

Diagnóstico por la imagen

Sistemas e Imágenes Médicas

Máster en Ingeniería Biomédica

<http://www.uv.es/vifranjo/SIM>

Profesor:

Joan Vila Francés

joan.vila@uv.es

Tutorías: jueves de 10:30 a 13:00

Despacho 3.2.6 (Edificio ETSE)

Introducción

- ✦ Este bloque presenta las **técnicas básicas** de adquisición de imágenes utilizadas para el diagnóstico médico.
- ✦ Abarca la descripción de los **fundamentos físicos** de cada técnica de adquisición y los **fundamentos tecnológicos** implicados en la producción de las propias imágenes.

Objetivos

- ✦ Repasar los **principios físicos** en los que se basan los distintos métodos de obtención de imágenes en el diagnóstico médico.
- ✦ Describir la **tecnología** asociada a las diferentes técnicas de obtención de imágenes.
- ✦ Describir los **fundamentos fisiológicos** que permiten realizar estudios funcionales mediante radiofármacos en Medicina Nuclear.
- ✦ Introducir los **métodos matemáticos** de reconstrucción de imágenes de cortes o imágenes 3D, así como los métodos básicos de visualización 2D y 3D.

Plan docente

- ✦ Introducción
- ✦ Radiología plana
- ✦ Tomografía computarizada por rayos X
- ✦ Medicina Nuclear
- ✦ Resonancia Magnética Nuclear
- ✦ Ultrasonidos



Introducción

Diagnóstico por la imagen

Índice

- ✦ Modalidades de diagnóstico por la imagen.
- ✦ Fundamentos físicos básicos de la obtención de imágenes.
- ✦ Historia del diagnóstico por imagen.
- ✦ Sistemas de visualización y almacenamiento de imágenes médicas: PACS (*Picture archiving and communication system*).

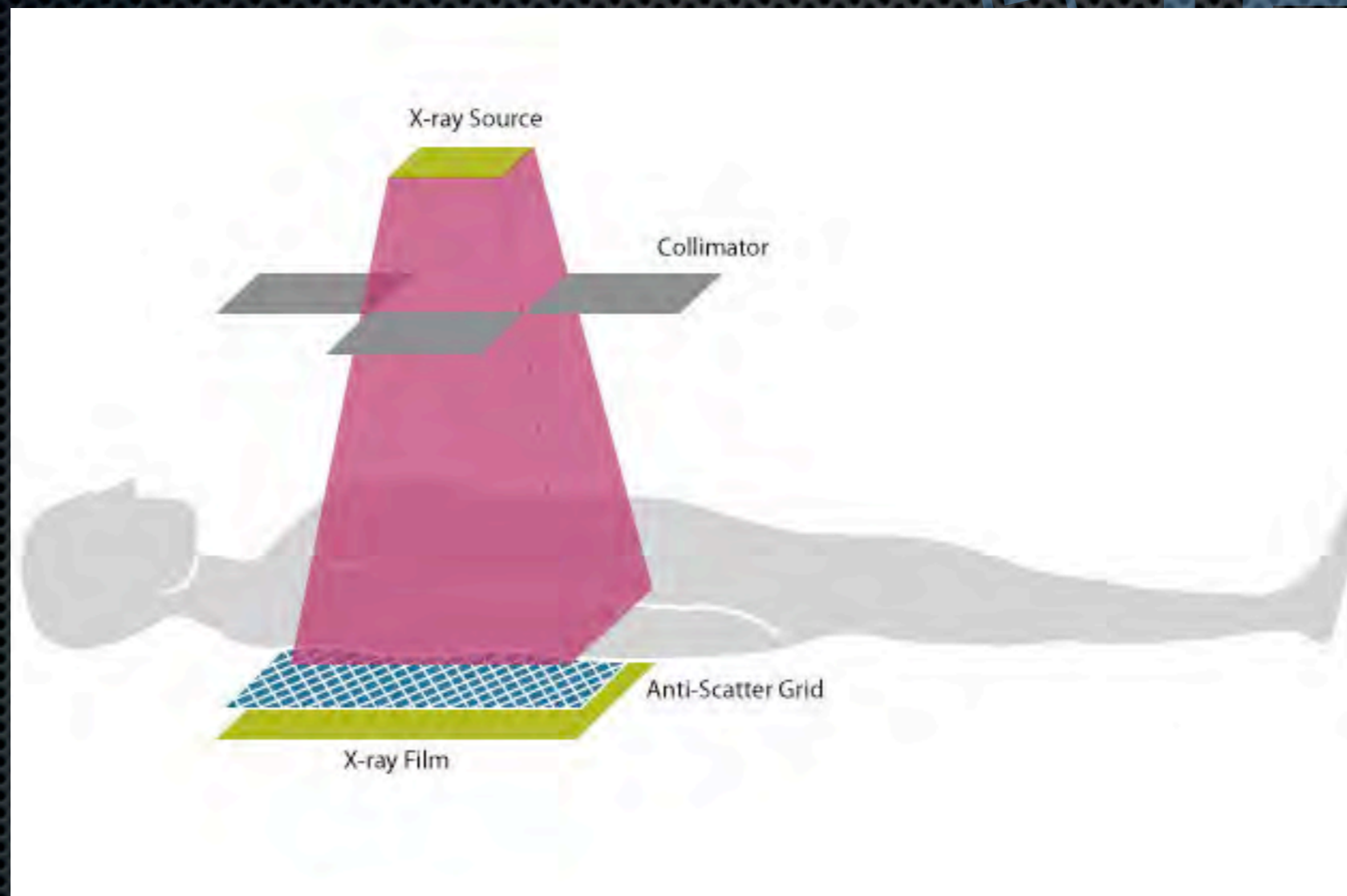
Modalidades

- Técnicas basadas en *radiaciones ionizantes*:
 - Rayos X (RX)
 - Tomografía Computarizada (TC)
 - Medicina Nuclear (MN)
- Técnicas *no ionizantes*:
 - Resonancia Magnética Nuclear (RMN)
 - Ultrasonidos (US)

Fundamentos físicos: Rayos X

- Los **rayos X** (RX) son una forma de radiación electromagnética, de una frecuencia muy superior a la luz visible.
 - Un tubo de RX lanza un haz de RX a través de un cuerpo humano.
 - Al otro lado del cuerpo, un receptor sensible a los RX recoge la radiación transmitida.
 - Dependiendo de las diferencias en la absorción de los RX, la cantidad de radiación que atraviesa cada tejido varía formando una imagen en el receptor.

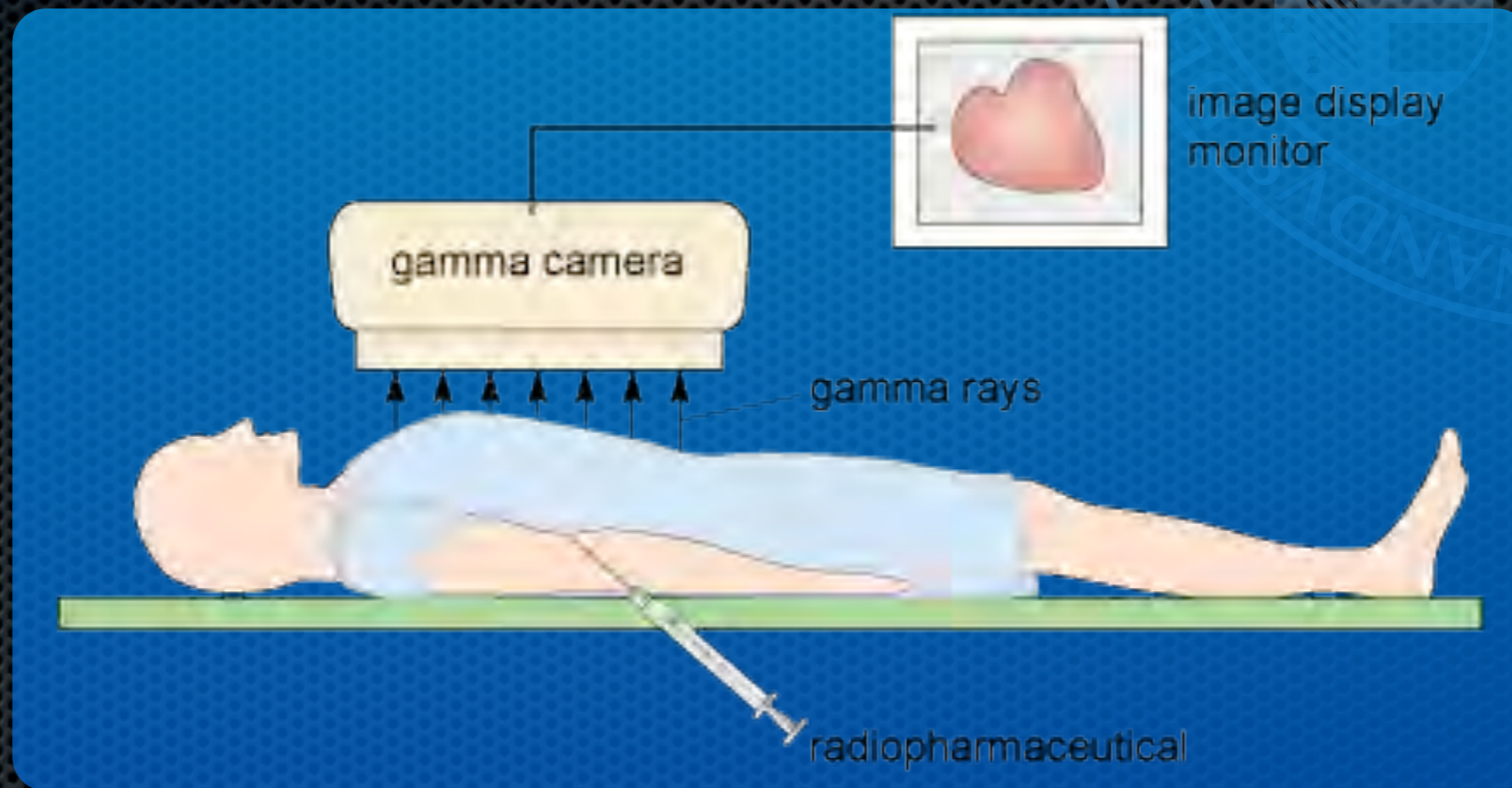
Fundamentos físicos: Rayos X



Fundamentos físicos: Medicina Nuclear

- ✦ Se introduce una sustancia radioactiva (*radiofármaco*) en el paciente.
- ✦ El radiofármaco se fija en un órgano concreto o unas células específicas del paciente, desde donde emite *rayos gamma*.
- ✦ Los rayos gamma son visualizados con una cámara especial (*cámara gamma*).

Fundamentos físicos: Medicina Nuclear



Fundamentos físicos: Medicina Nuclear

- ✦ Las imágenes de medicina nuclear dan información **funcional** del paciente, en lugar de información *anatómica*.
 - ✦ Los radiofármacos son tan precisos que permiten observar el funcionamiento de los procesos biológicos a nivel molecular o celular.
 - ✦ Por eso a esta técnica también se la conoce con el nombre de *imagen molecular*.
- ✦ Por contra, la resolución espacial de la imagen es *muy pobre* en comparación con otras modalidades.

Fundamentos físicos: imagen planar

- Los métodos de rayos X y de medicina nuclear estándar generan imágenes **planas**: *proyección en dos dimensiones de un objeto tridimensional.*



las distintas estructuras internas se superponen en la imagen

Fundamentos físicos:

Tomografía computarizada

- ✦ La tomografía computarizada es una técnica asistida por computador que permite generar una imagen de una sección o plano cualquiera del sujeto.
- ✦ Se basa en tomar múltiples imágenes del sujeto a distintos ángulos, moviendo mecánicamente la fuente de radiación y/o el receptor.
- ✦ Las imágenes se procesan digitalmente para obtener un corte o sección del sujeto.

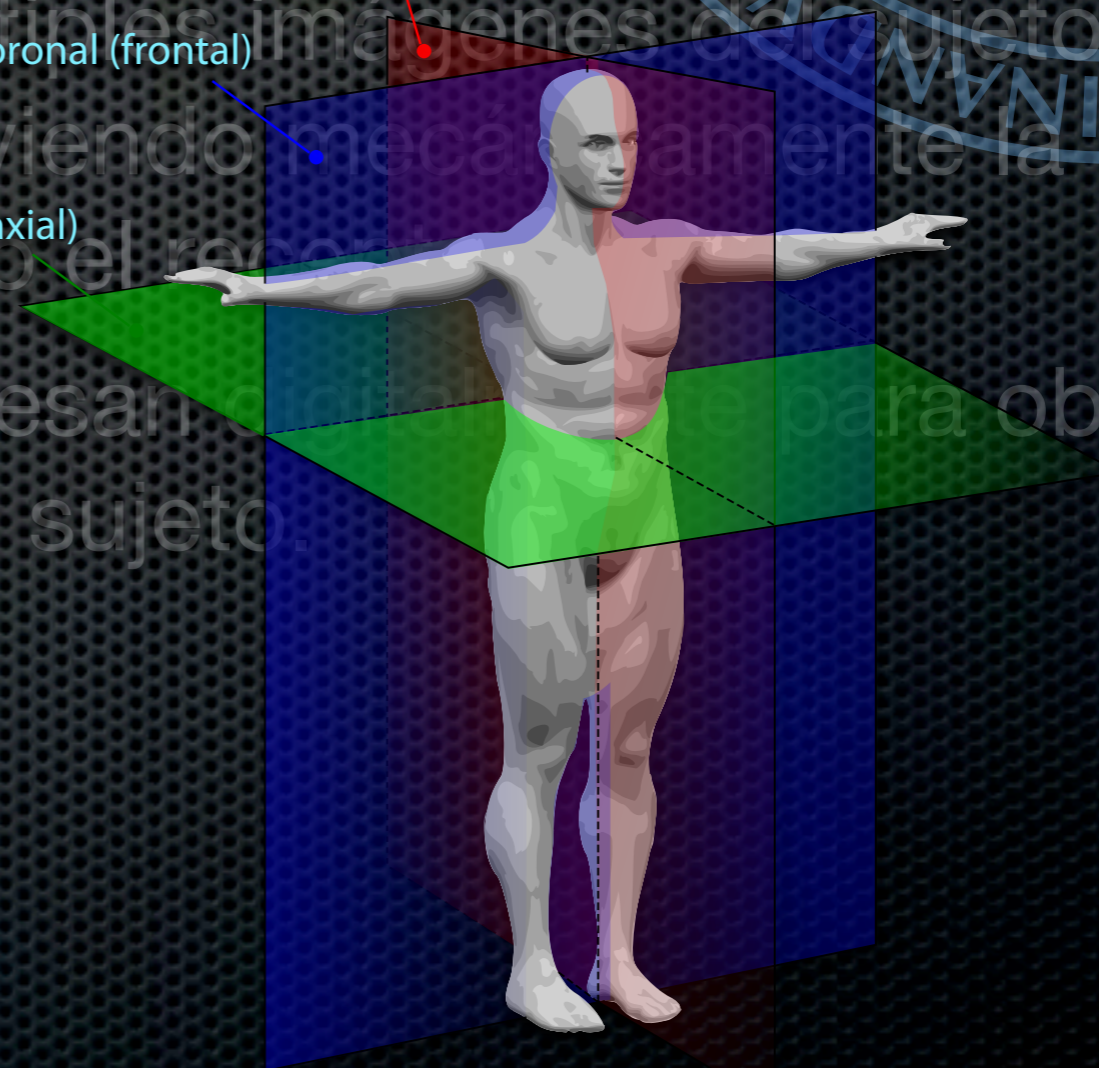
Fundamentos físicos: Tomografía computarizada

- La tomografía computarizada es una técnica asistida por computador que permite generar una imagen de una sección o plano cualquiera del sujeto.
- Se basa en tomar múltiples imágenes del sujeto a distintos ángulos, moviendo mecánicamente la fuente de radiación y/o el receptor.
- Las imágenes se procesan para obtener un corte o sección del sujeto.

plano sagital (lateral)

plano coronal (frontal)

plano transversal (axial)



Fundamentos físicos:

Tomografía computarizada

- ✦ Modalidades:
 - ✦ Tomografía por rayos X (TAC, *tomografía axial computarizada*)
 - ✦ Tomografía computarizada por emisión de fotones individuales (SPECT, *single photon emission computed tomography*)
 - ✦ Tomografía por emisión de positrones (PET, *positron emission tomography*)

Fundamentos físicos: TAC

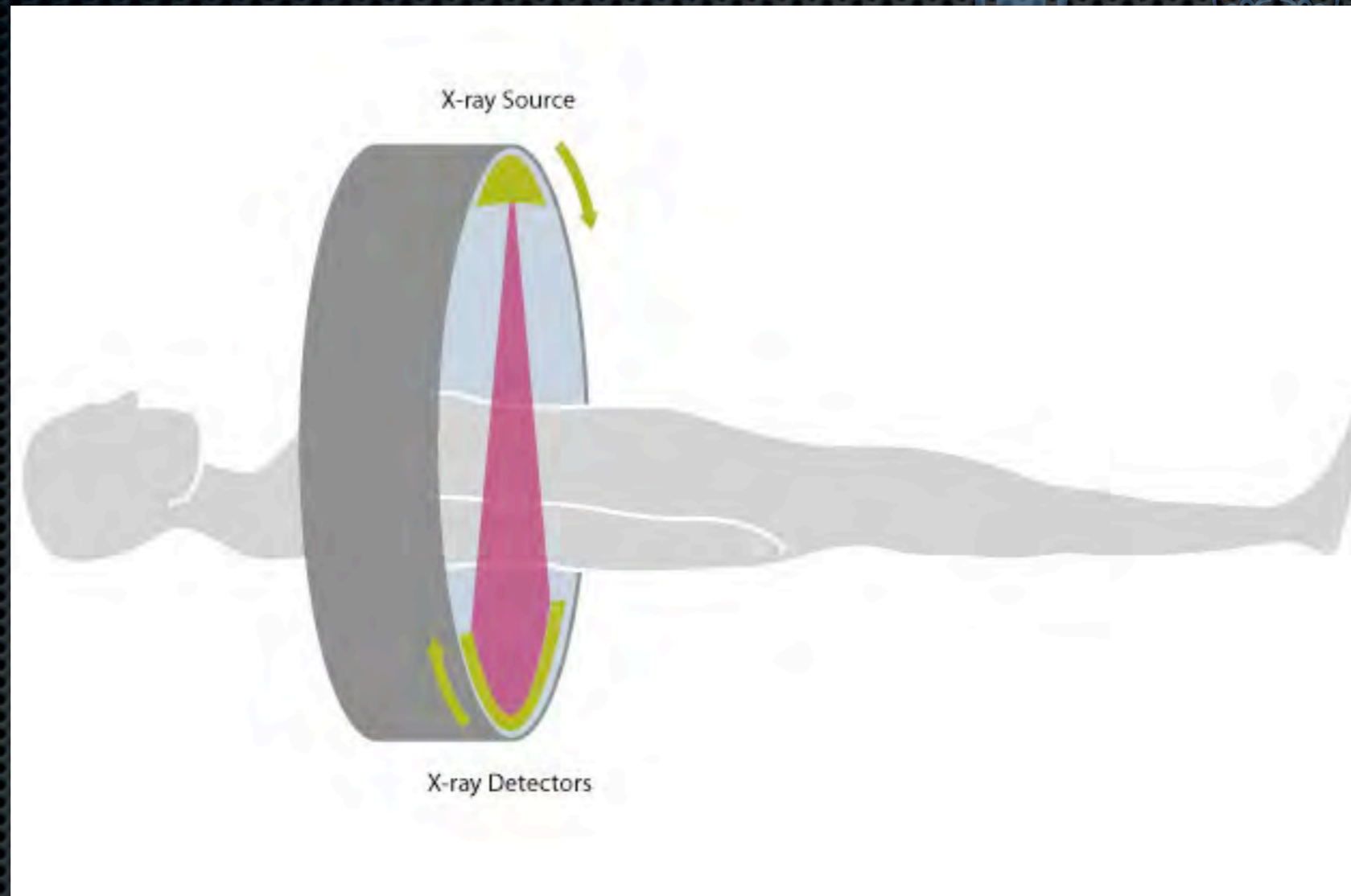
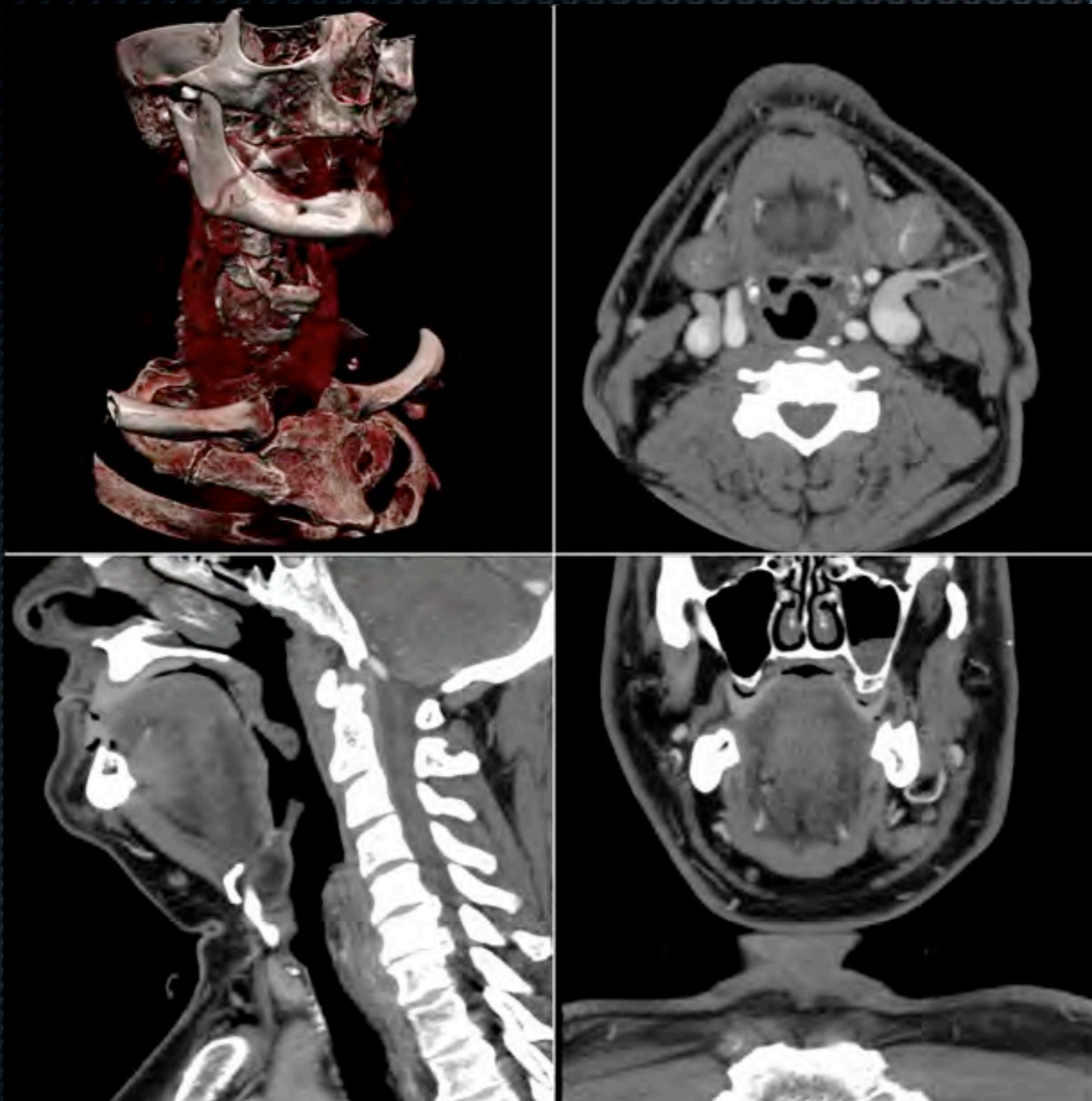


Diagrama de funcionamiento de un TAC

Fundamentos físicos: TAC

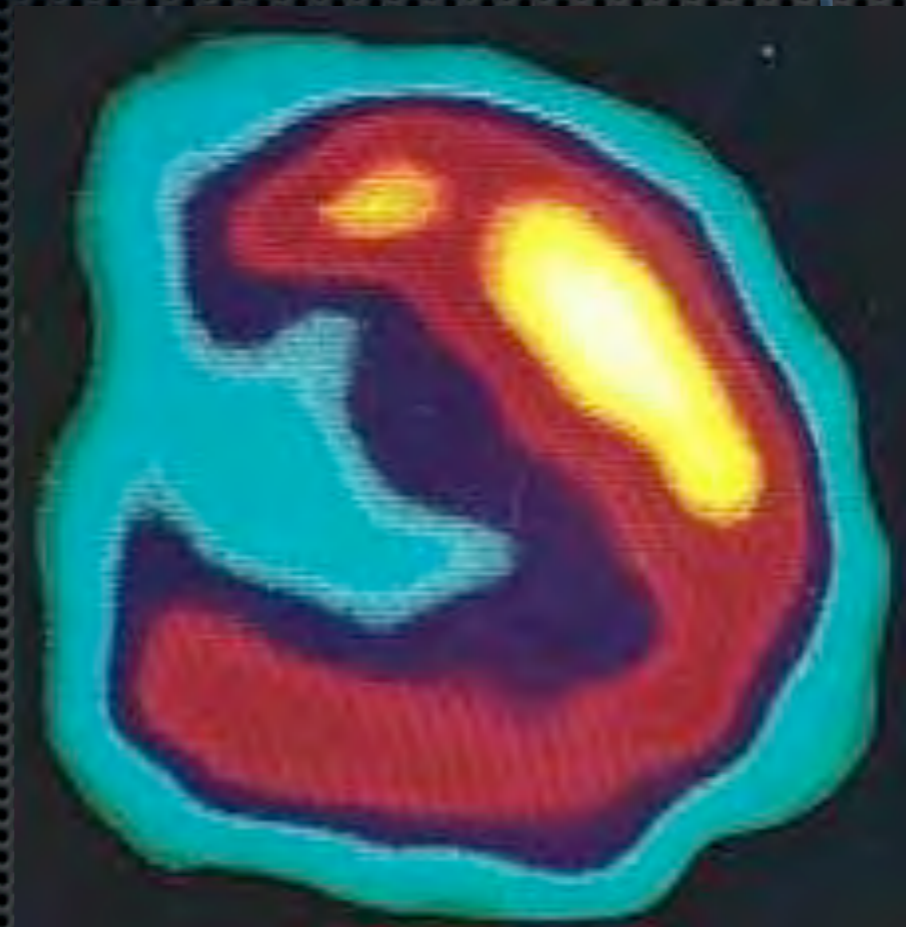


Imágenes obtenidas con TAC.
En sentido horario desde arriba-izquierda: renderizado volumétrico, corte axial, corte coronal, corte sagital

Fundamentos físicos: SPECT



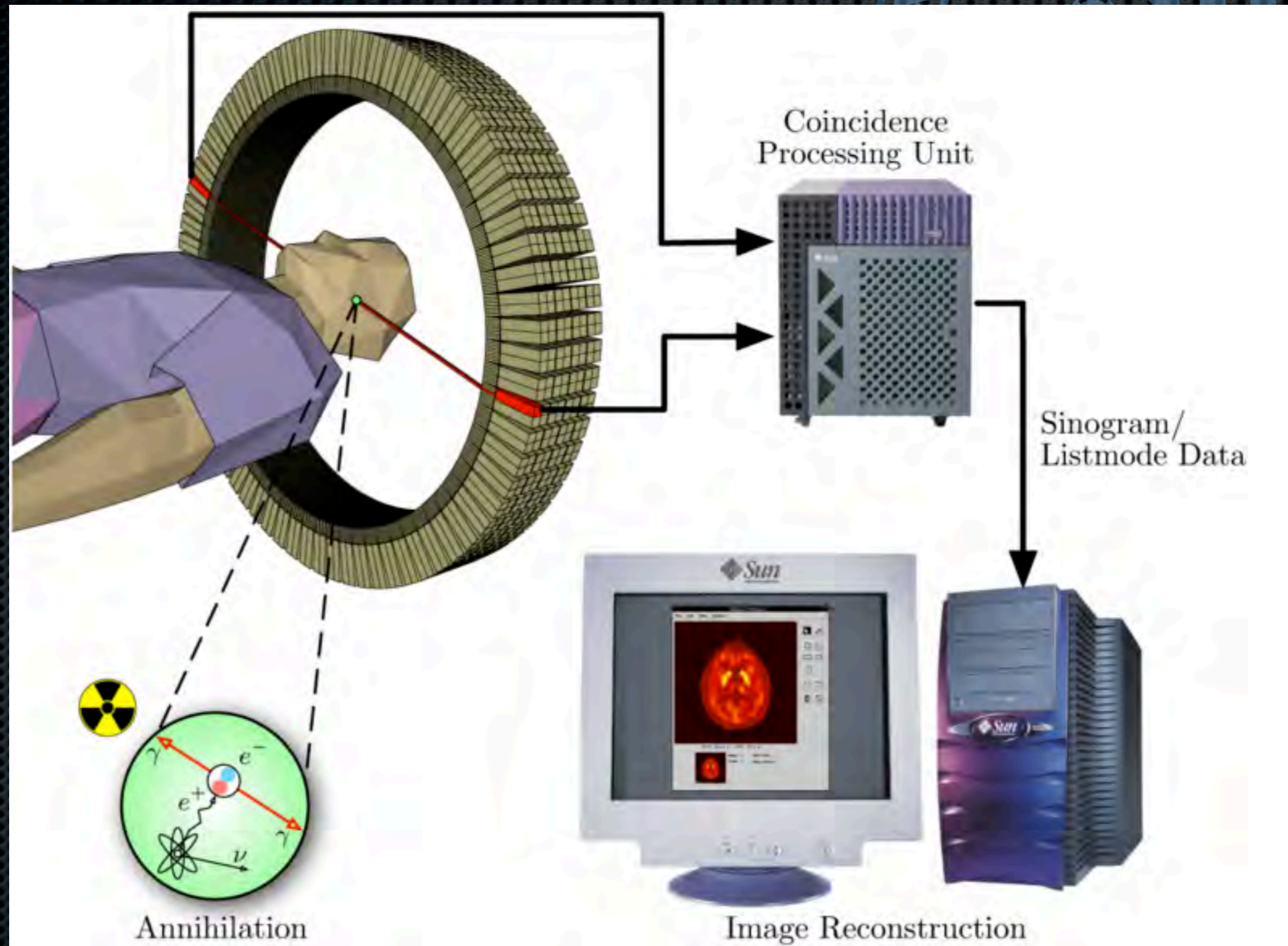
Fundamentos físicos: SPECT



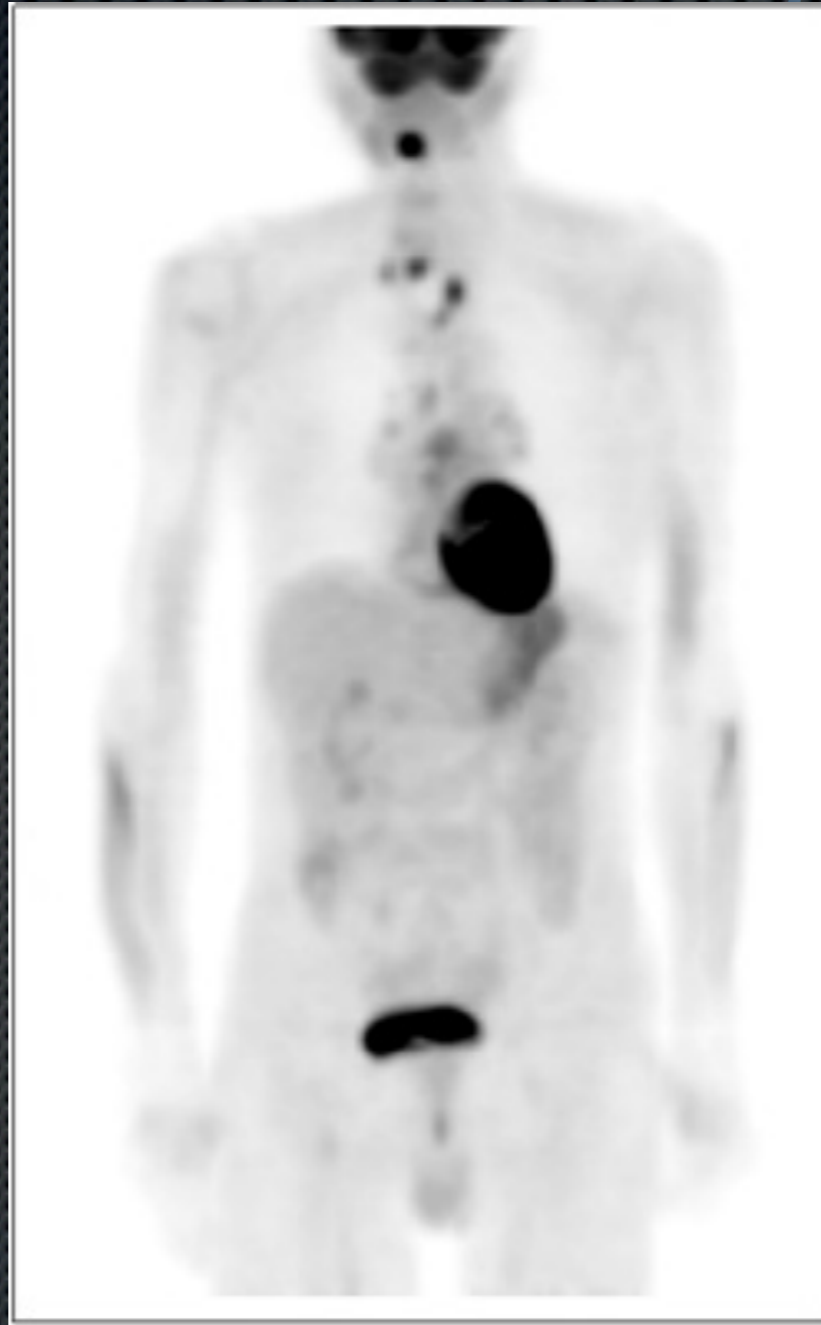
Sección SPECT de un corazón

Source=<http://en.wikibooks.org/wiki/Image:SPECT-Heart.jpg>

Fundamentos físicos: PET



Fundamentos físicos: PET



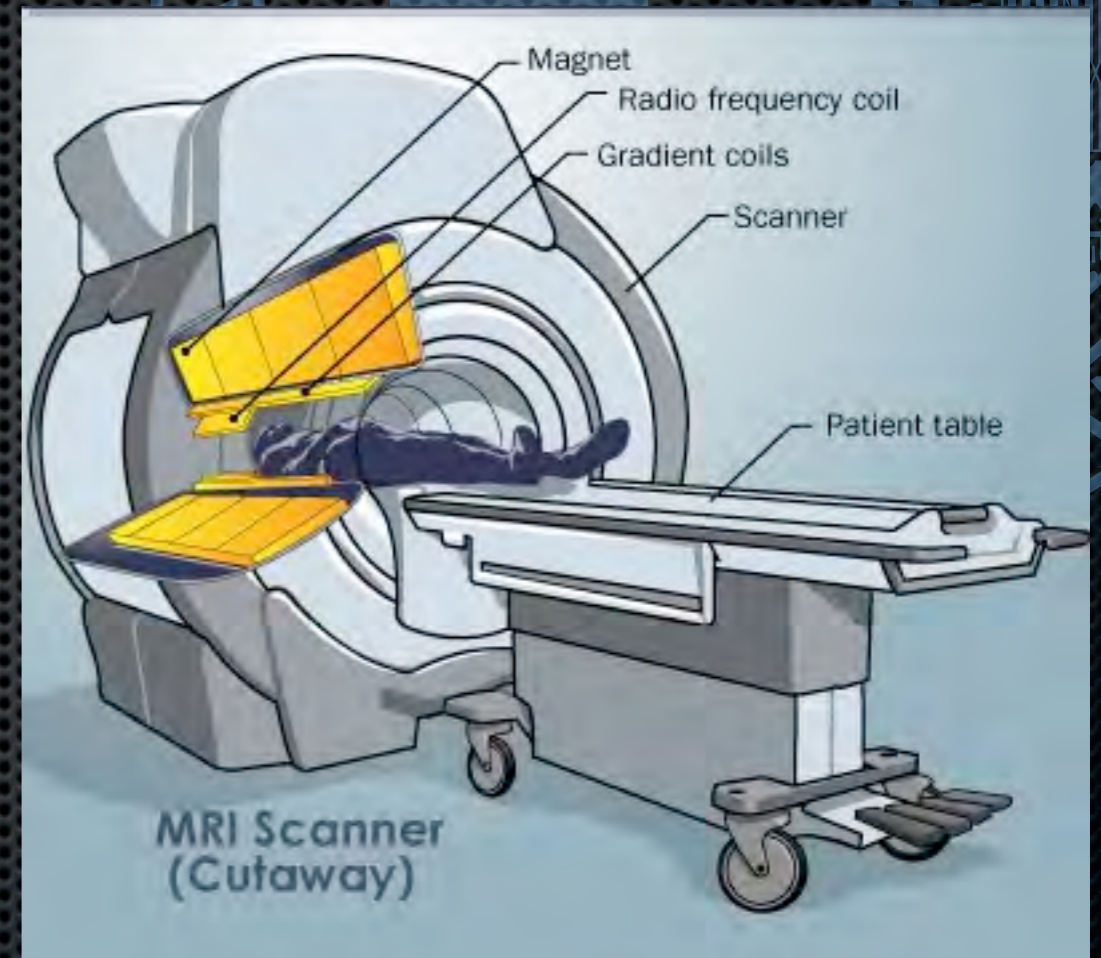
scan PET de un paciente de 70 años, fumador

Fundamentos físicos:

Resonancia magnética nuclear

- ✦ La RMN utiliza el **magnetismo** para producir imágenes detalladas de sección del cuerpo en cualquier plano.
- ✦ Todos los tejidos humanos contienen átomos de **hidrógeno** en distintas composiciones y concentraciones. Estos átomos de H son afectados por un campo magnético.
 - ✦ Se aplica un potente campo magnético que alinea los átomos de H en paralelo al campo.
 - ✦ Se aplica una señal de RF que excita los átomos y los hace resonar.
 - ✦ Al pararse la señal de RF, los átomos se des-excitan emitiendo una señal de RF característica.

Fundamentos físicos: Resonancia magnética nuclear



Componentes de un sistema de RMN

Imagen del tórax generada
por RMN

Fundamentos físicos: Ultrasonidos

- ✦ Las ondas sonoras de alta frecuencia ($\sim 10\text{MHz}$) son reflejadas de distinta manera por cada tipo de tejido del cuerpo humano.
- ✦ Al igual que el sonar, un haz de ultrasonidos es enviado al cuerpo, y su reflejo (eco) es medido, dando información de la profundidad de cada cambio de tejido.
- ✦ La información se adquiere a través de cortes en forma de abanico (2D) o mediante un barrido en 3D.

Fundamentos físicos: Ultrasonidos



imágenes de ultrasonidos 2D

Fundamentos físicos: Ultrasonidos



imágenes de ultrasonidos 3D

Fundamentos físicos básicos



Fundamentos físicos básicos

¿Qué se pretende capturar en la imagen?

Fundamentos físicos básicos

¿Qué se pretende capturar en la imagen?

- La interacción de las distintas formas de energía con los tejidos biológicos da información sobre las *propiedades físicas* de las estructuras biológicas.

Fundamentos físicos básicos

¿Qué se pretende capturar en la imagen?

- La interacción de las distintas formas de energía con los tejidos biológicos da información sobre las **propiedades físicas** de las estructuras biológicas.
- Se buscan las **diferencias** en las propiedades físicas de unos tejidos respecto de otros, y en especial para un mismo tejido, diferenciar un tejido normal de uno patológico.

Fundamentos físicos básicos

¿Qué se pretende capturar en la imagen?

- La interacción de las distintas formas de energía con los tejidos biológicos da información sobre las **propiedades físicas** de las estructuras biológicas.
- Se buscan las **diferencias** en las propiedades físicas de unos tejidos respecto de otros, y en especial para un mismo tejido, diferenciar un tejido normal de uno patológico.
- Estas diferencias pueden ser **anatómicas** (RX, RMN, US) o **funcionales** (MN).

Historia de la imagen médica

Diagnóstico por la imagen

Los inicios de la obtención de imágenes



Wilhelm Conrad Röntgen

Profesor de Física
en la Universidad de Würzburg

Los inicios de la obtención de imágenes

- ✦ El 8 de noviembre de 1895, cuando Röntgen se encontraba experimentando el poder de penetración de los rayos catódicos, observó que una placa de cartón cubierta de cristales de platino-cianuro de bario, emitía una fluorescencia.
- ✦ El 28 de diciembre de 1895 entregó el trabajo "*Sobre una nueva clase de rayos. Comunicación preliminar*", (*Vorläufigen Mitteilung über Eine neue Art von Strahlen, Verlag und Druck der Stahel'schen K. Hof- und Kunsthandlung Würzburg, 1895*)

Los inicios de la obtención de imágenes

primera imagen de rayos X

mano de la Sra. Röntgen
22/12/1895



Los inicios de la obtención de imágenes

- EL 5/1/1896 se publica el descubrimiento:

“Si damos rienda suelta a nuestra fantasía perfectamente imaginamos que el nuevo proceso fotográfico que se obtiene con la ayuda del tubo de Croques hasta una parte de estructuras de tejido blando del cuerpo humano son transparentes y una capa interna que se halle debajo de estas se podrá visualizar en la placa fotográfica, esto podría ser una ayuda inconmensurable en el diagnóstico de una innumerable cantidad de enfermedades no relacionadas directamente con las estructuras óseas”

Los inicios de la obtención de imágenes

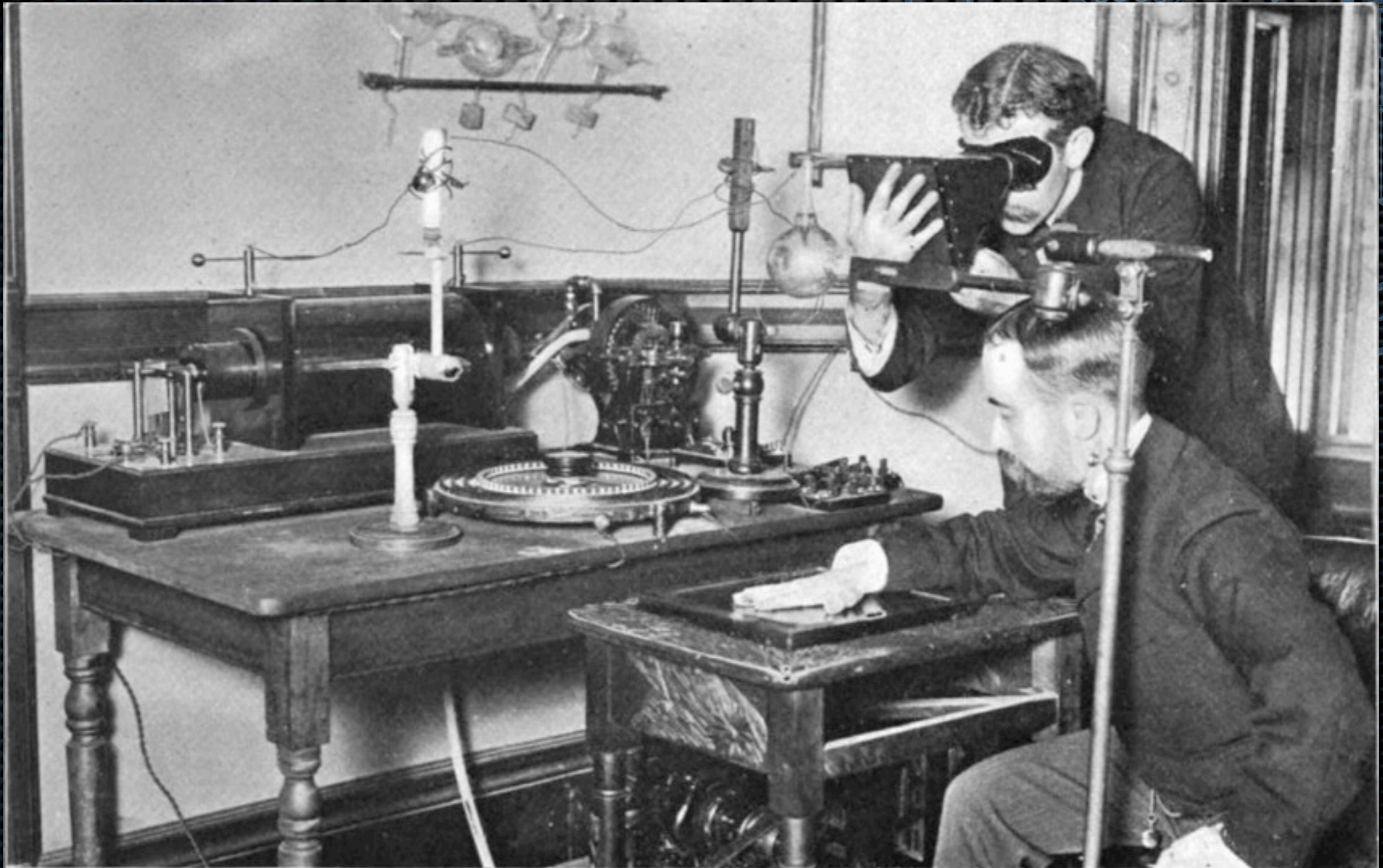
- Primer uso médico de los rayos X:

13/1/1896, Birmingham, UK:

Ratcliffe y Hall-Edwards toman una imagen impresa en bromuro de la mano de una mujer que se había clavado una aguja.

El 14/1/1896 la mujer es operada por el cirujano J.H. Clayton usando dicha imagen como ayuda.

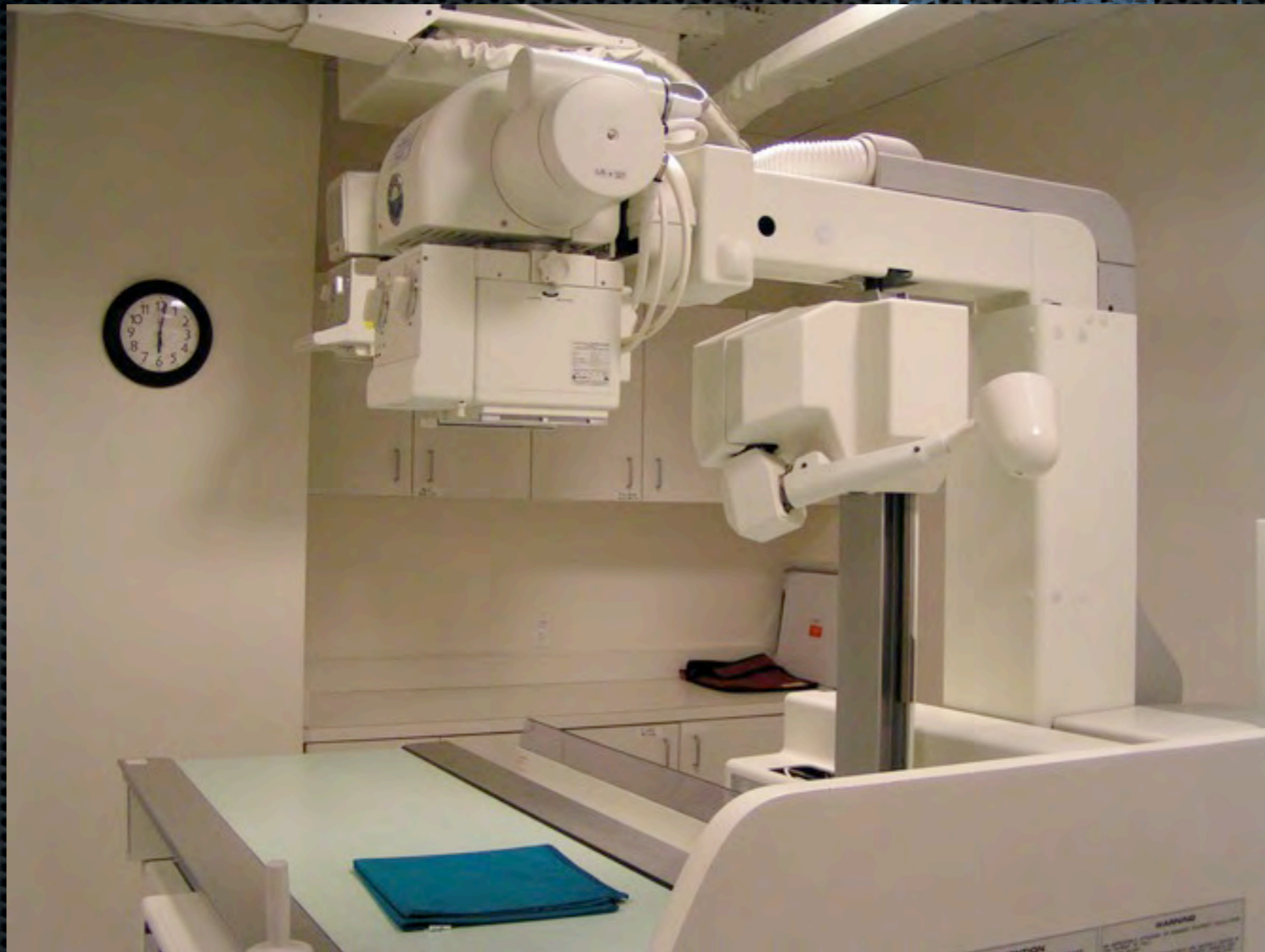
Los inicios de la obtención de imágenes



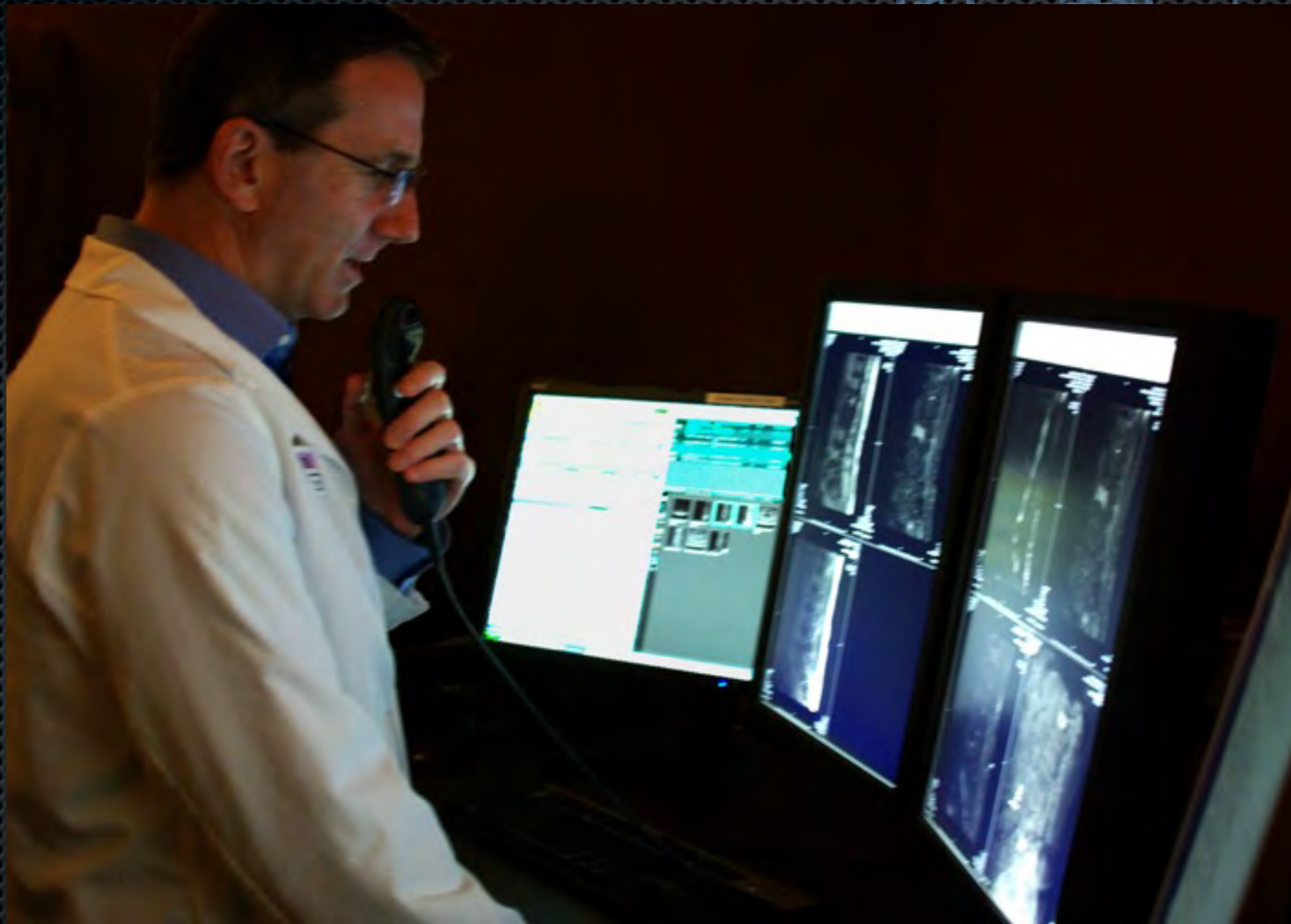
Imágenes por rayos X en la actualidad



Imágenes por rayos X en la actualidad



Imágenes por rayos X en la actualidad



El primer TAC



Allan MacLeod Cormack y Sir Godfrey Hounsfield

El primer TAC



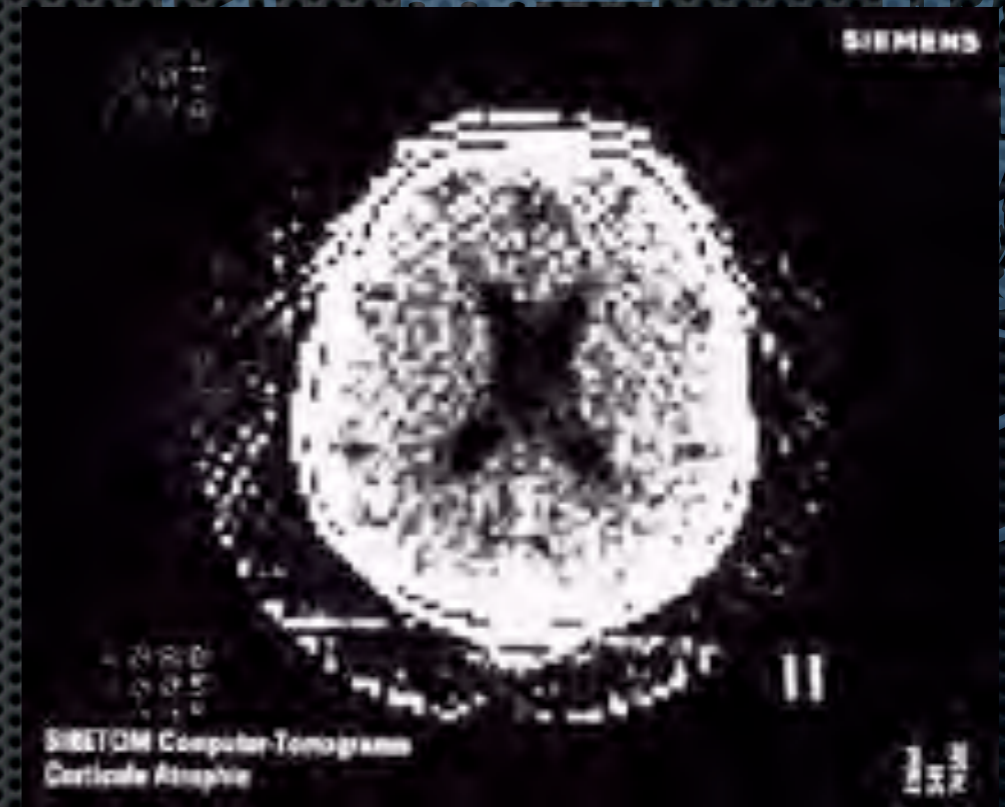
EMI CAT Scanner (1972)

Evolución del TAC



Siemens SIRETOM
(1974)

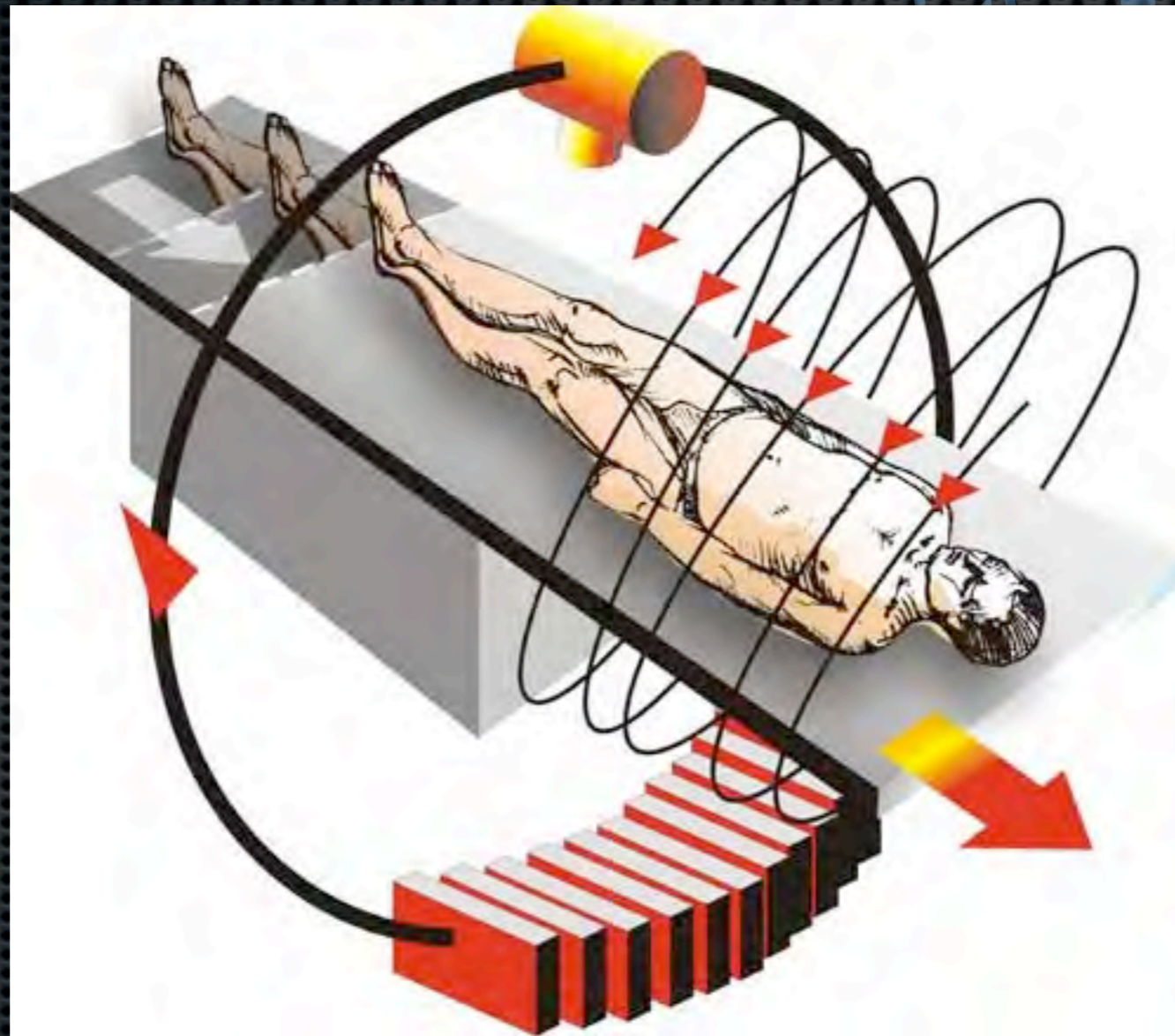
Evolución del TAC



Siemens SIRETOM
(1974)

Evolución del TAC

TAC helicoidal multicorte

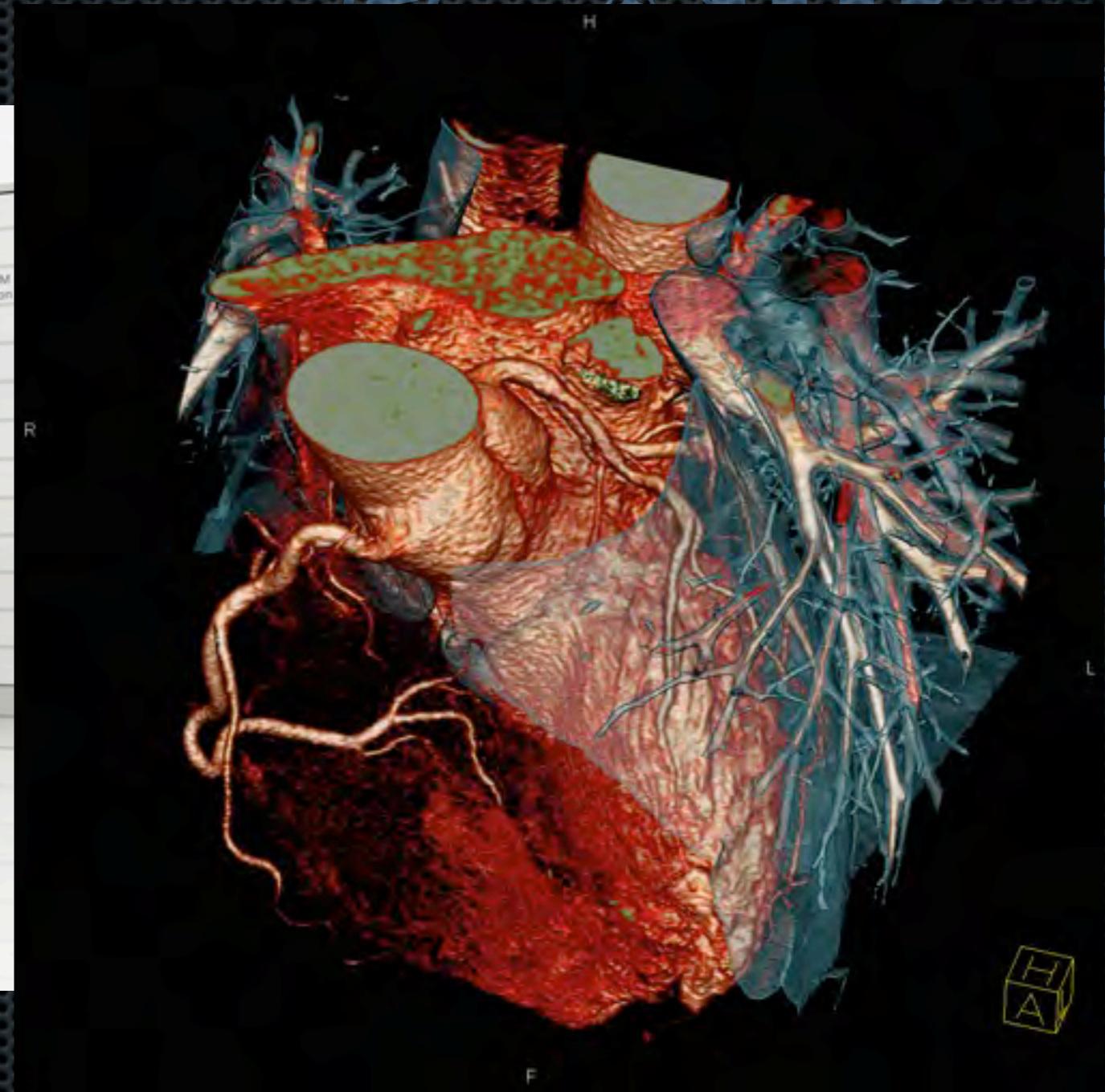


Evolución del TAC



Siemens SOMATOM Definition Flash
(2010)

Evolución del TAC



Siemens SOMATOM Definition Flash
(2010)

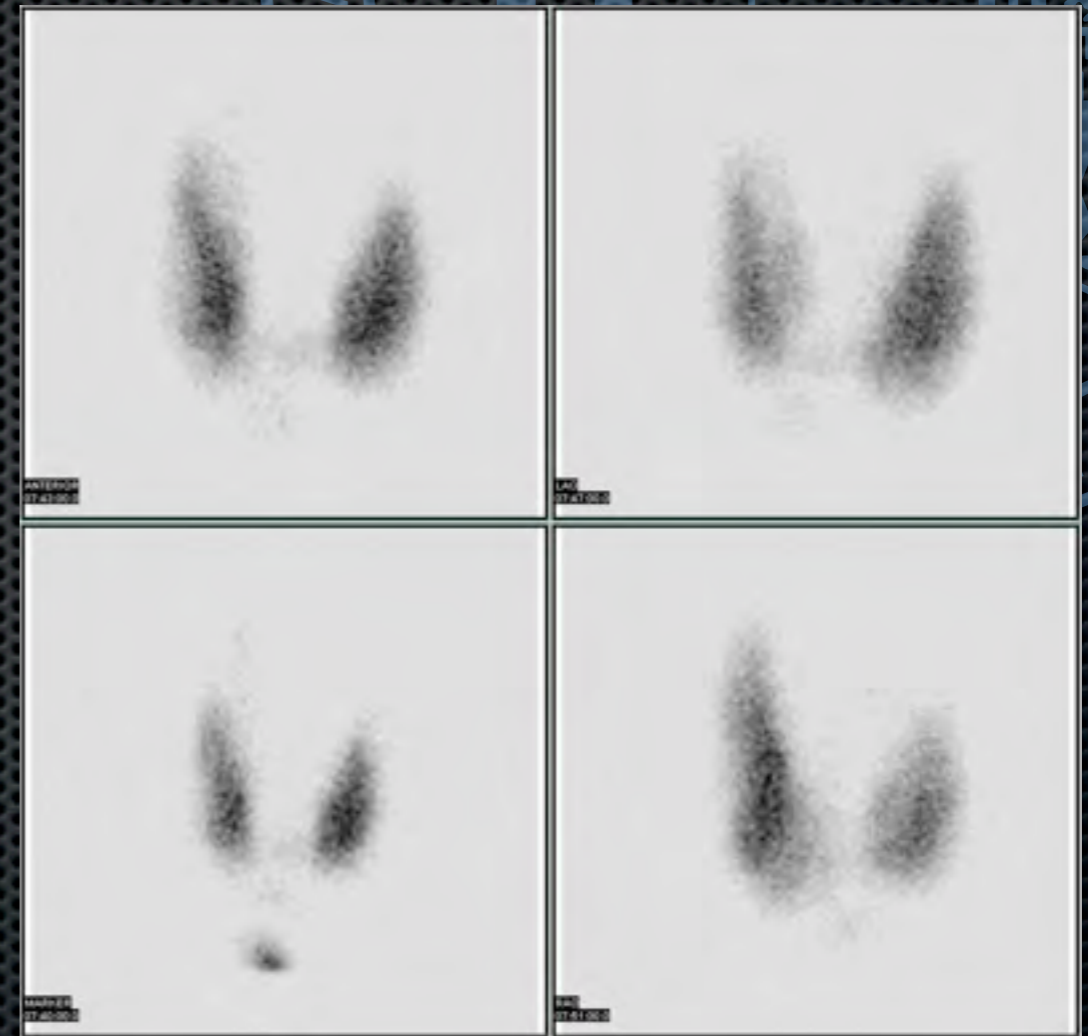
Medicina nuclear

- En **1934** se produce el primer radioisótopo artificial (Frédéric Joliot-Curie e Irène Joliot-Curie)
- Ansel Rotblat obtiene la primera imagen de una glándula tiroides tras suministrar al paciente un radiofármaco y detectar en el exterior del paciente las emisiones gamma.
- En **1957** Hal O. Anger presenta la cámara gamma, basada en un panel centelleador de INa y tubos fotomultiplicadores.

Medicina nuclear



cámara Gamma



imágenes de un tiroides
con Iodine-123

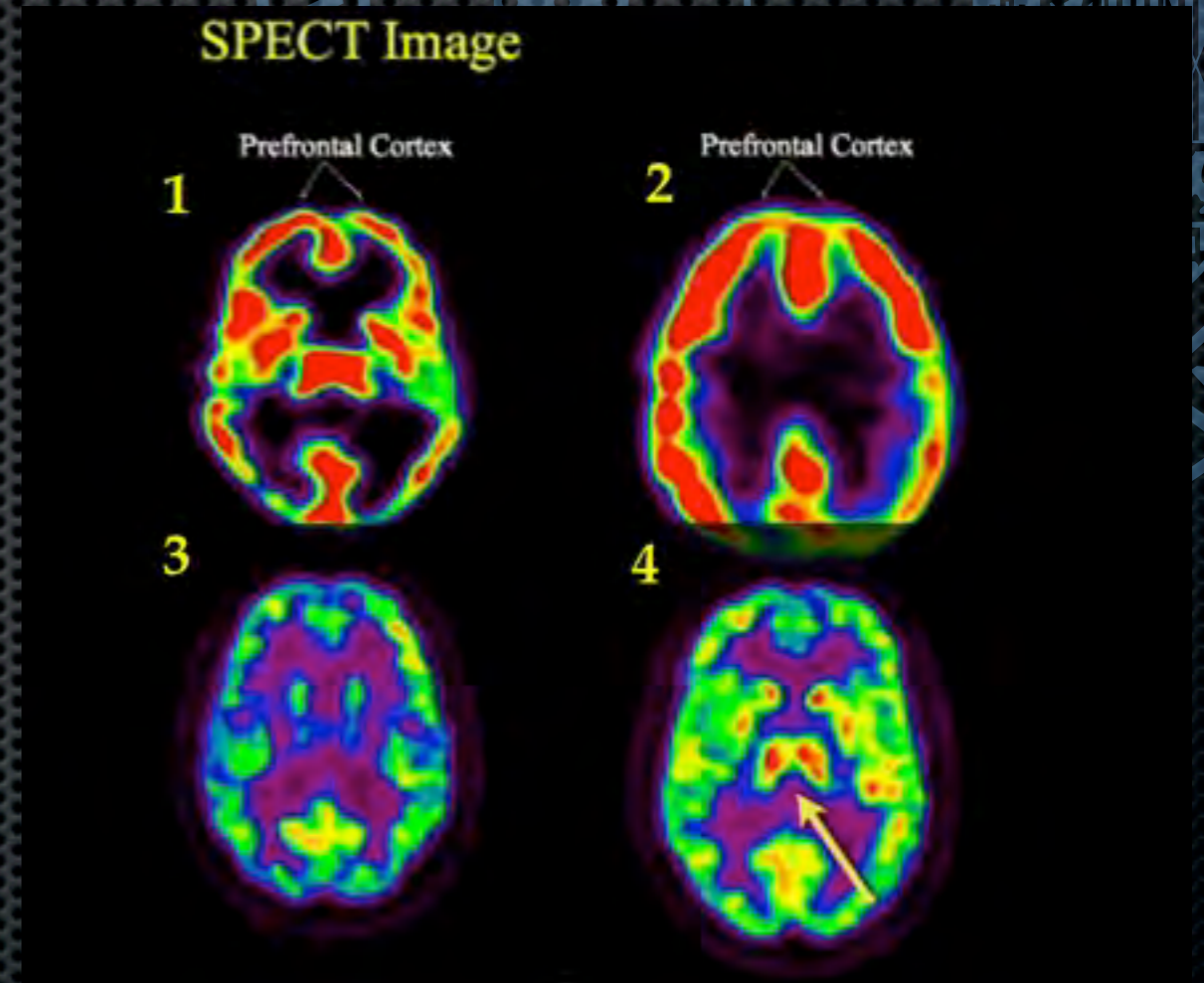
Medicina nuclear

- ✦ En **1977**, empujados por la TC de RX, se introduce el SPECT. Éste hace tomografía en base a los datos que recogen simultáneamente dos o más cámaras gamma que giran alrededor del paciente. Dos años después aparecen los primeros equipos comerciales.
- ✦ En los años 50 se descubre la radiación por aniquilación partícula-antipartícula. En **1961**, James Robertson crea el primer escáner PET unidimensional. En los años **70-80**, James Robertson y Z.H. Cho propusieron la estructura actual en anillo.

Medicina nuclear

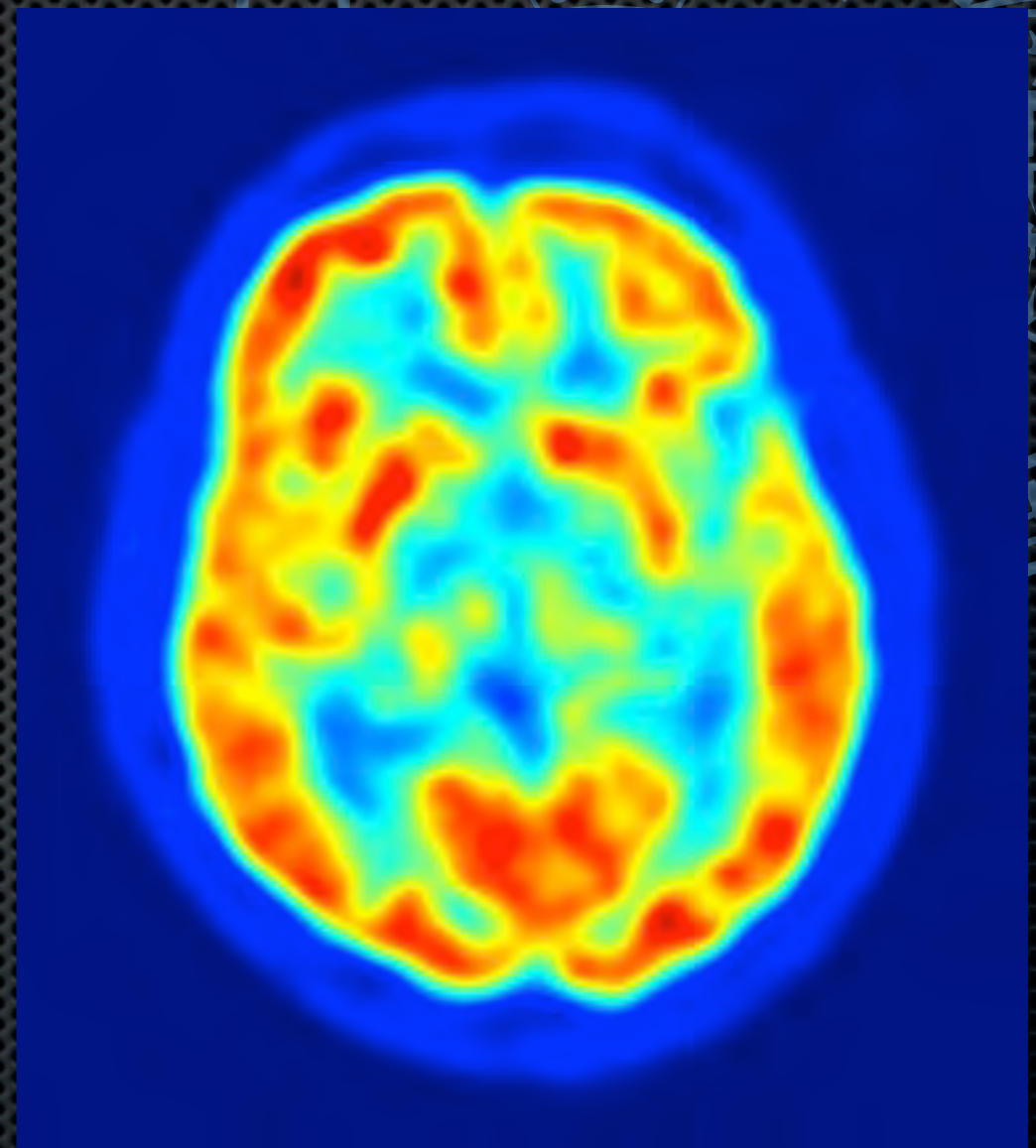


Philips SPECT Skylight
gamma-camera



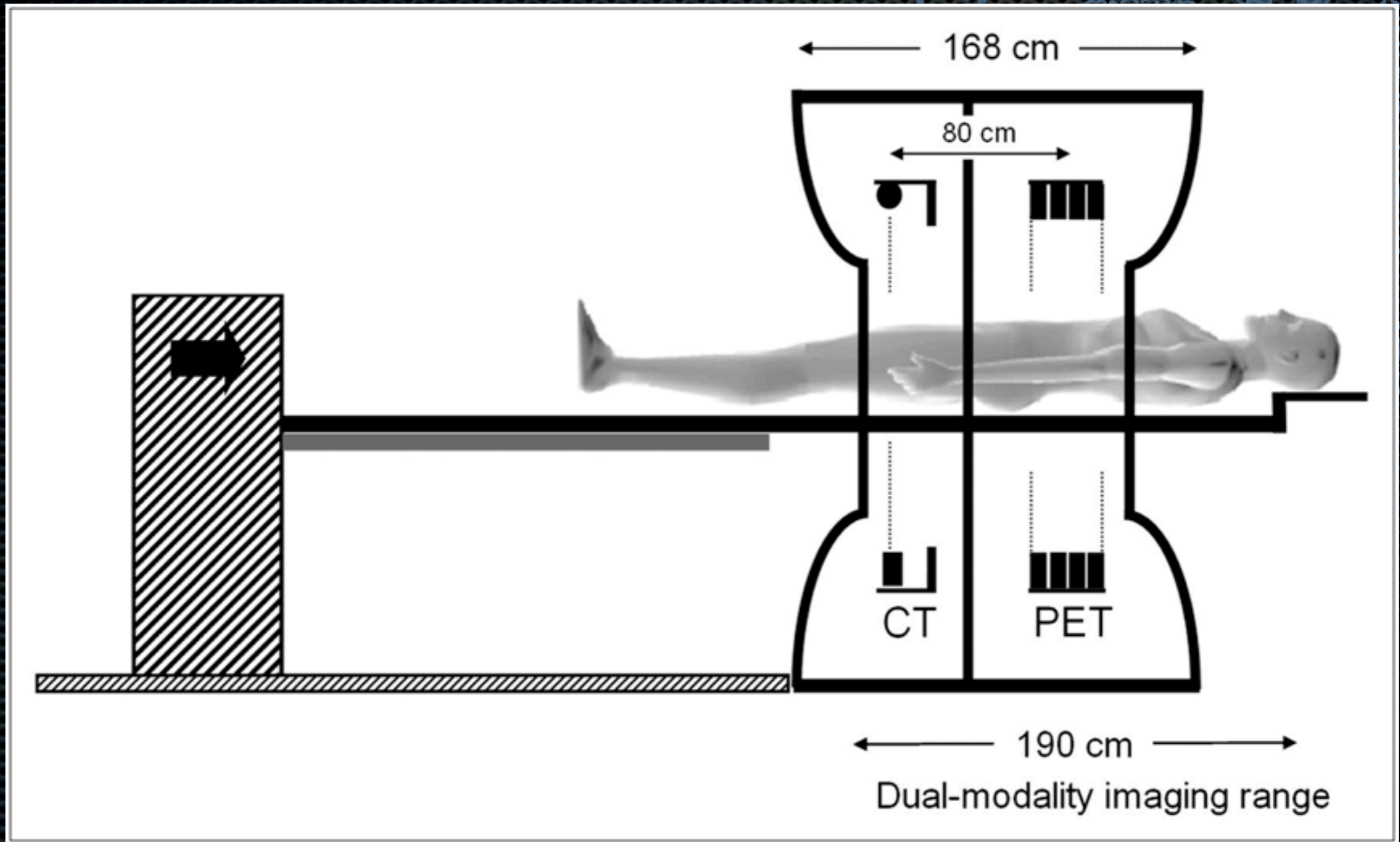
escáner SPECT del cerebro en
distintos estados vitales

Medicina nuclear



escaner PET del cerebro

Sistemas híbridos

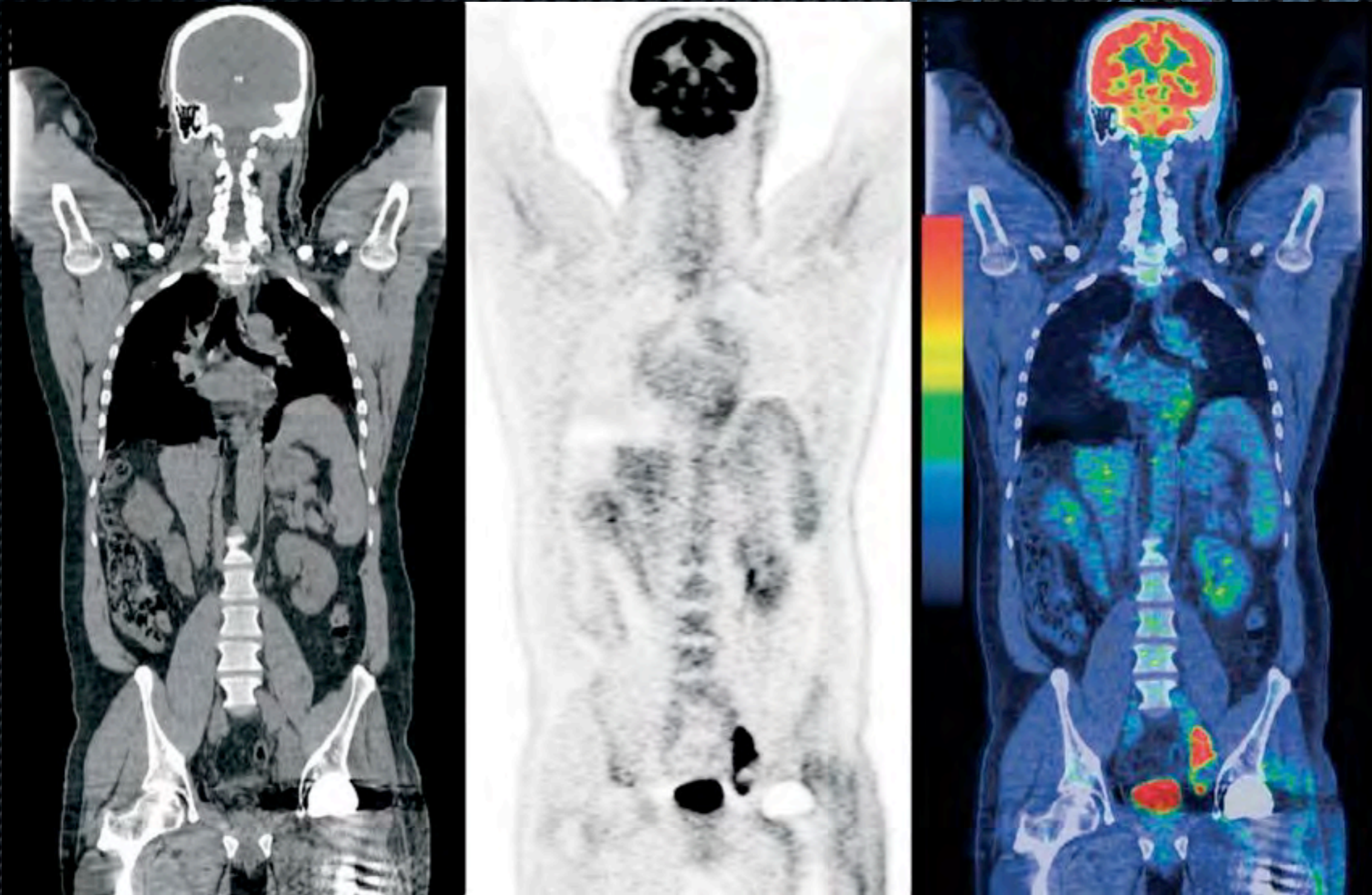


Sistemas híbridos



Discover LS PET/CT scanner
(GE Medical Systems)
2001

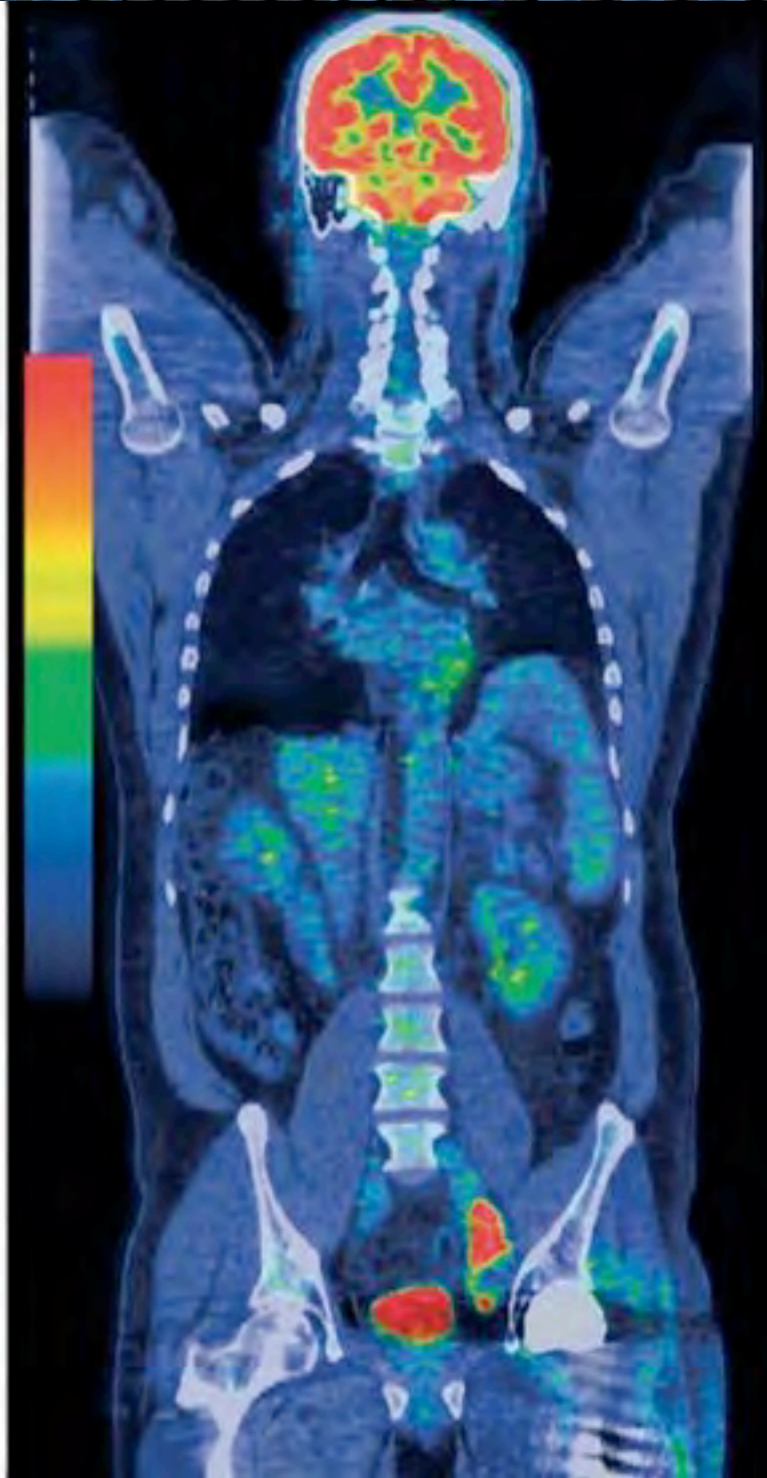
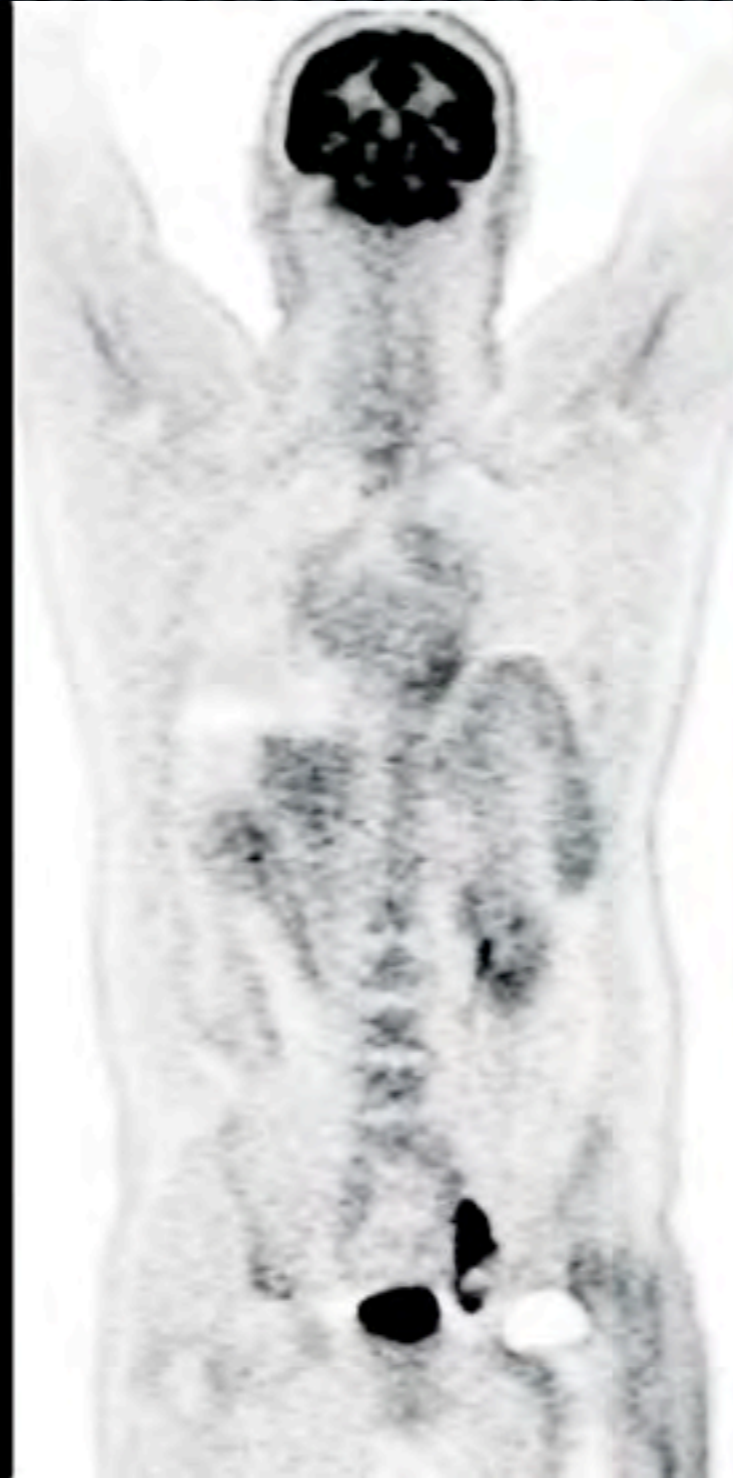
Sistemas híbridos



Sistemas híbridos



imagen TC



Sistemas híbridos



imagen TC

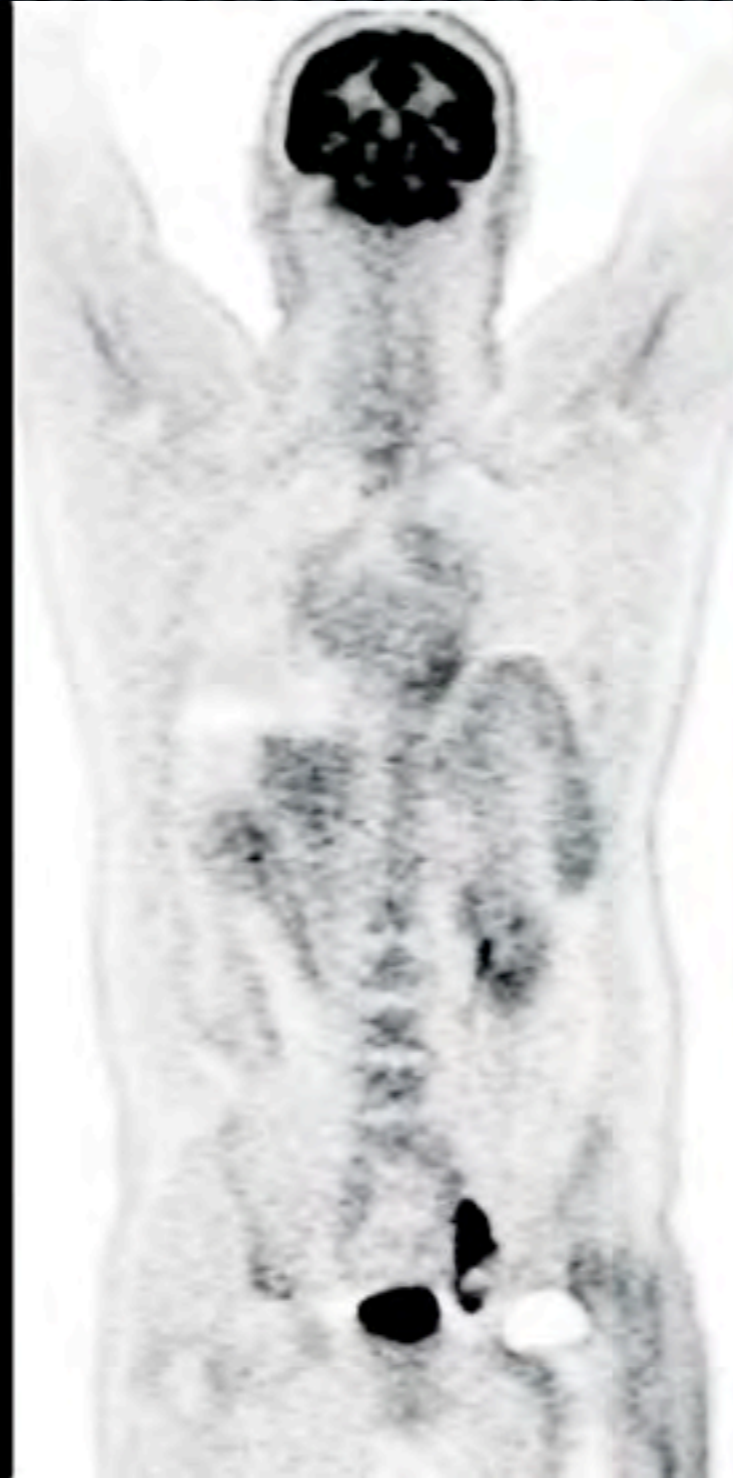
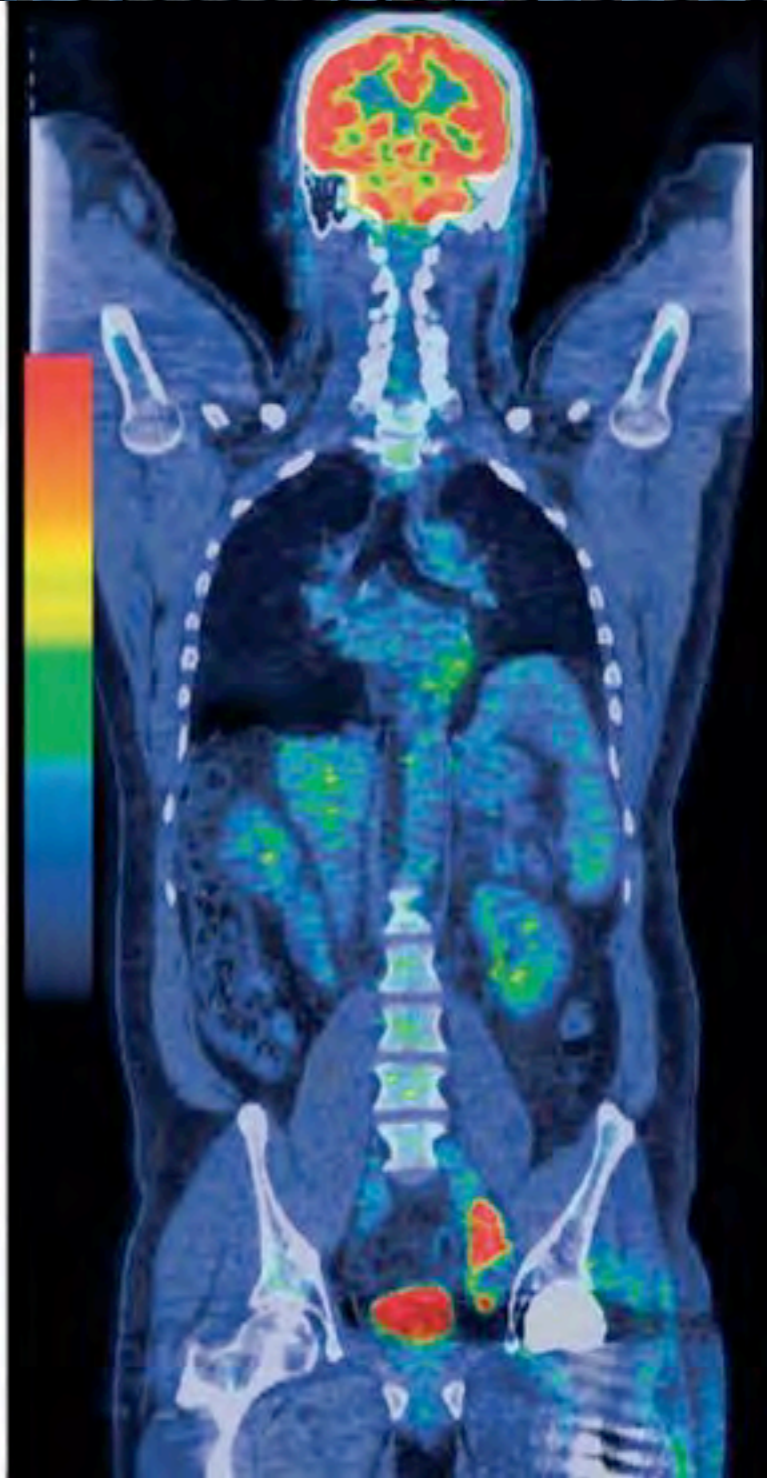


imagen PET



Sistemas híbridos



imagen TC

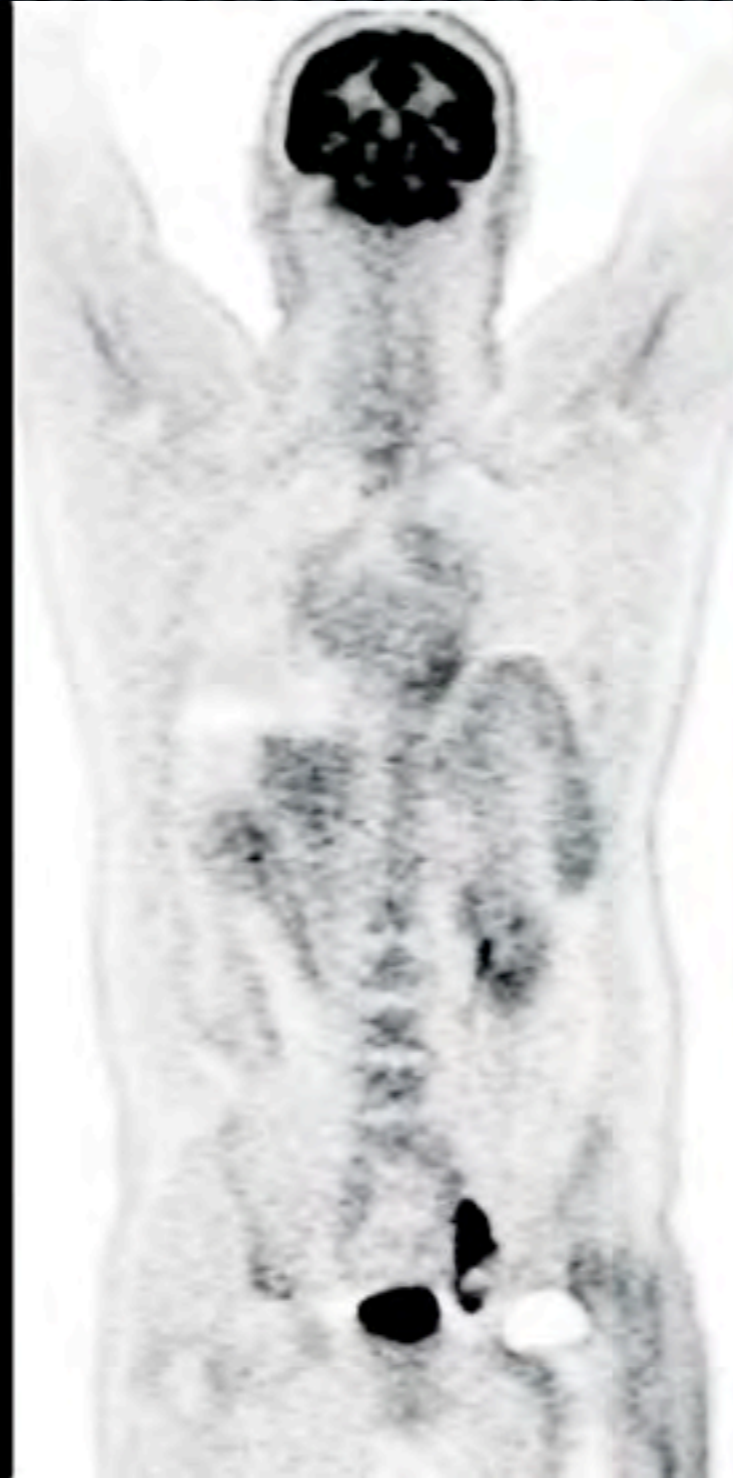


imagen PET

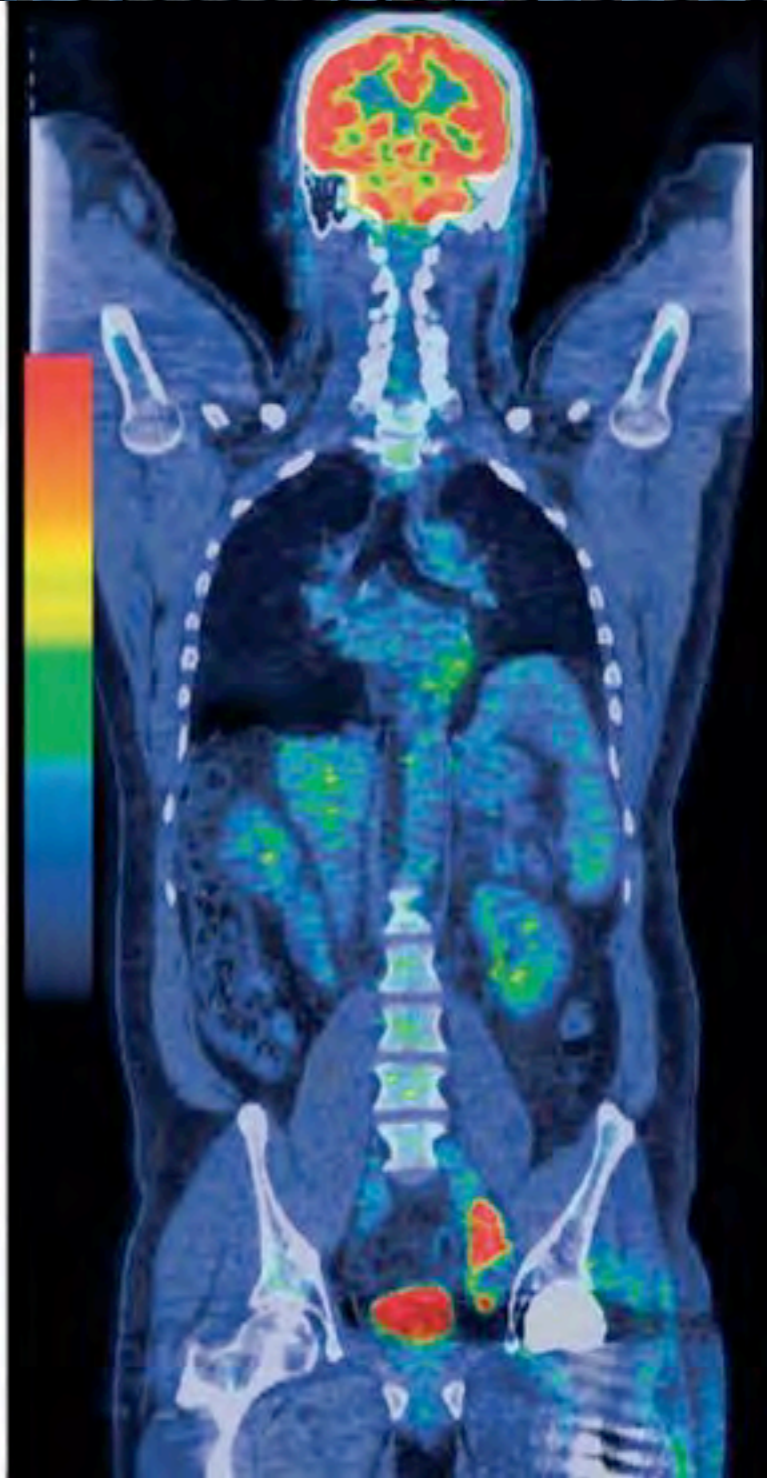
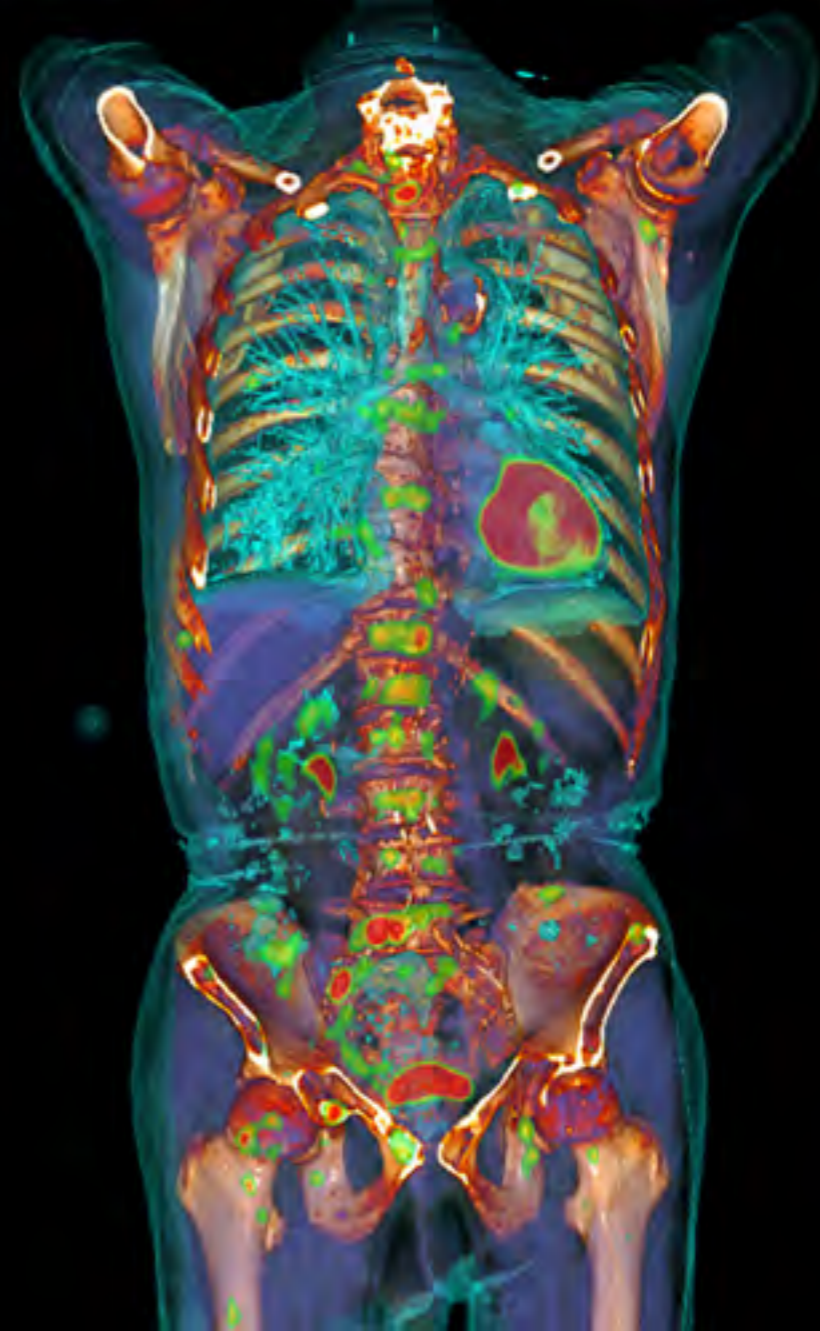


imagen de fusión

Sistemas híbridos



Sistemas híbridos



imagen de fusión CT+SPECT

Sistemas híbridos



imagen de fusión CT+SPECT



imagen de fusión CT+PET

Imagen por resonancia magnética nuclear

- ✦ En **1946** Felix Bloch y Edward Purcell descubren el fenómeno de la *resonancia magnética*.
- ✦ La primera imagen aparece en **1973**.
- ✦ En **1974** se realiza un corte transversal de un ratón vivo, y en 1973 se publican las primeras imágenes de humanos.
- ✦ En **2003** se concede el Nobel de medicina a Paul C. Lauterbur y Peter Mansfield por la aplicación de la RM al diagnóstico médico.

Imagen por resonancia magnética



escáner por RM de una cabeza humana

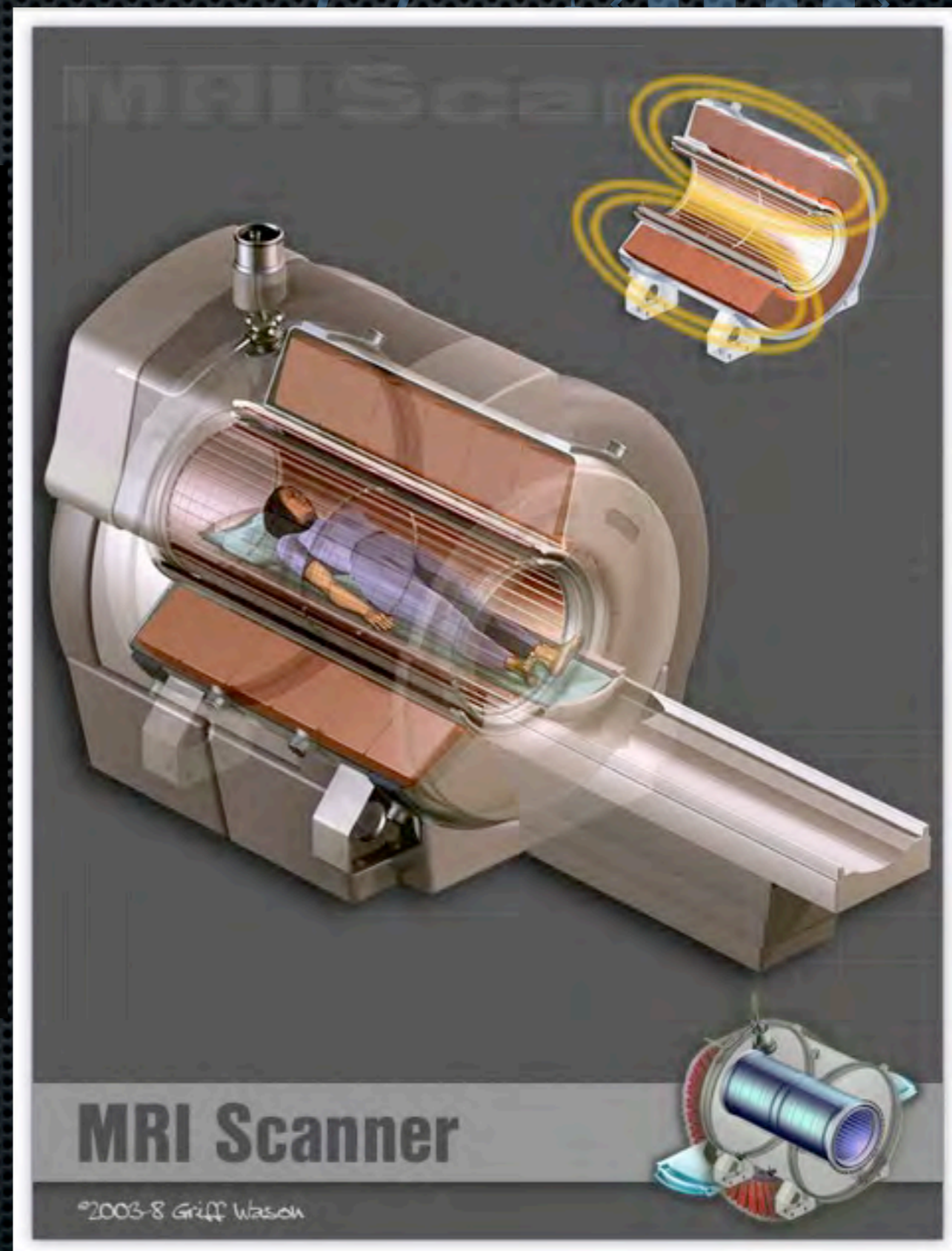
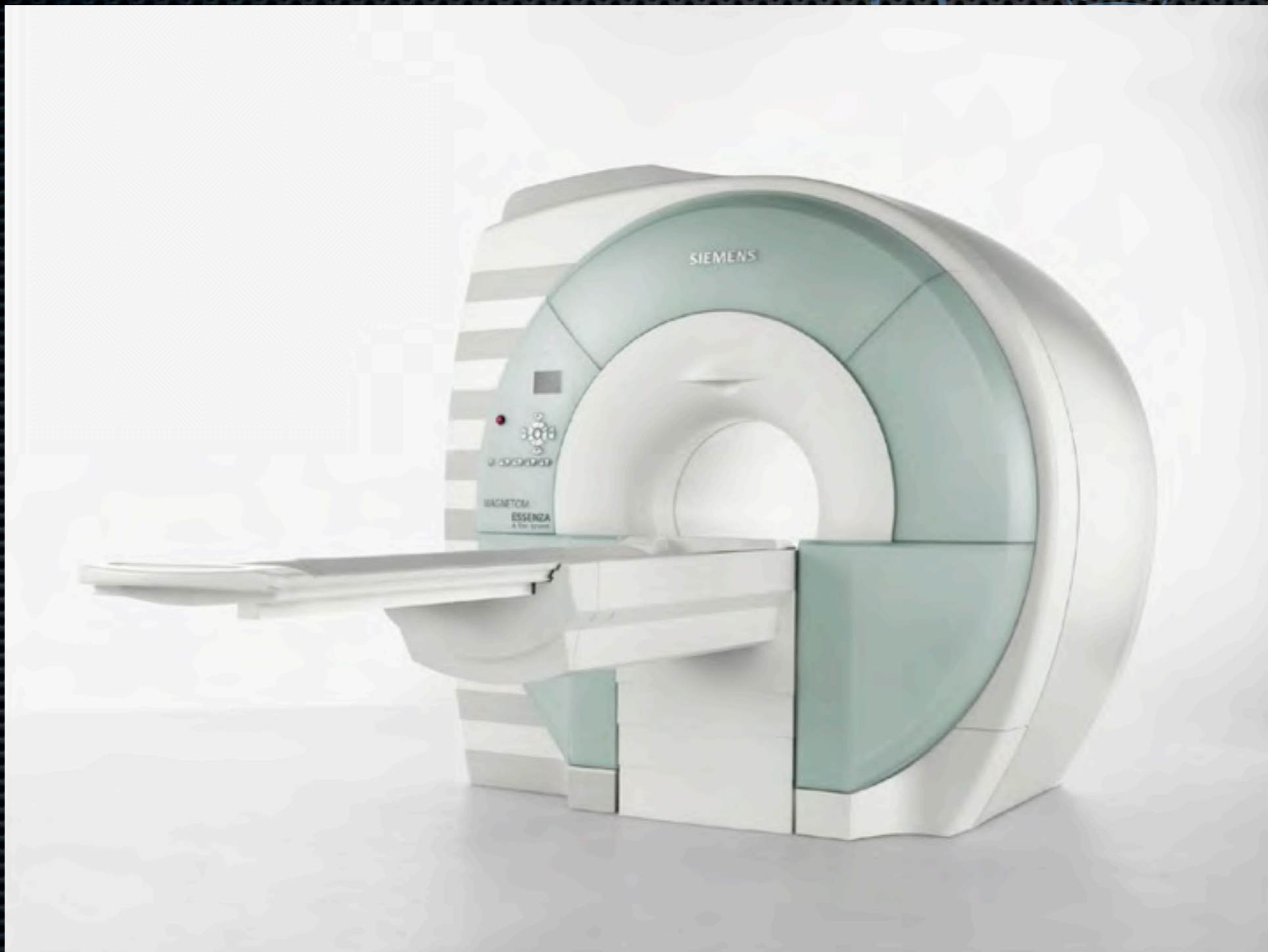


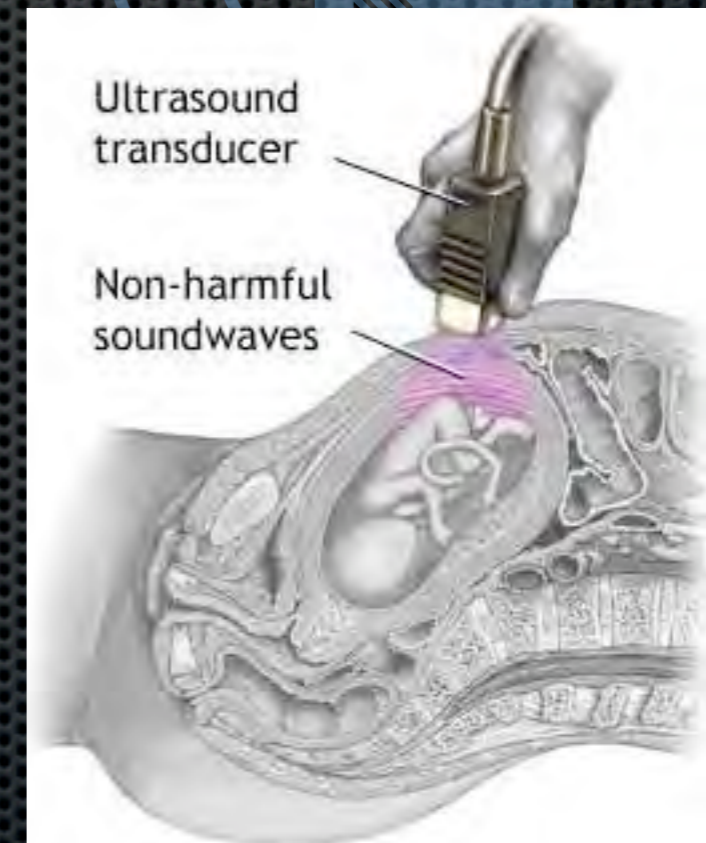
Imagen por resonancia magnética



Ultrasonidos

- ✦ Tras la segunda guerra mundial y basándose en el auge de la tecnología electrónica de pulsos rápidos, la empresa **Firestone** desarrolla la técnica pulso-eco por ultrasonidos para el análisis de defectos internos en piezas metálicas.
- ✦ La primera imagen bidimensional obtenida en diagnóstico médico mediante ultrasonidos es la de un mioblastoma en una pierna. La obtuvieron en **1952** Wild y Reid.
- ✦ El primer prototipo comercial data de **1958** y la técnica más conocida, el estudio del feto en los embarazos, data de **1961**.

Ultrasonidos



PACS: Picture archiving and communication system

Diagnóstico por la imagen

PACS: Picture archiving and communication system

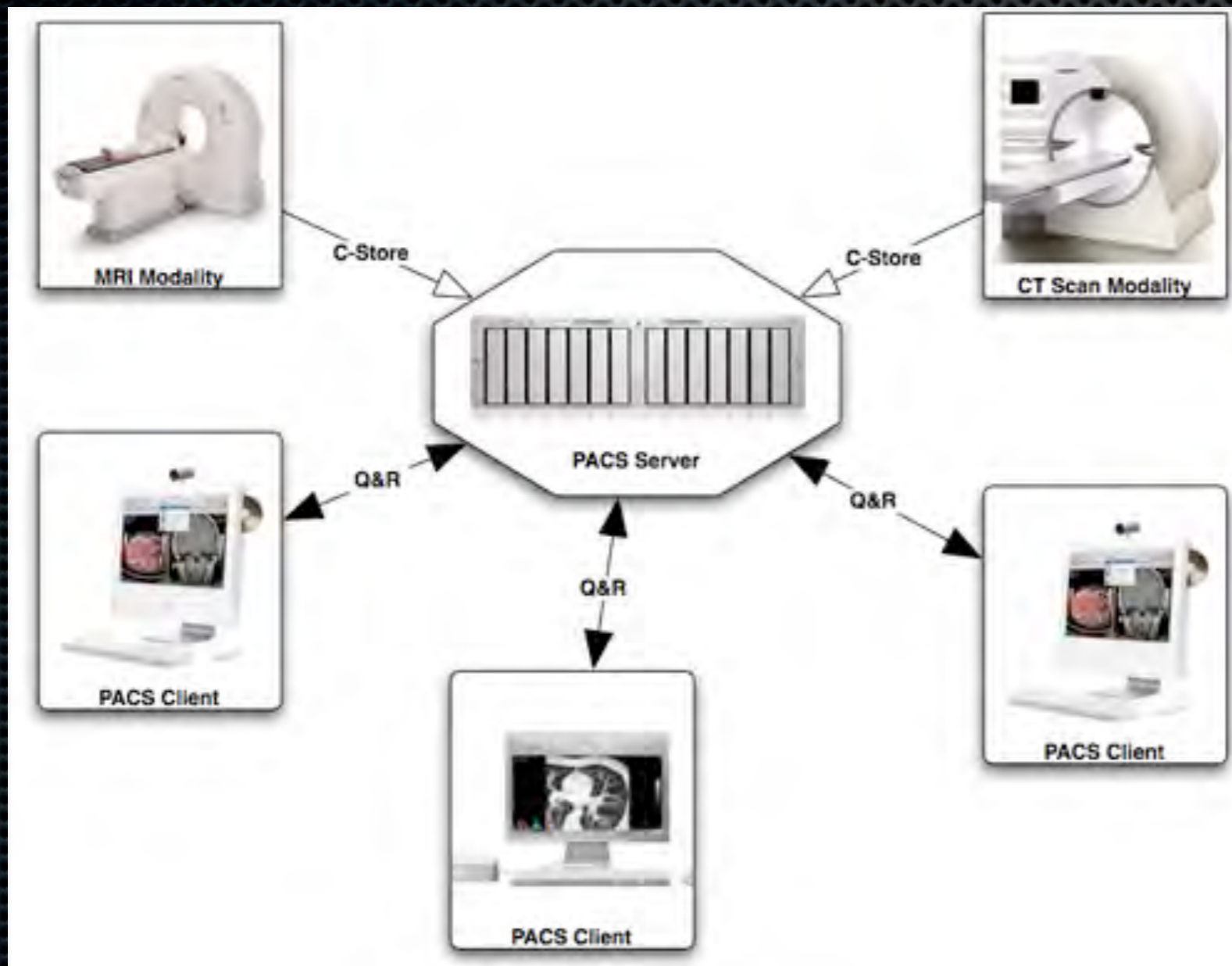
- Es un conjunto de equipos informáticos dedicados al **almacenamiento** y **visualización** de imágenes médicas.
- Se fundamenta en el uso del estándar **DICOM** (*Digital Imaging and Communications in Medicine*).

PACS: Picture archiving and communication system

✦ *Elementos:*

- ✦ Módulos de adquisición de imagen (TC, RMN, MN, etc.)
- ✦ Red segura de transmisión de la información del paciente
- ✦ Estaciones de trabajo para la interpretación y revisión de imágenes
- ✦ Sistema de archivo para el almacenaje y recuperación de las imágenes e informes

PACS: Picture archiving and communication system



Arquitectura de red PACS

- Múltiples modalidades de imagen
- Servidor PACS
- Múltiples clientes PACS (*PACS Workstations / DICOM Viewers*)

(Q&R = DICOM Query & Retrieve protocol)

PACS: Picture archiving and communication system



PACS: Picture archiving and communication system

