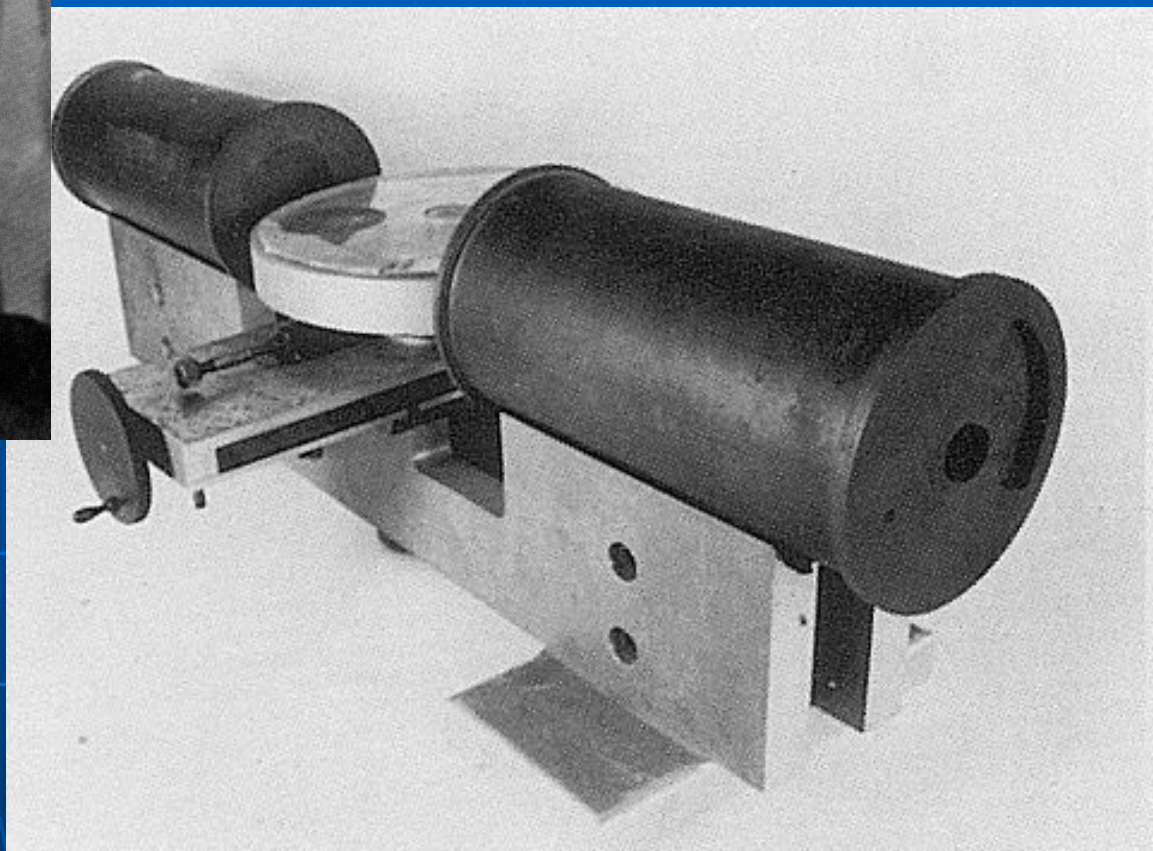
1964 г.

А. Кормак

A.M. Cormak. Representation of a function by its line integrals with some radiological application. J App Phys 1964.

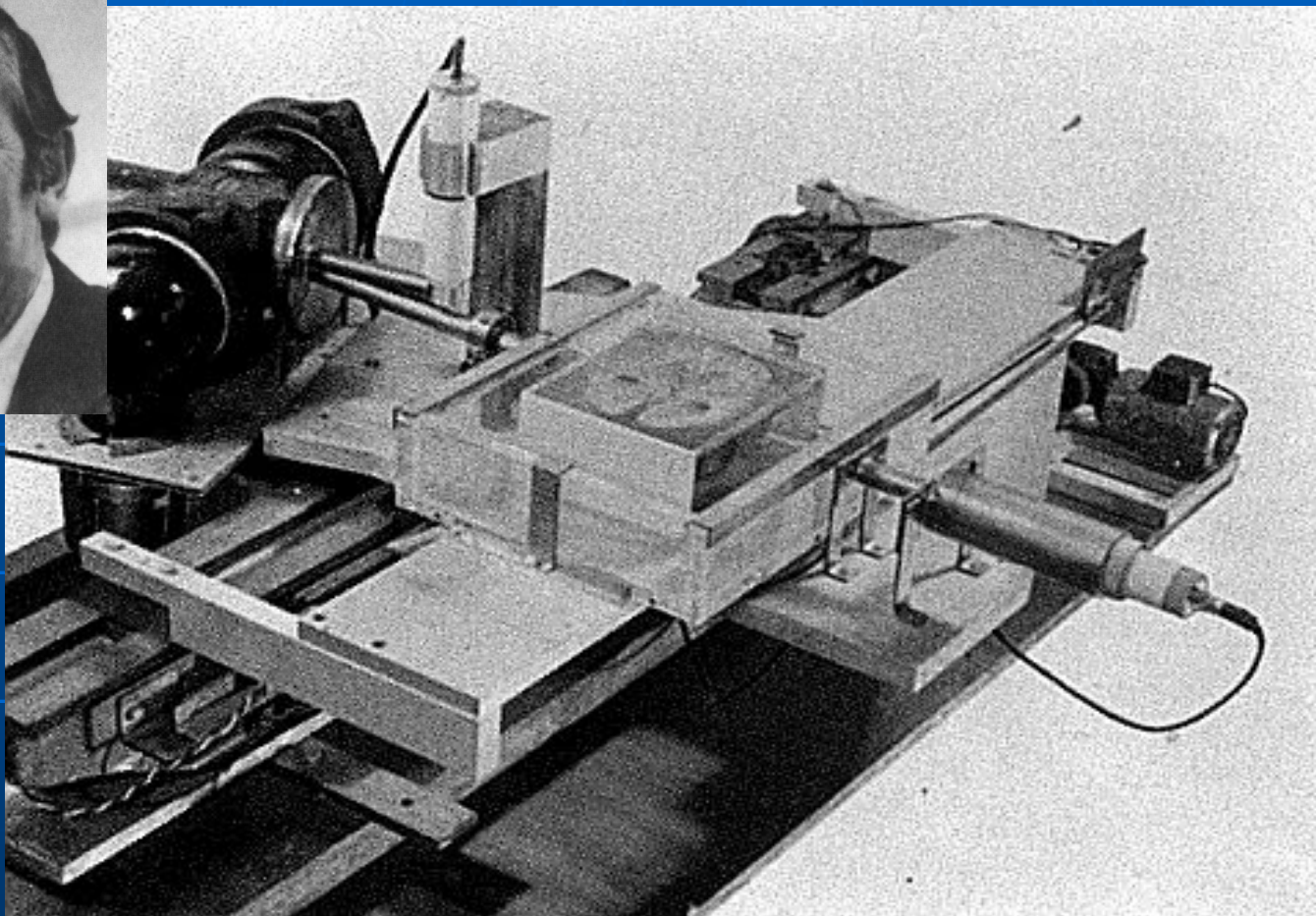
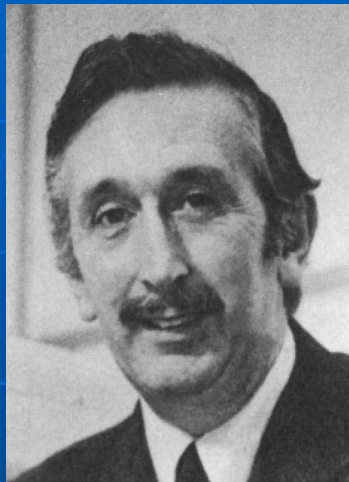
(Представление функции через ее линейные интегралы с применением в области радиологии)

1962 - 63 г.



Экспериментальная установка А. Кормака

Конец 1960-х



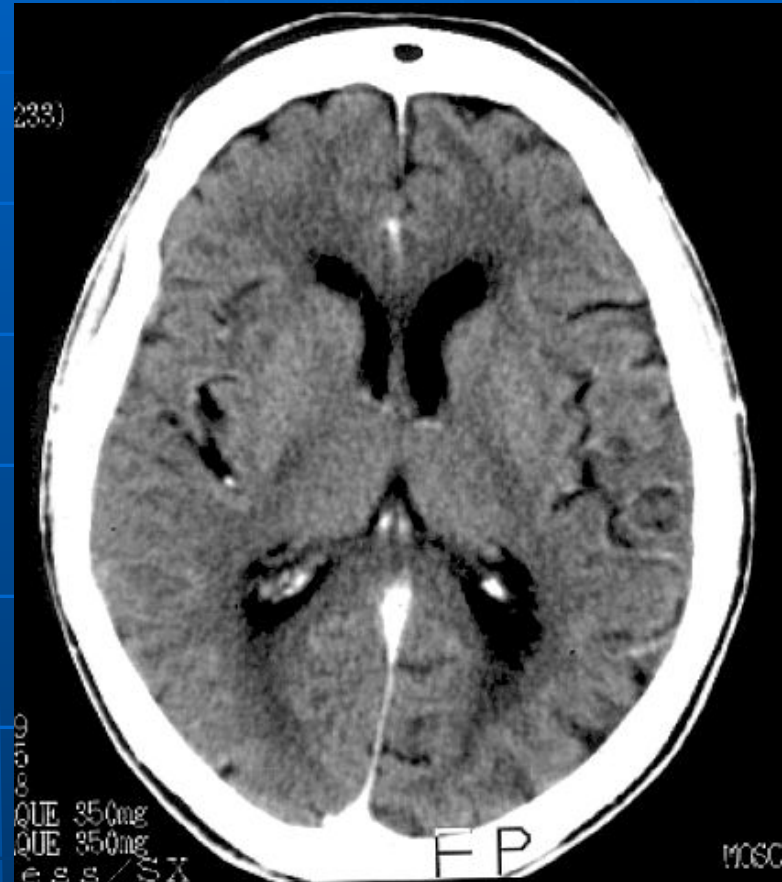
**Экспериментальная установка Г. Хаунсфилда,
сотрудника фирмы EMI (Лондон)**

1970 г.



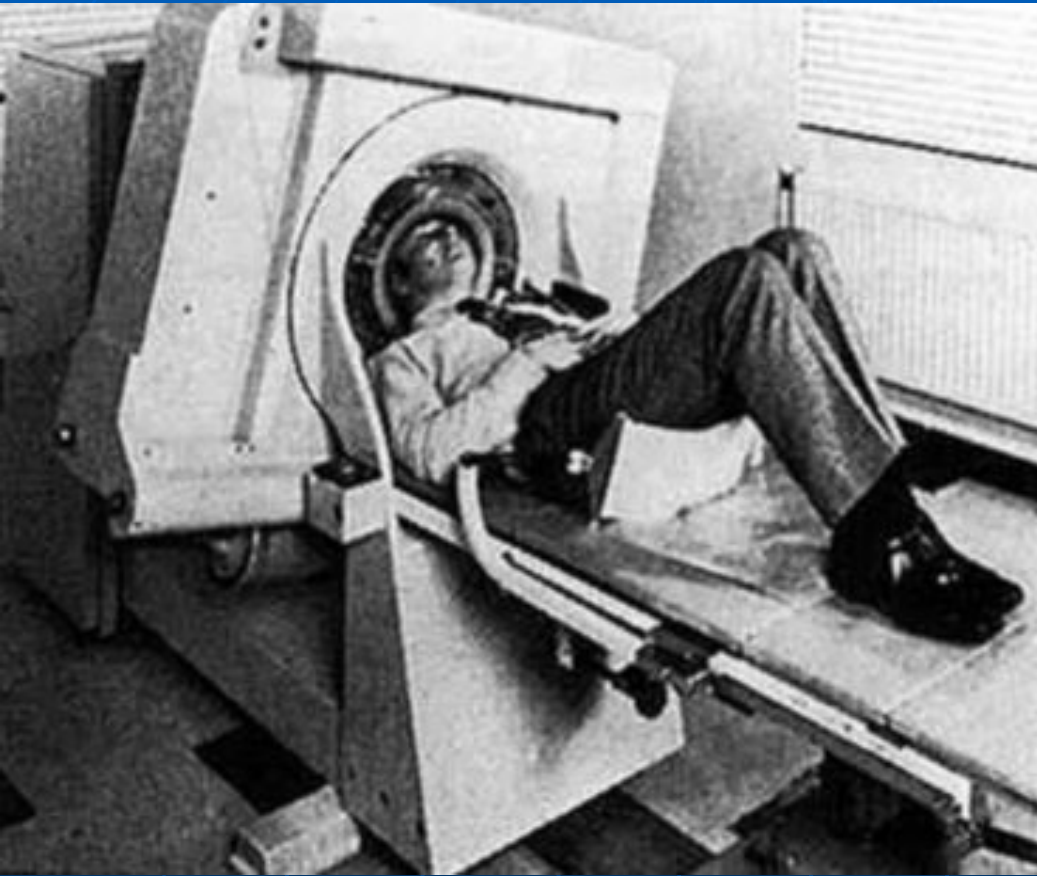
Первое изображение препарата
головного мозга, полученное на
экспериментальной
установке Г. Хаунсфилдом

1999 г.



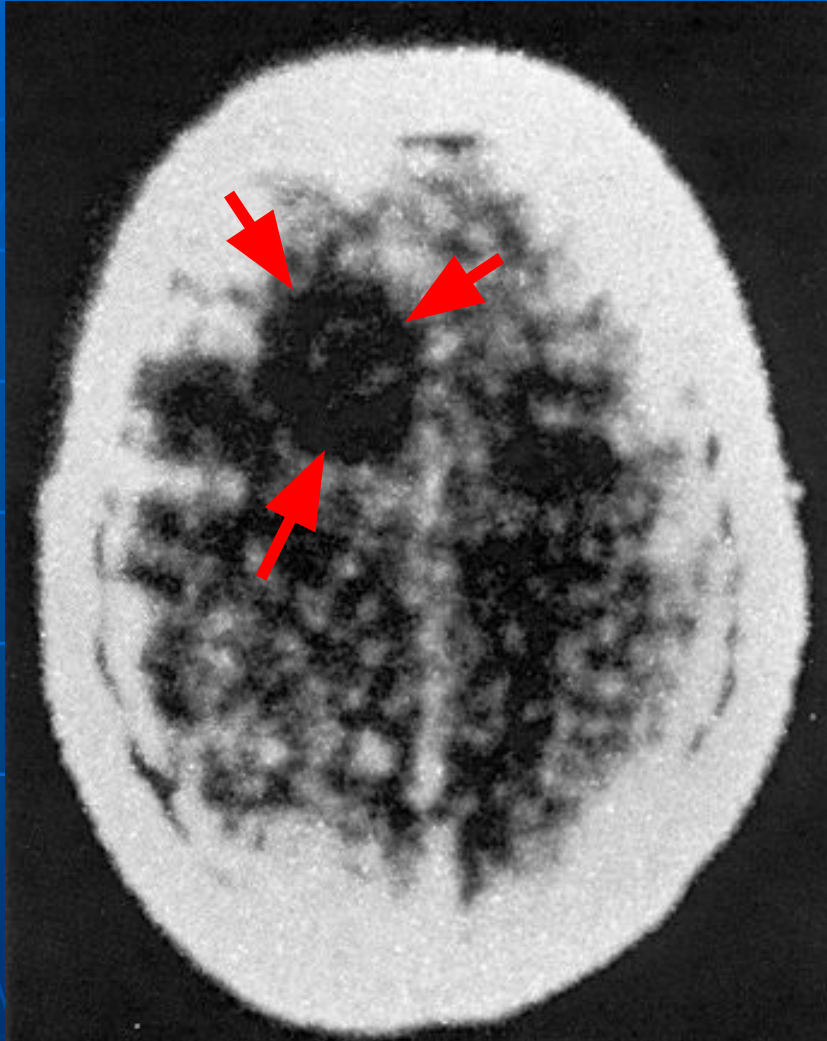
Современная компьютерная
томограмма головного мозга

Сентябрь 1971 г.



**Первый компьютерный томограф, установленный в клинике
им. А. Морли (Лондон) в 1972 г**

4 октября 1971 г.

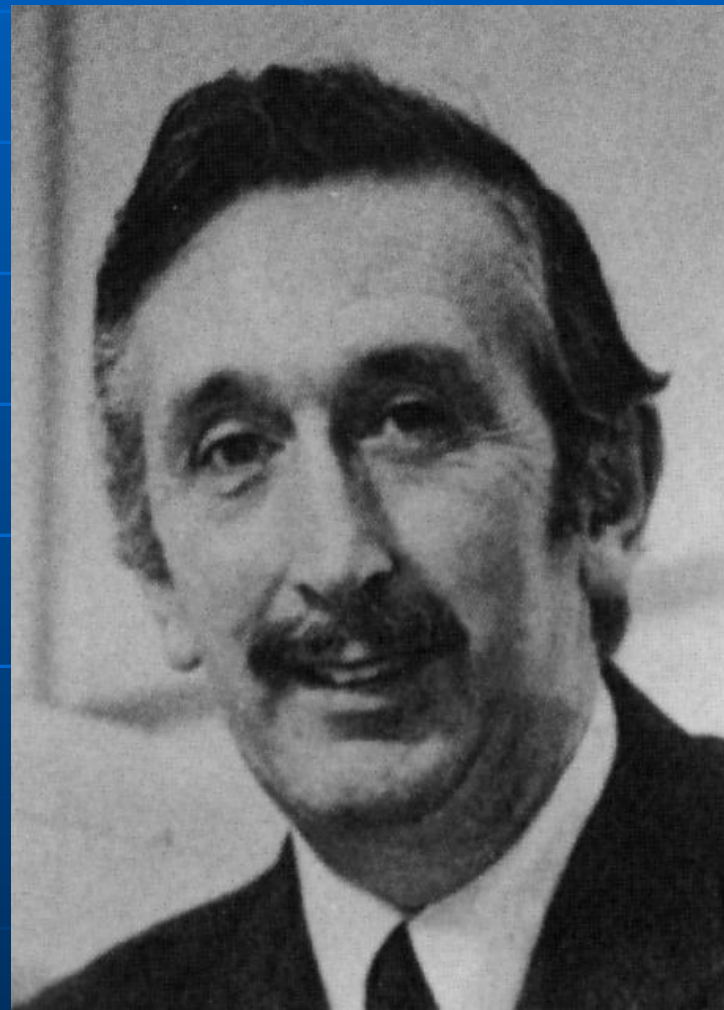


**Первое диагностическое
изображение головы
пациентки с клиническим
подозрением на опухоль
головного мозга**

Лауреаты Нобелевской премии 1979 г.

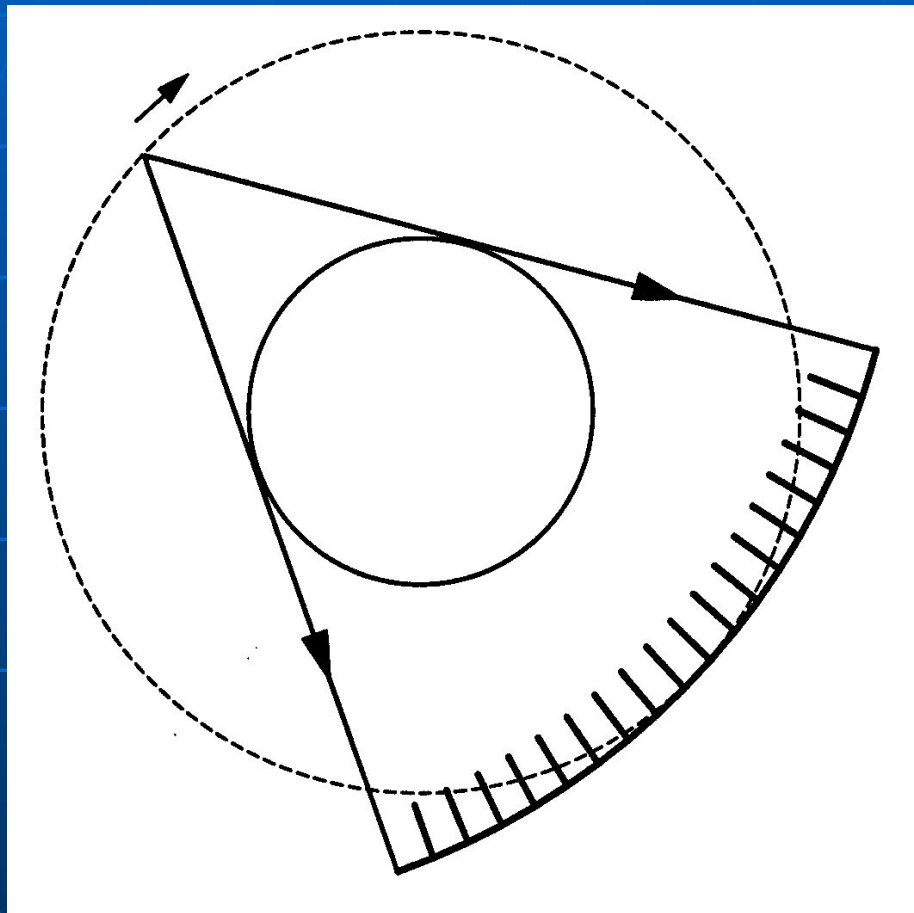


Аллен Кормак



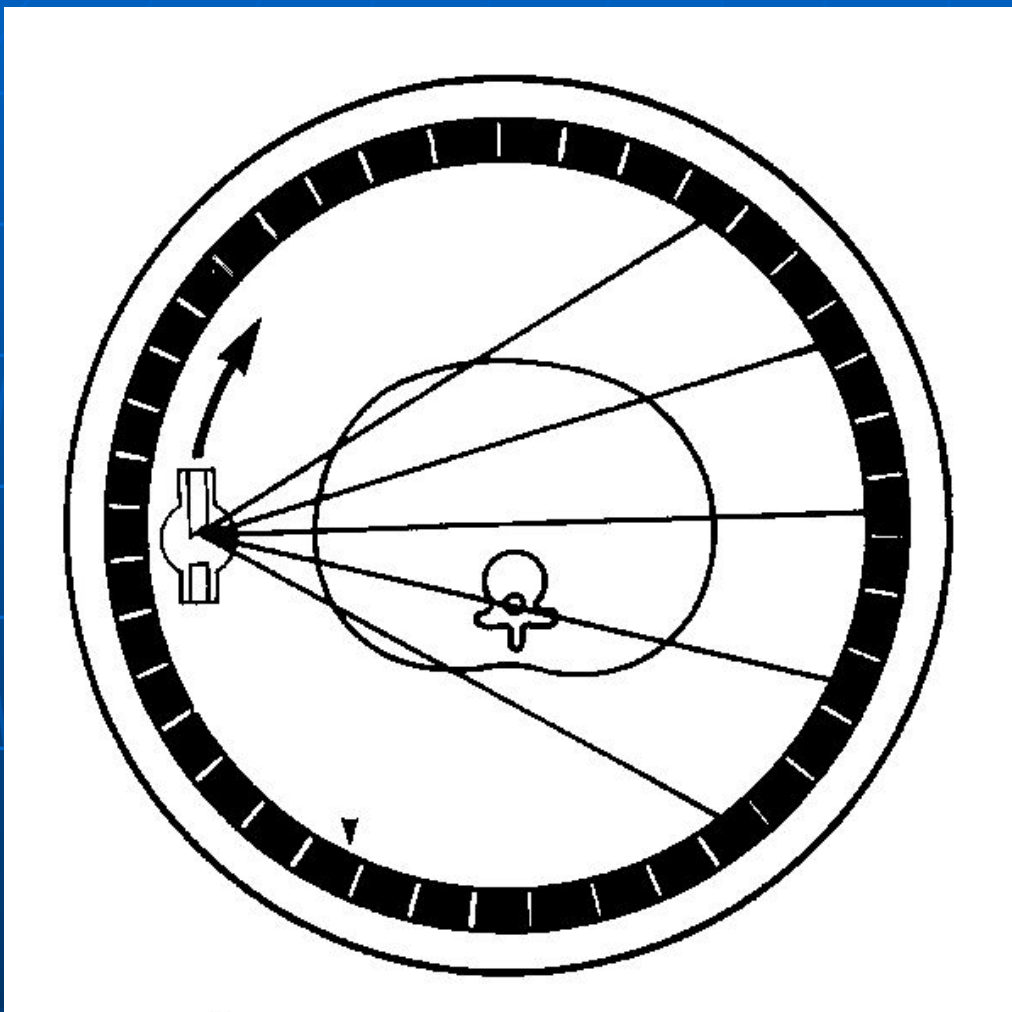
Годфри Хаунсфилд

Рентгеновская компьютерная томография



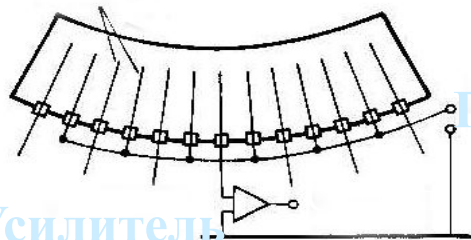
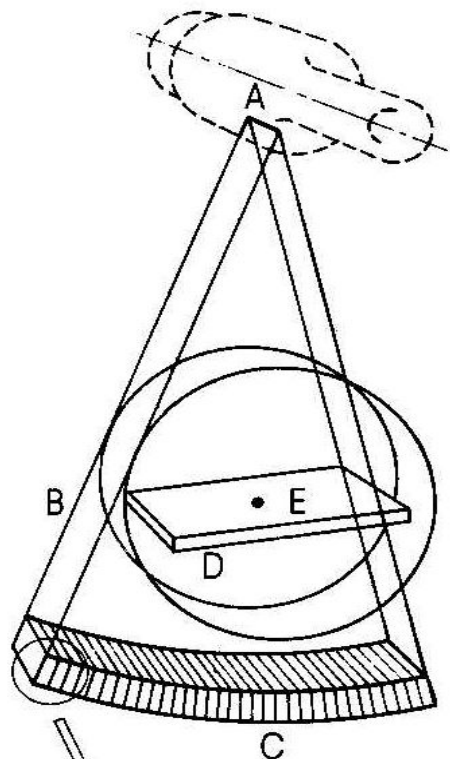
Принцип: ротация
Дуга детекторов
Время сканирования
0,4-10 сек

Схема томографа 3-го поколения



Принцип: ротация
Круг детекторов
Время сканирования
1-5 сек

Схема томографа 4-го поколения



- А - трубка
- В - веерный пучок
- С - пакет детекторов
- D - объект

Устройство РКТ

- 1- сканирующая система (рентгеновская трубка и детекторы)
- 2 – высоковольтный генератор – источник питания на 140 кВ и силой тока до 200 мА
- 3 – пульт управления (клавиатура управления, монитор)
- 4 – компьютерная система, предназначенной для предварительной обработки, поступающей от детекторов информации и получения изображения с оценкой плотности объекта.

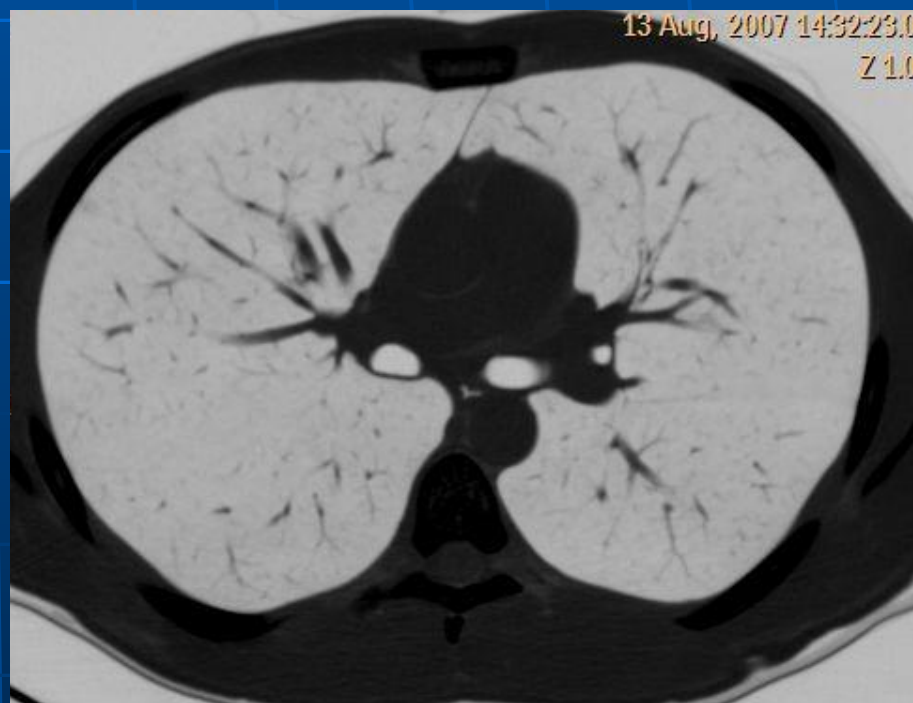
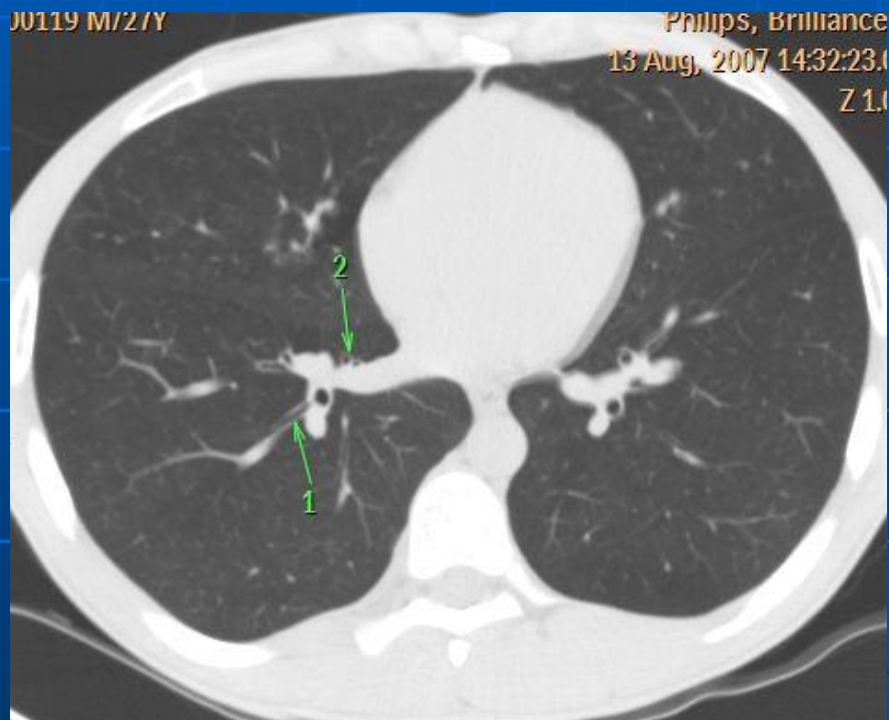
Преимущества РКТ

- Высокая разрешающая возможность и чувствительность
- Возможность дифференцировки отдельных тканей друг от друга, отличающиеся по плотности в пределах 0,5% (при рентгенографии - около 20%)
- Точная количественная информация о размерах и плотности нормальных и патологических тканей.

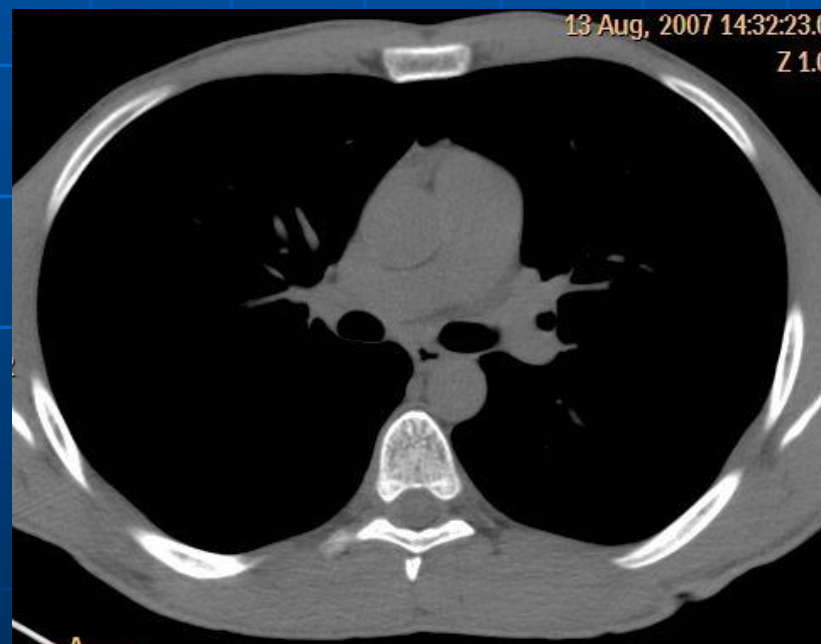
- **Показаниями к КТ** являются необходимость выявления или уточнения характера патологических изменений в любом органе. Можно определить локализацию, величину, плотность , связь с соседними органами
- **Противопоказаний к КТ** практически не существует. Относительное противопоказание – шоковое состояние, профузное кровотечение.

- При использовании контрастных веществ методом так называемого внутривенного контрастного усиления повышается точность выявления патологических образований, проведение дифференциальной диагностики

Разные режимы КТ изображений органов грудной клетки



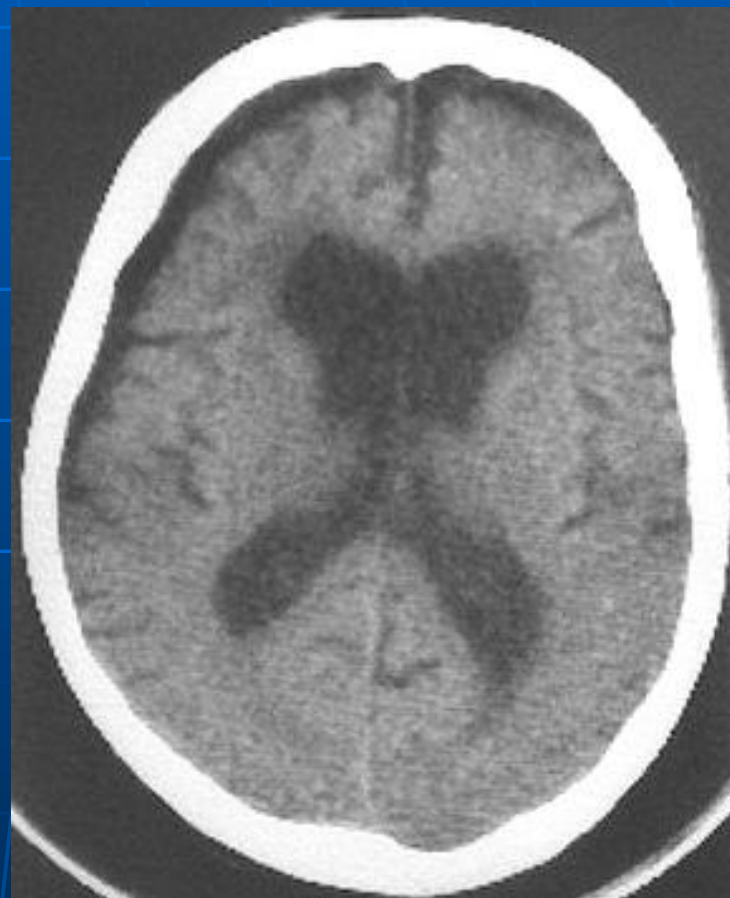
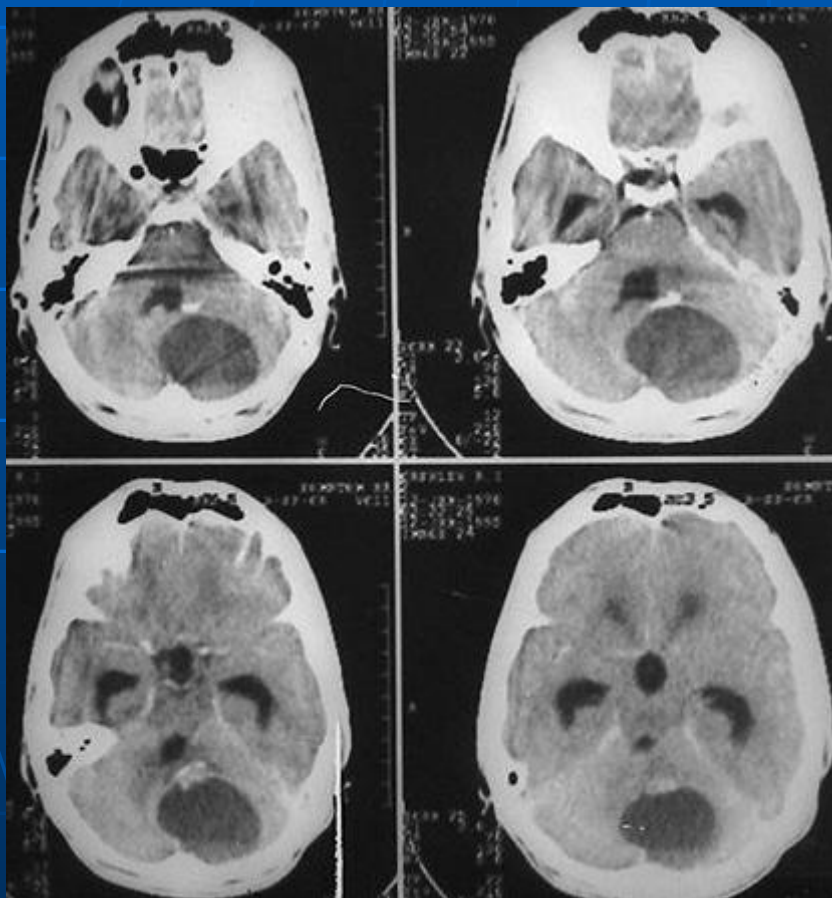
Разные режимы КТ изображений органов грудной клетки



Разные возможности измерений

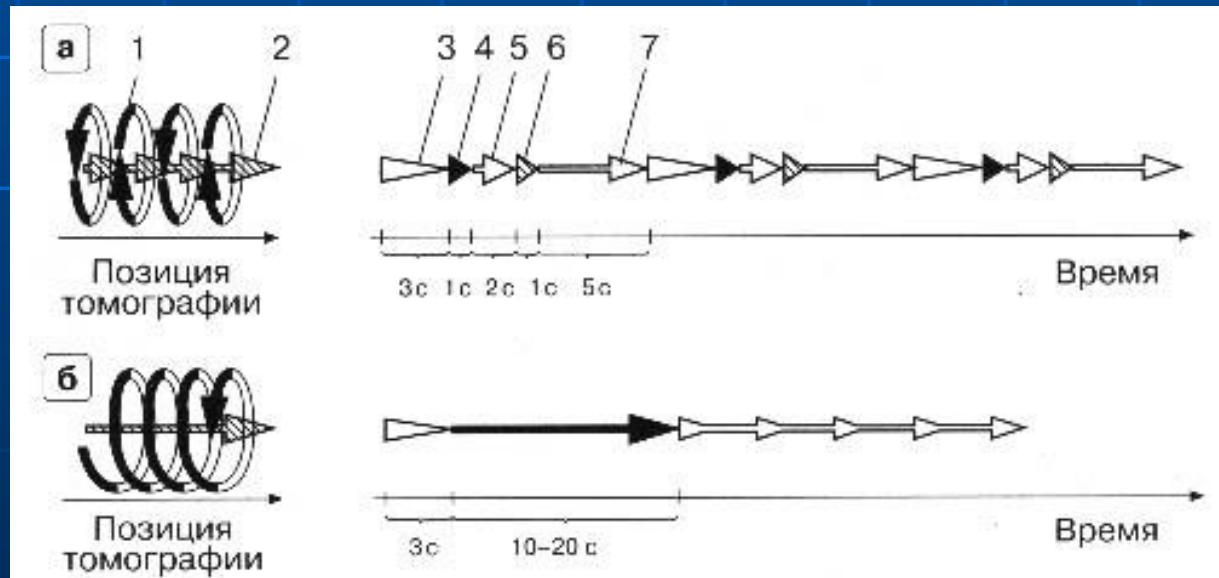


КТ головного мозга



Спиральная компьютерная томография

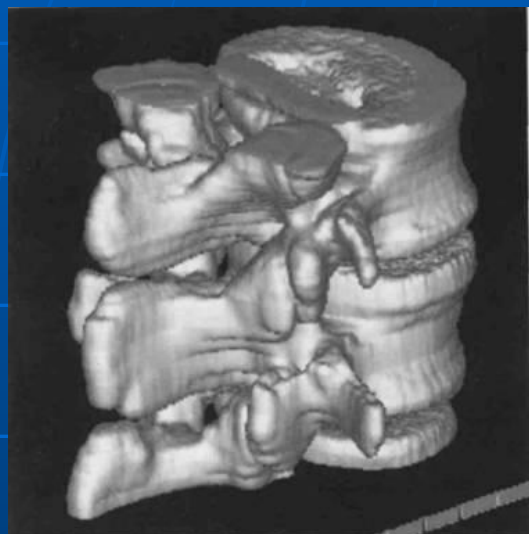
- Первой идею спирального сканирования запатентовала фирма «Тошиба» в 1986 г. Первое клиническое исследование в 1989 (Т.Кatakura). В 1990 г. фирма «Сименс», а затем и остальные фирмы производители – в 1991 г.



Преимущества спиральной компьютерной томографии

- - Высокая скорость сканирования – до 0,5 сек на оборот трубки.
- - Получение срезов высокого разрешения – толщиной 1,0 и 0,5 мм.
- - Сбор данных из всего объема исследуемой области без пропуска мелких деталей
- - Возможность апостериорной реконструкции с изменением толщины и шага реконструируемых срезов
- - Построение трехмерных объемных изображений
- - Возможность в\в болюсного контрастирования

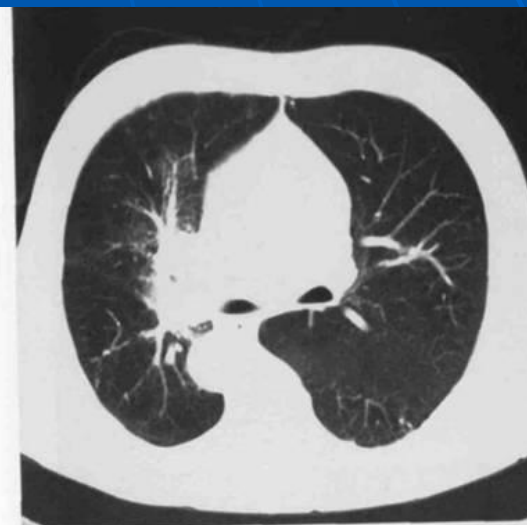
Возможности спиральной компьютерной томографии



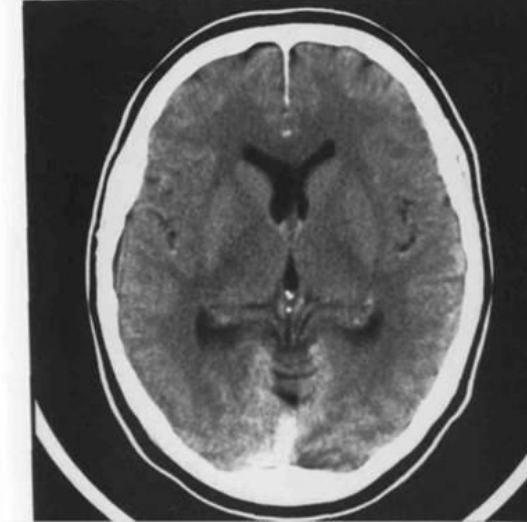
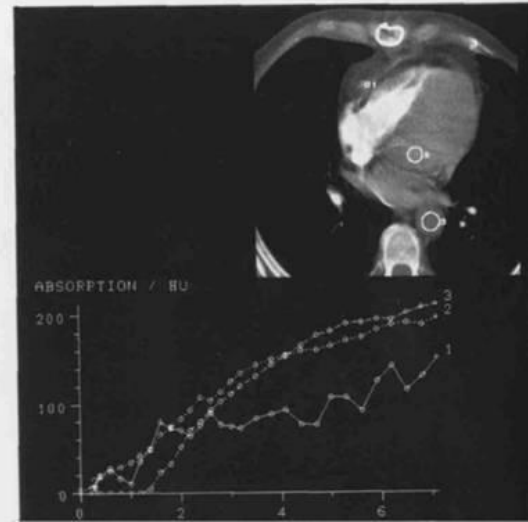
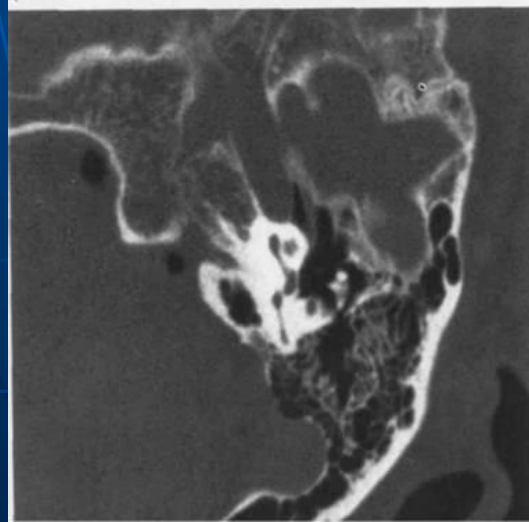
4



5

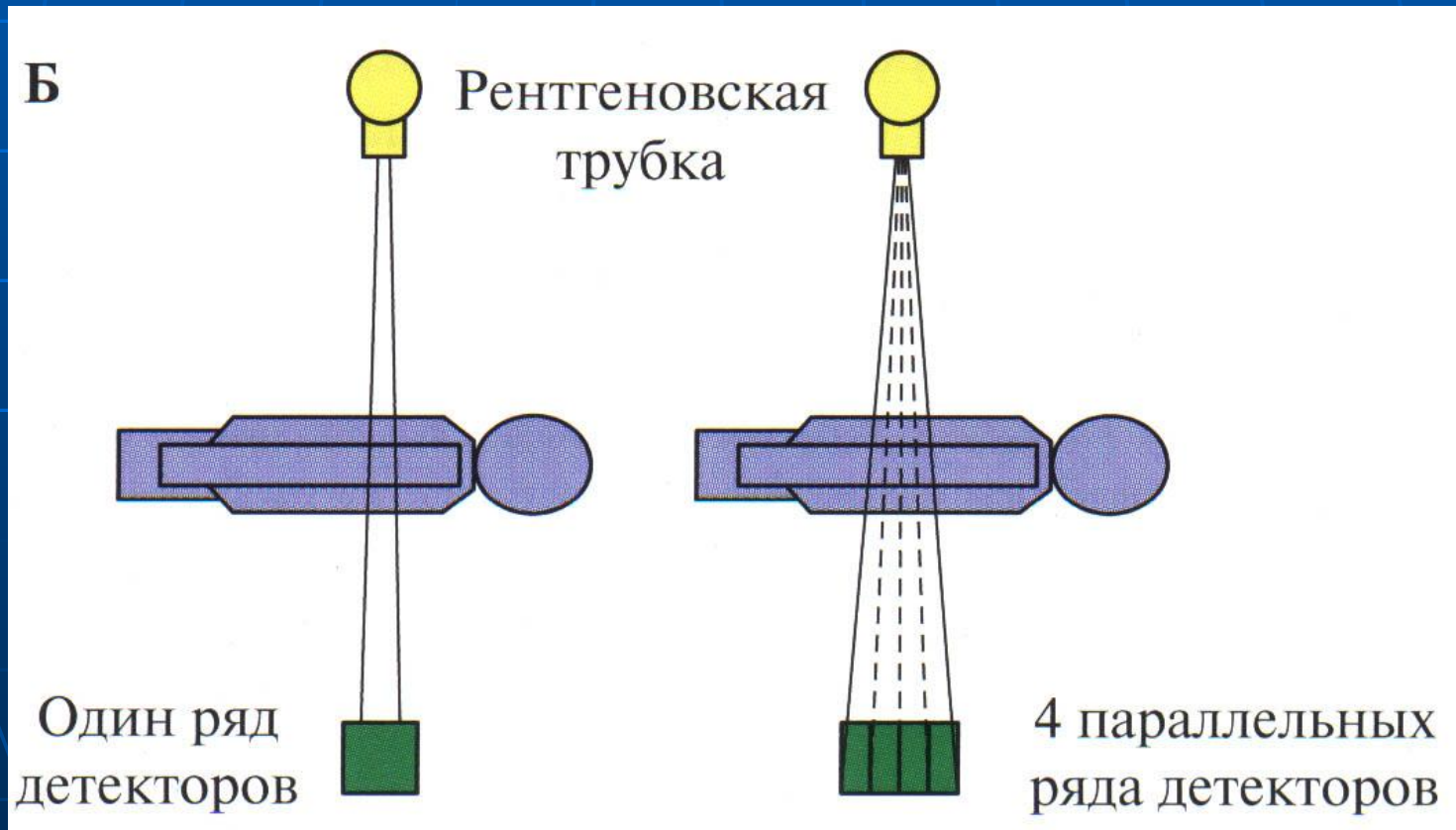


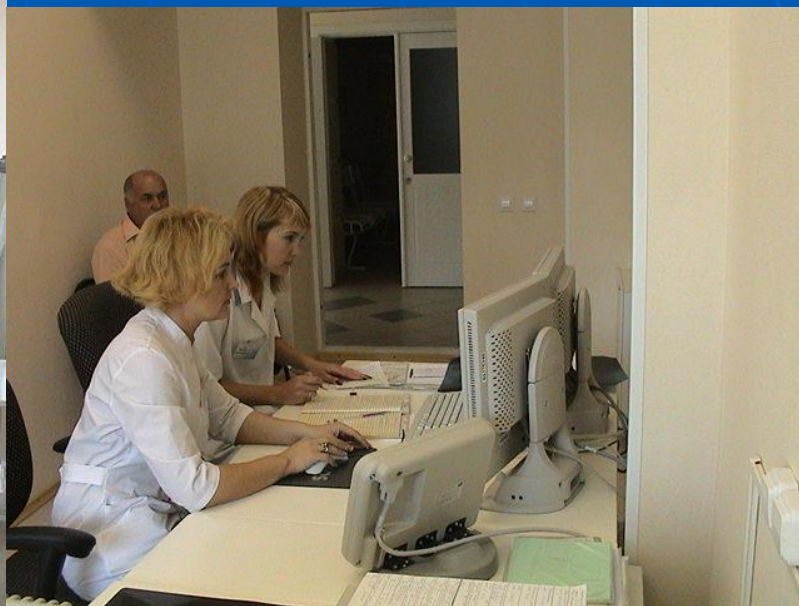
6



Мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ)

- Наличие нескольких параллельных рядов детекторов (1999 г.)



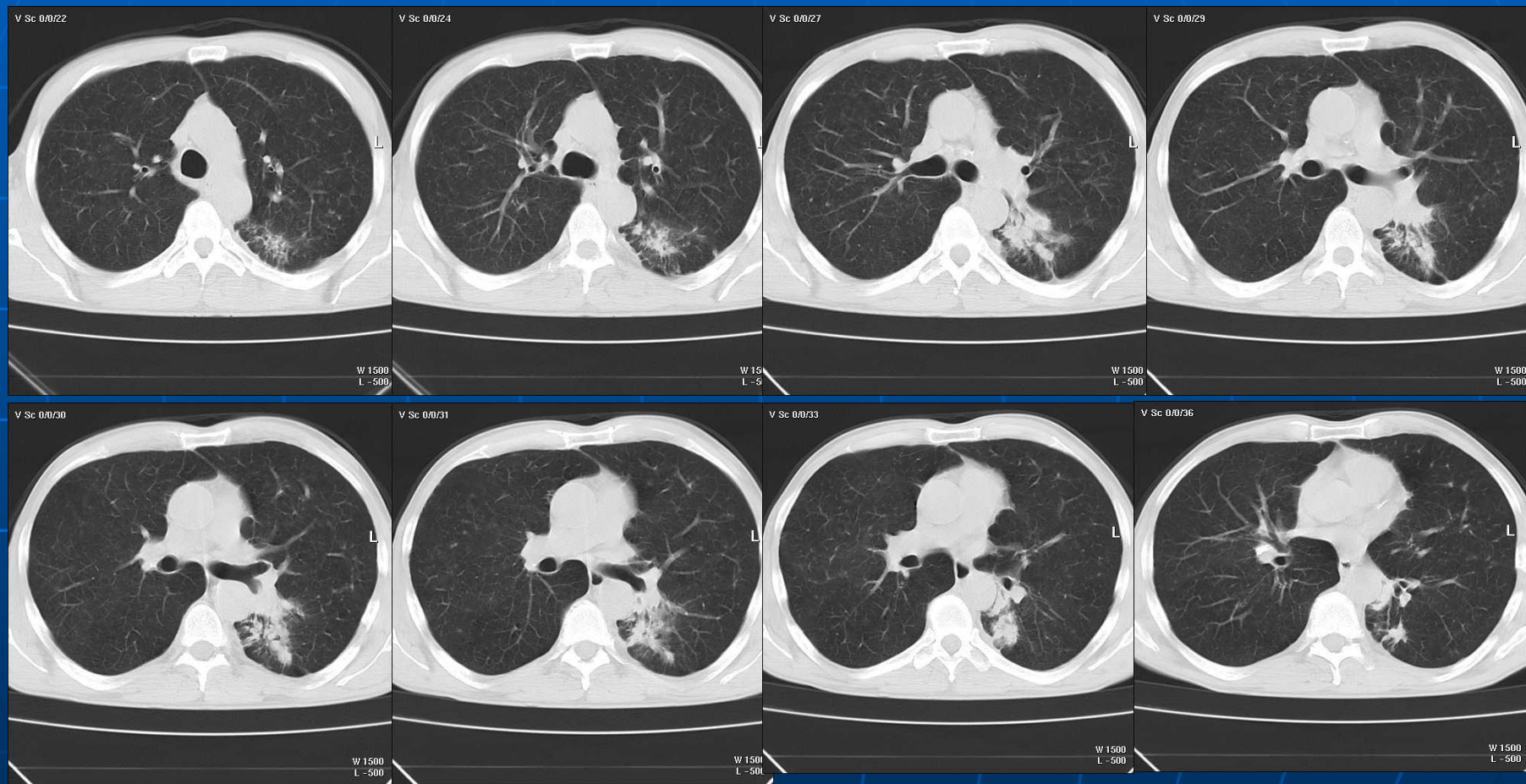


Мультиспиральный компьютерный томограф фирмы «Philips» (6-ти срезовой) ОКБ, 2005 год



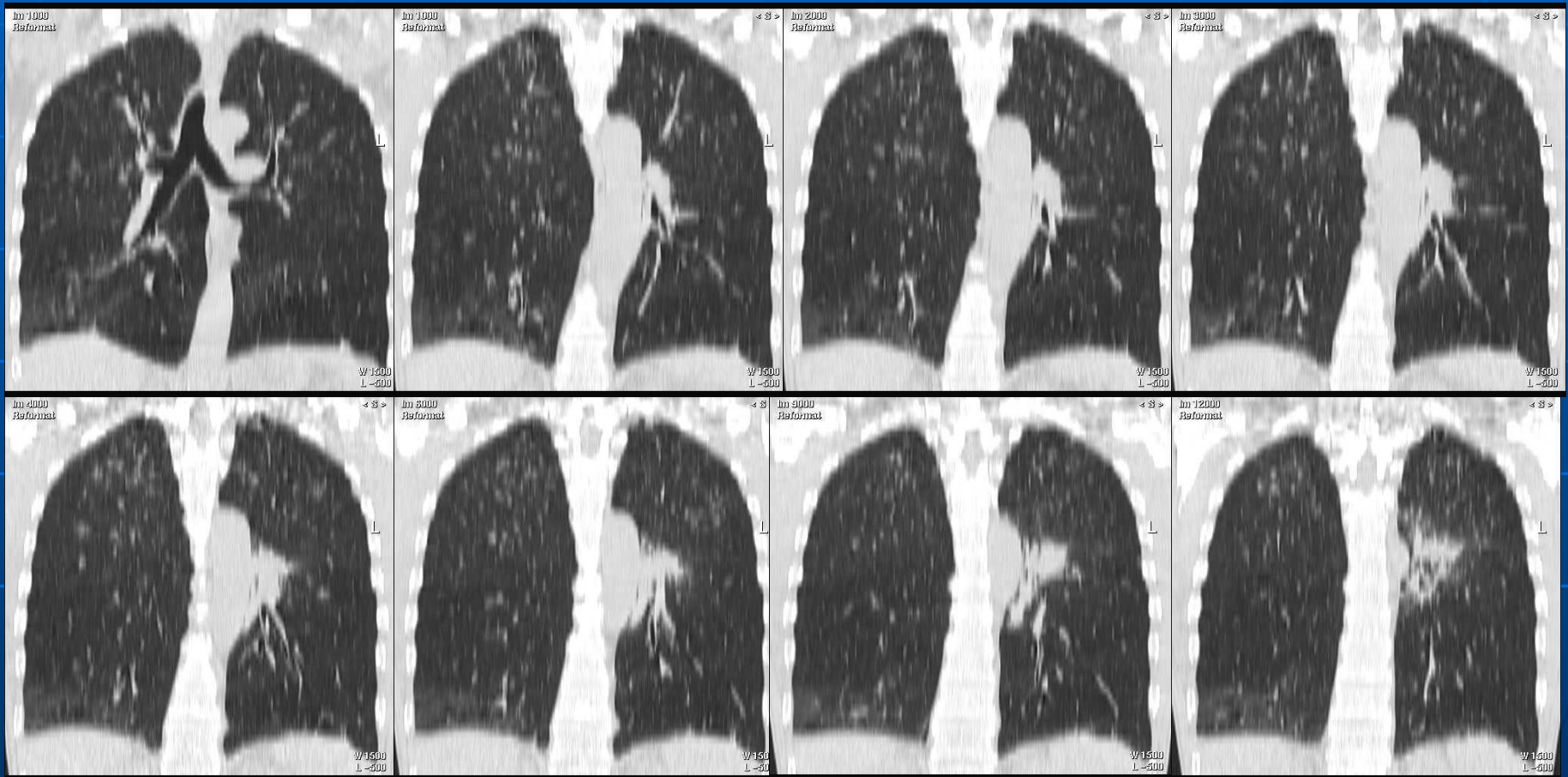
Мультиспиральный компьютерный томограф фирмы «Philips» (6-ти срезовой), болюсное контрастирование, ОКБ, 2006 год

Аксиальные сканы органов грудной полости

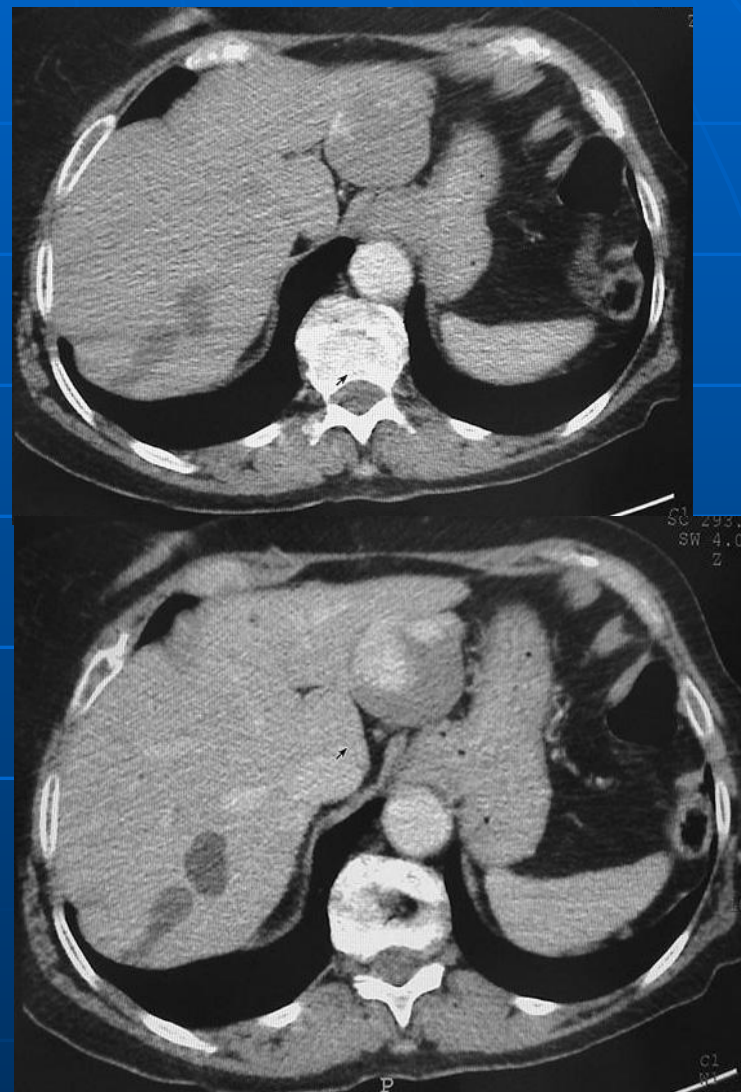


BL S6 PULM. SINISTRA

Коронарная реконструкция

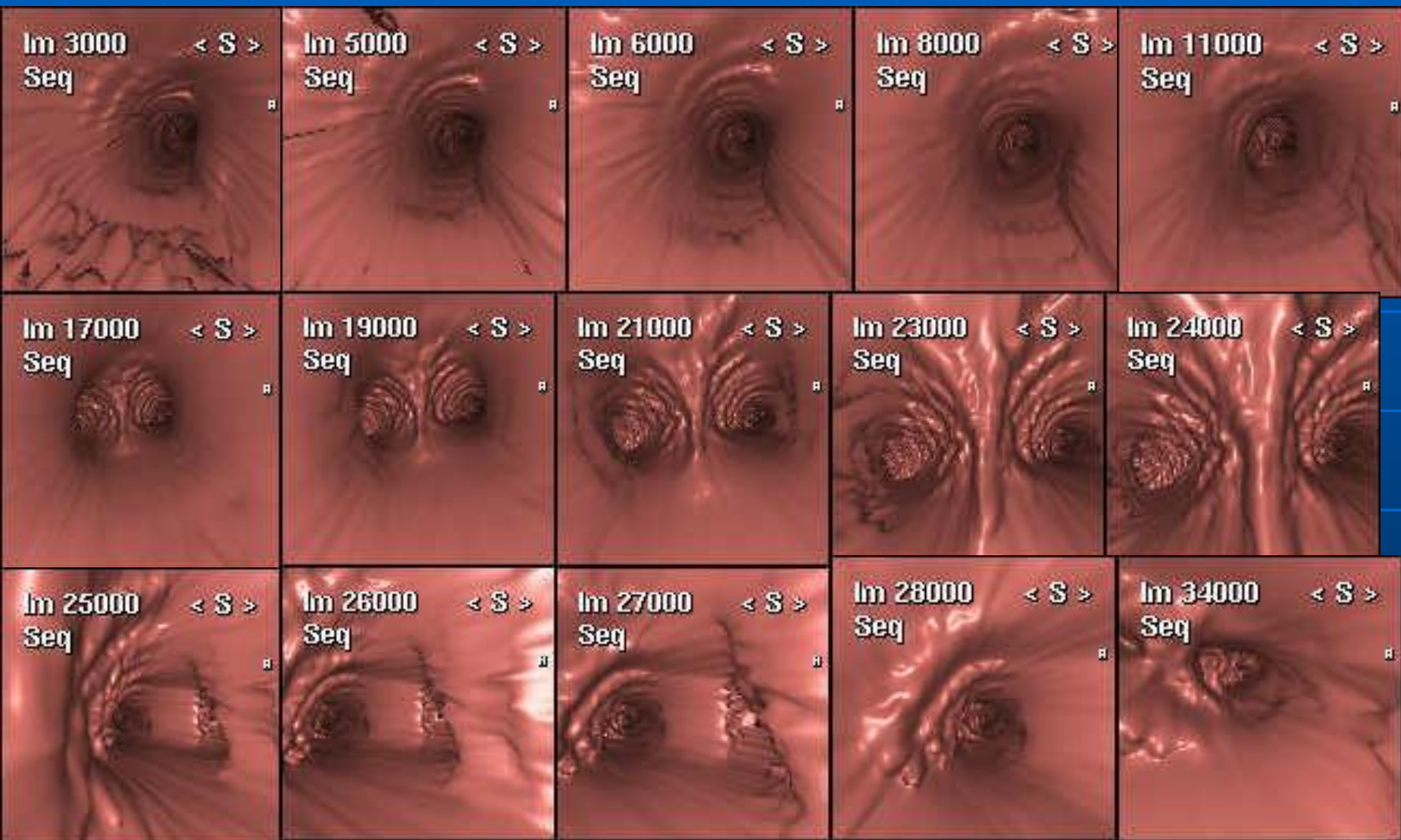


Возможности МСКТ

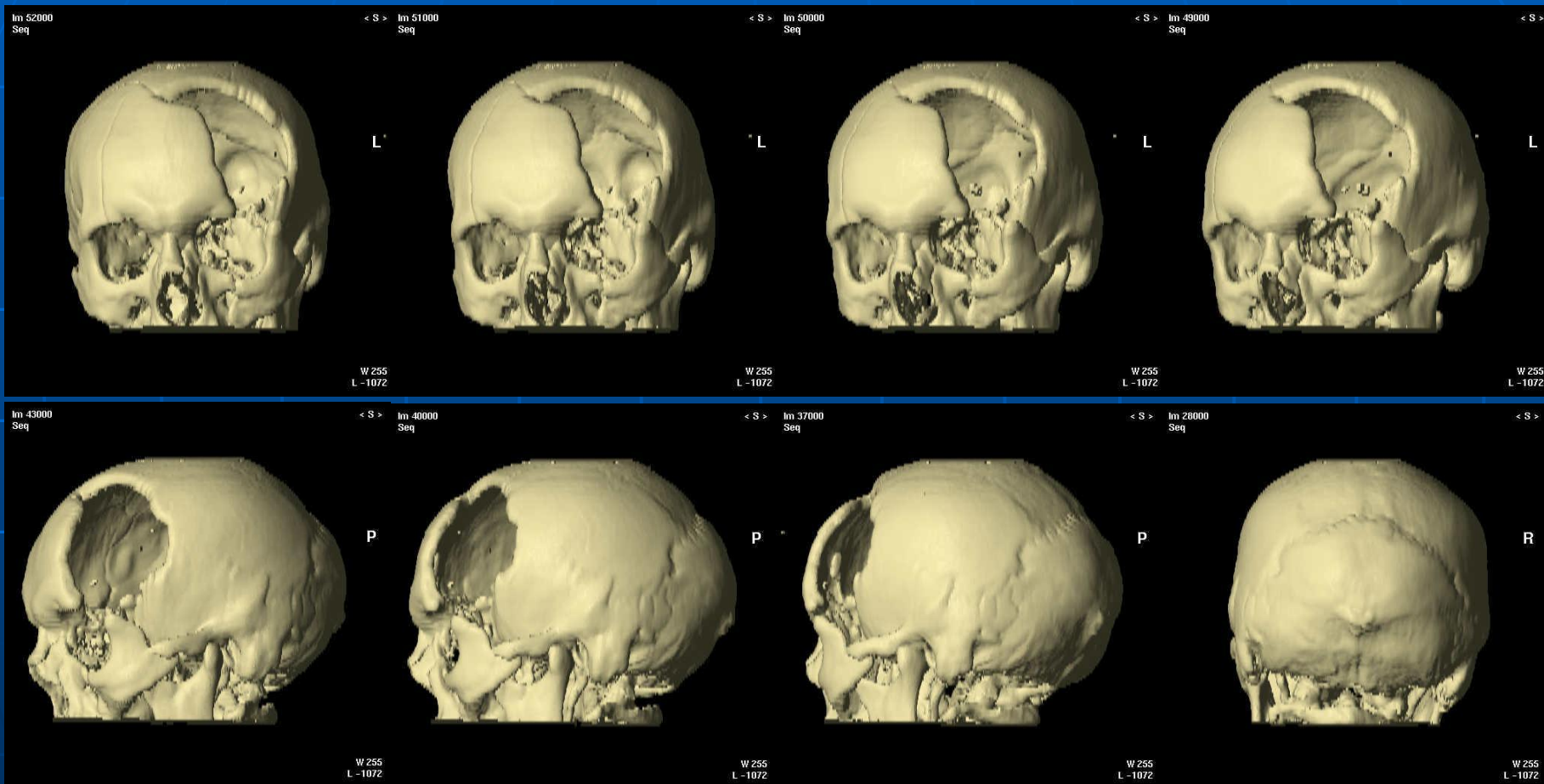


Болюсное контрастирование (гемангиома печени)

Виртуальная бронхоскопия



3D-РЕКОНСТРУКЦИЯ ПО КОСТНОЙ ТКАНИ



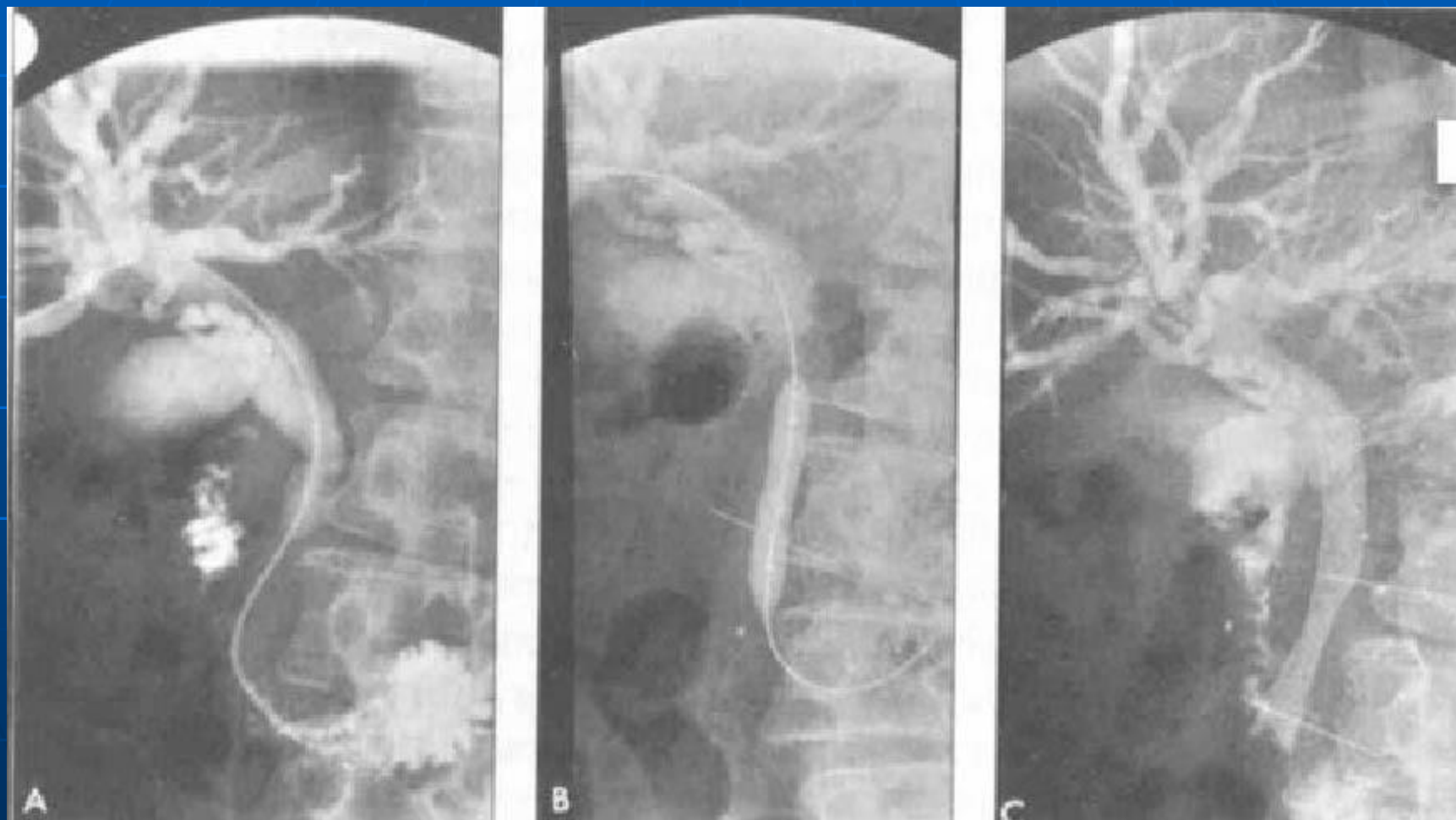
Рентгеновская компьютерная томография

- **Приоритетные области исследования:**
 - Головной мозг (травма, опухоли, ОНМК)
 - Органы грудной полости
 - Паренхиматозные органы живота
 - Костно-суставной аппарат;

Интервенционная радиология

- Диагностические и лечебные манипуляции под контролем лучевых методов
- Эндоваскулярные
- Эндобронхиальные
- Эндобилиарные
- Эндоуринарные
- Чрескожное дренирование кист и абсцессов
- Эндоэзофагеальные
- Аспирационная биопсия под лучевым контролем
- **Первое исследование в 1953 г. (Сельдингер)**

Ретроградная панкреатохолангиография (РПХГ)



Ретроперитонеальный абсцесс. Дренаж по контролем КТ



Рентгеноконтрастные препараты

```
graph TD; A[Рентгеноконтрастные препараты] --> B[Рентгенопозитивные]; A --> C[Рентгенонегативные]; B --> D[Йодсодержащие]; B --> E[Не содержащие йод]; D --> F[Ионные]; D --> G[Неионные]; E --> H[Ионные]; E --> I[Неионные];
```

■ Рентгенопозитивные

■ Йодсодержащие

■ Ионные

- (водорастворимые,
- жирорастворимые)

Рентгенонегативные

(кислород, углекислый газ,
воздух, закись азота)

Не содержащие йод
(сульфат бария, тантал)

Неионные

(водорастворимые)

Рентгеноконтрастные препараты

- **Ионные:**
- - урографин (мономер)
- - тразограф (мономер)
- - триомбраз (мономер)
- - гипак (мономер)
- - телебрикс (мономер)
- - гексабрикс (димер)

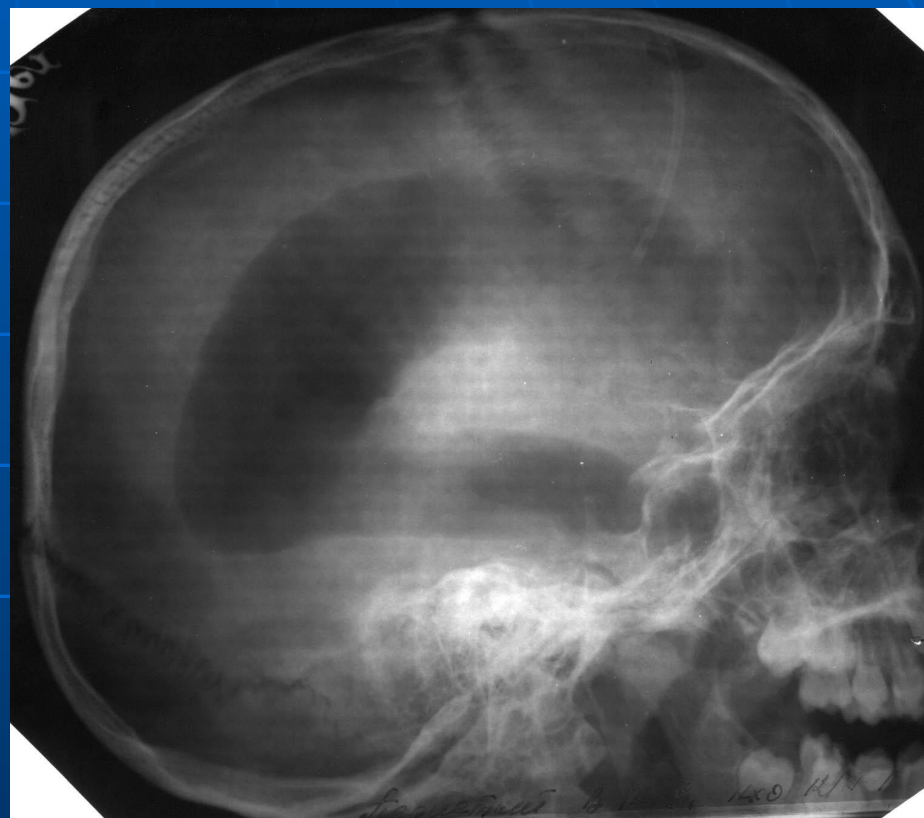
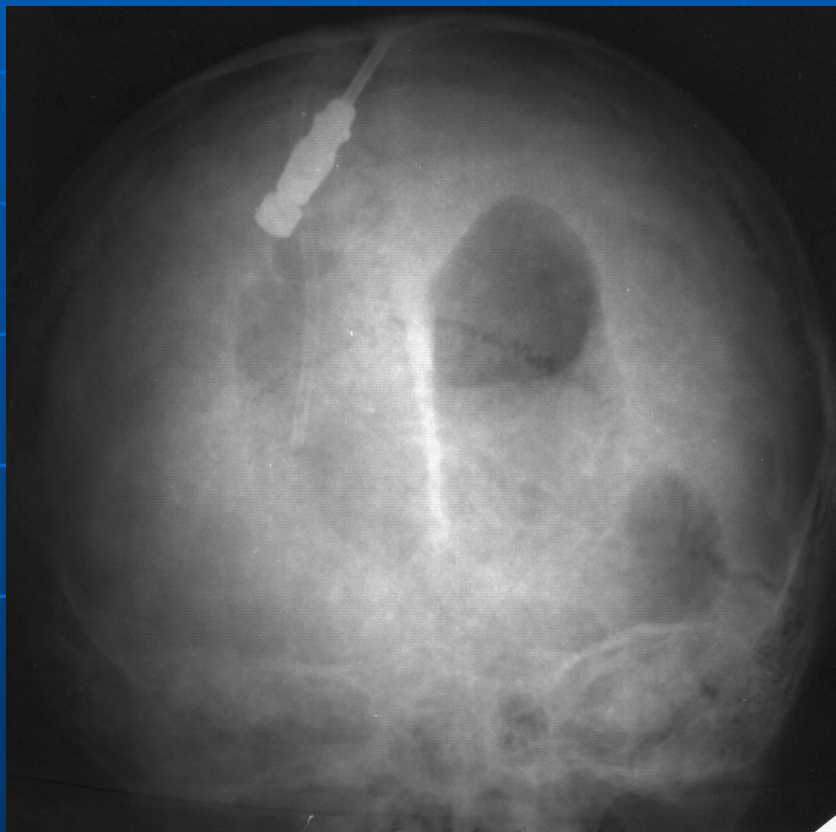
Рентгеноконтрастные препараты

- Неионные:
- - ультравист (мономер)
- - омнипак (мономер)
- - ксенетикс (мономер)
- - визипак (димер)

Рентгеноконтрастные вещества

- **Характеристики Ультрависта:**
- Осмолярность – в 2,5 ниже чем у ионных КВ;
- Вязкость – при концентрации 140, 180, 240 мг йода/мл ниже вязкости крови, при концентрациях 300, 350 мг йода/мл незначительно превышает вязкость крови
- Токсичность – значительно ниже чем у ионных КВ;
- Низкий уровень связывания белка, активации лизоцима и компонентов сыворотки, выделения гистамина и др. анафилактических агентов

Пневмовентрикулография



Каротидная ангиография



После в\в усиления ультравином

