

Imágenes Médicas

Eduardo Romero M.D. M.Sc. Ph.D.¹

¹Bioingenium Lab¹,
Universidad Nacional de Colombia

©2009 - 2010

¹www.bioingenium.unal.edu.co

TAC (Tomografía Axial Computarizada)

La tomografía axial computarizada (TAC) es un método de la imaginología médica con el cual se genera una imagen tridimensional del interior de un objeto, utilizando un gran número de imágenes de Rayos X en dos dimensiones que se toman alrededor de un eje único de rotación.

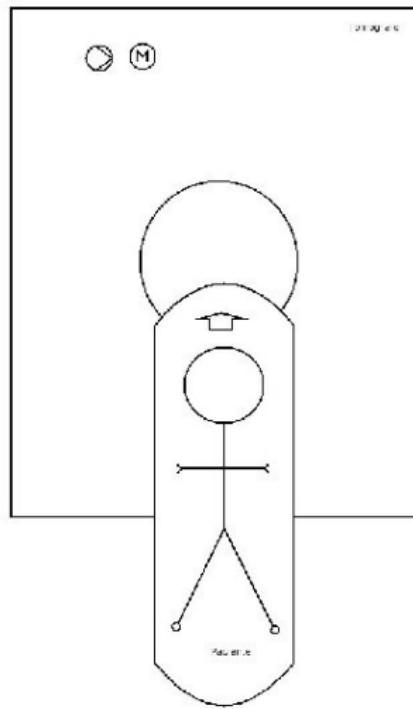
TAC (Tomografía Axial Computarizada)

- ▶ La tomografía funciona mediante un haz de rayos *X* colimado.
- ▶ Mientras todo el sistema realiza un movimiento circular. Un receptor mide el haz atenuado remanente y estos valores se envían a un computador, en donde se reconstruye la imagen.
- ▶ Los rayos *X* se producen cuando electrones acelerados, originados en un filamento incandescente (cátodo), chocan contra el ánodo (+), siempre y cuando estos electrones no encuentren un obstáculo en el camino, con lo cual se requiere que el tubo dentro del cual se produce esta reacción se encuentre al vacío.

Elementos para realizar una tomografía

- ▶ Un generador con un tubo de Rayos X.
- ▶ Detectores.
- ▶ Un sistema que convierte las distintas densidades (unidades Hounsfield) en una escala de grises.
- ▶ Sistemas mecánicos para movimientos de barrido, centrajes y alineaciones.
- ▶ Una mesa de exploración móvil para escanogramas.

Saruro TelecareBox



Modelos de Tomografía

- ▶ Primera Generacion: El tubo emisor de rayos X y el detector en posiciones opuestas recorren una zona determinada, donde se realizan cálculos de atenuación² de esta zona, este mismo proceso se repite hasta conseguir un ángulo de 180° sobre el mismo eje.
- ▶ Segunda Generación: Son aquellos tomógrafos que traen detectores opuestos al tubo emisor de Rayos X , reducen de 180 a 6 rotaciones por cada barrido, lo que reduce el tiempo total de barrido de 20 - 60 segundos.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

²Medida de la pérdida de potencia de la señal de rayos X al atravesar objeto

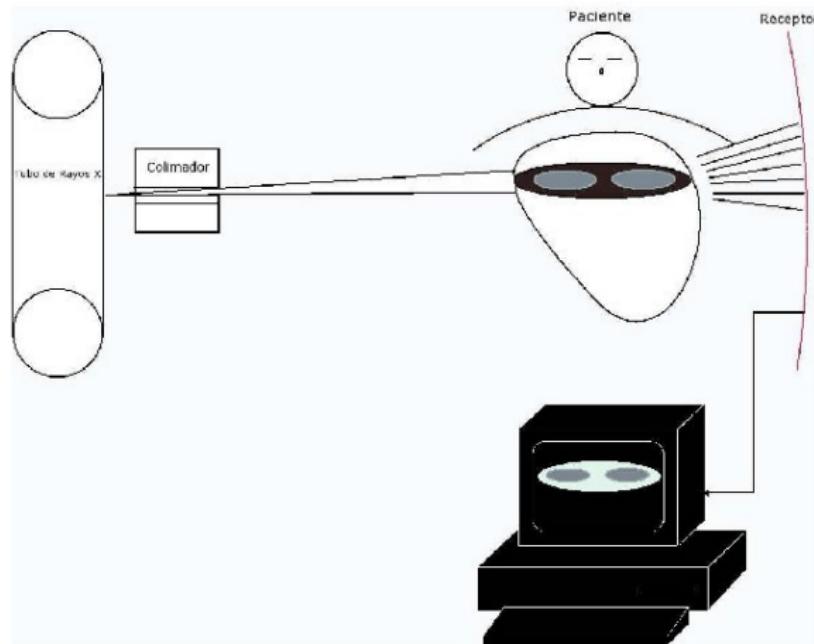
Modelos de Tomografía

- ▶ Tercera Generación: En este hay un conjunto de detectores que junto al tubo de Rayos X describen un giro de 360°. Con lo cual se reduce el tiempo de barrido a tiempos inferiores a 3 segundos.
- ▶ Cuarta Generación: El tubo emisor de Rayos X rota por el interior de una corona de detectores fijos que recogen y envían sus datos para los cálculos. Tiene ventaja respecto a la tercera generación en el menor desajuste de los detectores, aunque el tiempo de barrido es igual a la generación anterior y es más costoso.

Secuencia de un TAC

- ▶ Arranque: Se aceleran tubos y detectores hasta desarrollar una velocidad constante.
- ▶ Toma de datos: se realiza el giro de tubo y los receptores a 360°.
- ▶ Stop: desaceleración y freno de tubos y detectores.
- ▶ Movimiento de mesa: Con los pasos anteriores se obtiene un único corte, en la tomografía se realizan múltiples cortes, estos dependen del segmento corporal, la patología, y el protocolo de adquisición. En este paso se transmiten las señales remanentes de rayos X al computador, proceso denominado en inglés como windowing.

Formación de una imagen de tomografía



TAC Helicoidal

- ▶ Este es un TAC con sistema de rotación constante, el cual tiene un sistema de roce o escobillas que mantienen la conexión eléctrica entre las fuentes de alimentación eléctrica y el tubo emisor de Rayos X.
- ▶ Para realizar esta exploración es necesario una sincronización entre el movimiento rotatorio del tubo y el movimiento de desplazamiento de la mesa durante el barrido.

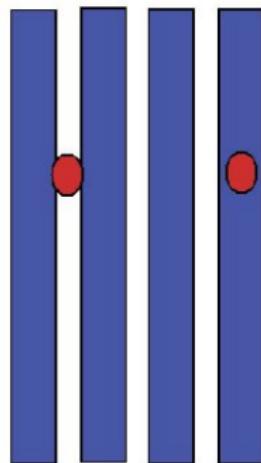
TAC Helicoidal :Pitch

El factor de desplazamiento es denominado *pitch*. Está determinado por:

$$pitch = \frac{\text{Movimiento de la mesa en mm} \times \text{Giro en segundos}}{\text{Grosor del corte}}$$

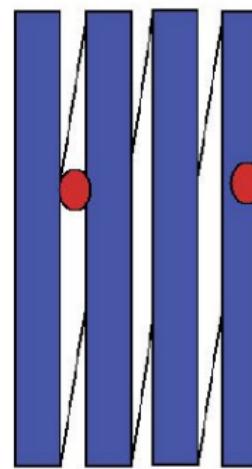
TAC (Tomografía Axial Computarizada)

TAC SECUENCIAL



LIMITACION EN LA IDENTIFICACION DE ESTRUCTURAS PEQUEÑAS

TAC HELICOIDAI



NO TIENE LIMITACION EN LA IDENTIFICACION DE ESTRUCTURAS PEQUEÑAS (EN TFOR1A)

Ventajas del TAC helicoidal frente al secuencial

- ▶ Tiene continuidad en los cortes
- ▶ Reduce el tiempo de exploración
- ▶ Posibilita las exploraciones con menor cantidad de contraste Intravenoso, además permite el estudio en sincronía con las fases arterial, venosa y de equilibrio
- ▶ Mejora la calidad de la reconstrucción tridimensional
- ▶ Permite realizar la Angio-TAC

Ventajas del TAC helicoidal frente al secuencial

- ▶ Adquisición continua de grandes volúmenes
- ▶ Insensible a movimientos respiratorios
- ▶ Menor cantidad de radiación (ideal en estudios pediátricos)
- ▶ Pueden hacerse estudios torácicos completos en apnea

Resonancia Magnética

Un campo magnético es la magnitud vectorial que expresa la intensidad de las fuerzas magnéticas. Este campo magnético se genera por cargas eléctricas en movimiento y se representa con el símbolo **B**. El sentido del campo magnético es perpendicular al sentido de la trayectoria de la carga. El flujo magnético está representado por las líneas de fuerza magnética y corresponde a la cantidad de flujo magnético que atravieza alguna unidad de área durante algún tiempo predeterminado.

Resonancia Magnética

- ▶ La unidad de flujo magnético que corresponde a una sola línea de fuerza se ha designado como un *Maxwell*; 10^8 *Maxwell* equivalen a un *Weber* que es la unidad de flujo magnético usada por el Sistema Internacional de Unidades.
- ▶ La unidad del campo magnético es el *Gauss* que equivale a un *Maxwell* por centímetro cuadrado.
- ▶ Podemos definir un *Gauss* como una medida de densidad de flujo magnético.

Resonancia Magnética

- ▶ La unidad de densidad de flujo usada en el sistema internacional es el *Tesla* que equivale a 10.000 *Gauss* o un $Weber/m^2$.
- ▶ En cualquier campo magnético existe una fuerza magnética F_B ejercida por este campo sobre la partícula cargada que se mueve a una velocidad \vec{v} . La fuerza magnética es proporcional a la carga y a la velocidad.

Momento de Torsión

Todo cuerpo tiene una propiedad llamada momento lineal o cantidad de movimiento \vec{p} , que se define como la cantidad vectorial resultante del producto de la masa por la velocidad, \vec{v} , cuantificando así la energía cinética de dicho cuerpo. Esta propiedad se representaría así:

$$\vec{p} = m \times \vec{v} \quad (1)$$

Momento de Torsión

De igual manera también existe un momento de torsión o torque para cualquier objeto. Este momento de torsión es aquel que cuantifica la tendencia de una fuerza a causar la rotación de un cuerpo con respecto a un punto o eje dado. Este momento de torsión está dado por el producto de la fuerza y el brazo de movimiento de esa fuerza. El brazo de movimiento se podría definir como la distancia desde el eje hasta la línea de acción de la fuerza.

Magnétismo atomico

Todos estos fenómenos también suceden a nivel atómico. Bajo el punto de vista de la mecánica clásica, las espiras de corriente aproximan al movimiento de electrones alrededor del núcleo en órbitas circulares. También existe un momento magnético intrínseco para protones, electrones, neutrones y demás partículas atómicas. Así pues, en los nucleos atómicos podemos hablar de dos propiedades fundamentales, que hacen que estos átomos simulen un pequeño magneto girando alrededor de su eje:

- ▶ Momento angular intrínseco, llamado espín
- ▶ Momento magnético permanente μ

Radiofrecuencias

El fenómeno que da el nombre a esta técnica de imagen es la resonancia magnética nuclear. Este concepto comprende la excitación resonante del espín nuclear precesando o cambiando de dirección en un campo magnético y la observación de respuesta del espín. La excitación resonante ocurre cuando el campo magnético de radiofrecuencias aplicadas B_1 , tiene aproximadamente la misma frecuencia de la precesión de los momentos nucleares del campo externo fijo.

Técnica de Resonancia Magnética

- ▶ El campo magnético de un sistema de Resonancia Magnética proviene de un flujo de corriente a través de cables conductores en un circuito cerrado.
- ▶ En estos sistemas se usan campos magnéticos fuertes de 1.5 *Tesla*.
- ▶ Los conductores están inmersos en helio líquido que es un superconductor, y así la corriente puede ser usada para producir un fuerte campo magnético.
- ▶ El sistema de imágenes puede retener esta corriente por muchos años con una mínima pérdida y un mínimo decrecimiento del campo magnético. La cantidad de helio se llena a intervalos regulares.

Ultrasonido

Definiciones

Sonido: El sonido es energía mecánica que se propaga a través de un medio elástico continuo debido a la compresión y rarefacción de las partículas que lo componen. Las partículas que conforman el medio experimentan un mínimo desplazamiento hacia atrás y adelante mientras actúan transfiriendo la energía mecánica. La propagación de la energía ocurre como un frente de onda (en la dirección en la cual viaja la energía) conocido como onda longitudinal.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Ultrasonido

Definiciones

Ultrasonido: Ultrasonido es el término que describe ondas sonoras con frecuencias que exceden el rango de audición humana. El ultrasonido diagnóstico es una modalidad que usa la energía del ultrasonido y las propiedades acústicas del cuerpo para producir una imagen de los tejidos estacionarios y en movimiento, basándose en la interacción mecánica de pulsos cortos de ondas sonoras de alta frecuencia y de los ecos reflejados.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Ultrasonido

Definiciones

Eco: Son las reflexiones del pulso de energía incidente y se produce por las diferencias en las propiedades elásticas del medio. Una imagen acústica se forma por numerosos pulsos de ultrasonido reflejados desde las interfases de tejidos hacia el receptor. La profundidad de una estructura es determinada por el tiempo entre la emisión del pulso de ondas sonoras de alta frecuencia y el eco de retorno, y la amplitud del eco es codificado en una escala de grises.

Ultrasonido

Definiciones

- ▶ **Energía de propagación:** Se muestra en función del tiempo resultando en áreas de compresión y rarefacción con sus correspondientes variaciones positivas y negativas en la amplitud de presión.
- ▶ **Longitud de onda (λ):** La longitud de onda del sonido es la distancia entre compresiones o rarefacciones, o entre dos puntos que se repiten en una onda sinusoidal de amplitud de presión.

Ultrasonido

Definiciones

- ▶ **Frecuencia (f):** Es el número de veces que la onda oscila como un ciclo completo por segundo. Las frecuencias menores de 15 (*ciclos/segundo*) (Hz) se denominan ondas de infrasonido, ondas entre 15 (Hz) y 20 (kHz) pertenecen al espectro acústico audible y ondas por encima de 20 (kHz) se denominan ondas de ultrasonido. Las ondas de ultrasonido de uso médico se encuentran en el rango de 2 a 10 (MHz), y para aplicaciones especializadas de ultrasonido se utilizan ondas con frecuencias por encima de los 50 (MHz)
- ▶ **Periodo (T):** Es el tiempo de duración de un ciclo y es el inverso de la frecuencia.

Ultrasonido

Definiciones

Velocidad del sonido (c): Es la distancia recorrida por la onda por unidad de tiempo y equivale a la longitud de onda dividida por el periodo ($c = \lambda f$). La velocidad del sonido es dependiente de la propagación en el medio y varia ampliamente en diferentes materiales.

Ultrasonido

Definiciones

Presión: Las variaciones en la presión se describen frecuentemente como amplitud de presión (P). La amplitud de presión es definida como el valor de pico máximo o mínimo para la presión en el medio en ausencia de una onda de sonido. En la mayoría de las aplicaciones diagnósticas del ultrasonido la amplitud de compresión excede significativamente la amplitud de rarefacción. La unidad de presión es el pascal (Pa).



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Ultrasonido

Definiciones

Intensidad (I): Es la cantidad de potencia³ por unidad de área y es proporcional al cuadrado de la amplitud de presión $I \equiv P^2$. Los niveles de intensidad del ultrasonido diagnóstico se describen en unidades de *miliwatts/cm²*. Los niveles relativos de intensidad y presión son descritos en decibel (dB).

- ▶ Intensidad relativa = $10 \log I_2/I_1$
- ▶ Presión relativa = $20 \log P_2/P_1$



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

³energía por unidad de tiempo)

Interacciones del ultrasonido con la materia

- ▶ **Absorción:** Es el proceso por el cual la energía acústica se convierte en energía calórica.
- ▶ **Impedancia acústica (Z):** La impedancia acústica (Z) de un material se define como $Z = \rho c$, con ρ definido como densidad en kg/m^3 y c velocidad del sonido en m/seg . La unidad para la impedancia acústica en el sistema Internacional se expresa en *rayls* y 1 *rayl* equivale a 1 $\frac{kg}{m^2 sec}$. La impedancia acústica está relacionada con la rigidez y flexibilidad de un medio compresible. Diferencias mínimas entre la rigidez o compresibilidad permiten la propagación continua de la energía, con muy poca reflexión en la interfaz.

Interacciones del ultrasonido con la materia

- ▶ **Reflexión:** La reflexión de la energía de ultrasonido en la interfaz entre dos tejidos ocurre debido a la diferencia entre sus impedancias acústicas. El coeficiente de reflexión describe la fracción de la intensidad del sonido que se refleja en la interfaz.
- ▶ **Refracción:** Describe el cambio en la dirección de la energía de ultrasonido transmitida en una interfaz de tejidos cuando el haz no es perpendicular a la interfase. La frecuencia del haz de ultrasonido no cambia cuando se propaga en el siguiente tejido, pero puede haber un cambio en la velocidad del sonido.

Interacciones del ultrasonido con la materia

- ▶ **Dispersión:** Un reflector espeacular es una interfaz lisa entre dos medios en el cual el espesor de la interfaz es mucho mayor que la longitud de onda del haz de ultrasonido. La dispersión acústica surge de los objetos de un tejido que son aproximadamente del tamaño de la longitud de onda o más pequeños y representan una superficie irregular o no espeacular.
- ▶ **Atenuación:** La pérdida de la energía acústica con la distancia recorrida es causada por la dispersión y la absorción del haz incidente en el tejido. El coeficiente de atenuación μ expresado en unidades de dB/cm es la pérdida de intensidad relativa por centímetro recorrido en un medio dado.

Equipo de Ultrasonido

- ▶ Transmisor: El transmisor es el responsable de la formación de los pulsos cortos de energía acústica que son transmitidos al organismo y recibe la energía a través de la aplicación de un voltaje de alta amplitud durante un tiempo determinado.

Equipo de Ultrasonido

- ▶ Transductor: El transductor es cualquier aparato que convierte una forma de energía en otra. En el caso de los ultrasonidos, el transductor es capaz de convertir energía eléctrica en energía mecánica y viceversa: por un lado convierte la energía eléctrica proporcionada por el transmisor en pulsos acústicos que son enviados al paciente, y por otra, sirve también como receptor de los ecos reflejados, convirtiendo cambios débiles de presión en señales eléctricas para su procesamiento.

Equipo de Ultrasonido

- ▶ Receptor: La llegada de los ecos a la superficie del transductor hace que se produzcan pequeños voltajes a través de los elementos piezoelectrados. El receptor es capaz de detectar y amplificar estas señales débiles, así como de compensar las diferencias en la fuerza del eco que surgen como resultado de la atenuación por el grosor de diferentes tejidos, mediante el control de la compensación tiempo profundidad o compensación tiempo ganancia (*CTG*).

Representación de la imagen:

- ▶ **Modo A:** los equipos representan el voltaje producido por el eco de retorno en forma de una deflexión vertical sobre la línea basal en un osciloscopio. La porción horizontal del osciloscopio se calibra para calcular la distancia existente entre el transductor y la superficie reflectante, la fuerza o la amplitud del sonido reflejado viene representado por la altura de la deflexión vertical que muestra el osciloscopio. En el modo A sólo se registran la fuerza y la posición de la estructura reflectante.

Representación de la imagen:

- ▶ **Modo M:** Permite la representación de la amplitud del eco y muestra la posición de los reflectores móviles. Se utiliza el brillo para indicar la intensidad de la señal reflejada. La interpretación de la ecografía en modo M se basa en la evaluación de los patrones de movimiento de reflectores específicos y en la determinación de sus relaciones anatómicas.

Representación de la imagen:

- ▶ **Modo B:** margen en tiempo real o en escala de grises: Con esta modalidad, las variaciones existentes en la intensidad o brillo obedecen a la diferencia en la amplitud de las señales reflejadas. Para generar la imagen bidimensional (2D), múltiples pulsos de ultrasonido son enviados sucesivamente con una diferencia de fase conocida.

Ecografía Doppler

La ecografía Doppler se basa en el cambio en la frecuencia de la onda de ultrasonido causada por un reflector en movimiento. En el cuerpo humano los reflectores en movimiento son las células sanguíneas. Comparando la frecuencia de la onda de ultrasonido incidente con la frecuencia de la onda de ultrasonido reflejada por las células sanguíneas es posible determinar la velocidad de la sangre. No solamente la velocidad de la sangre (e indirectamente el flujo sanguíneo) pueden ser medidos, la información proporcionada por la técnica Doppler puede ser empleada para crear mapas de color del flujo sanguíneo de las estructuras vasculares.