



BLOQUE 3
EQUIPOS DE TELETERAPIA



TEMA 7
TÉCNICAS
DE
RADIOTERAPIA EXTERNA

ÍNDICE

TEMA 7 - TECNICAS RADIOTERAPIA EXTERNA

7.1 - TRATAMIENTO DE RADIOTERAPIA EXTERNA

INTRODUCCIÓN.

OBJETIVOS RADIOTERAPIA EXTERNA.

DOSIS Y FRACCIONAMIENTO.

7.2 - TIPOS DE RADIOTERAPIA DE HAZ EXTERNO

1. TECNICAS COMUNES

1.1 - RT CONFORMADA TRIDIMENSIONAL (RT3D)

2. TECNICAS ESPECIALES

2.1 - *IRRADIACIÓN CORPORAL TOTAL (TBI)*

2.2 - *IRRADIACIÓN SUPERFICIAL TOTAL (SRT)*

2.3 - RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA (IORT)

2.4 - RADIOCIRUGIA ESTEREOTACTICA

2.5 - RADIOTERAPIA ESTEREOTAXICA CORPORAL (SBRT)

2.6 - RADIOTERAPIA CON INTENSIDAD MODULADA (IMRT)

2.7 - *ARCOTERAPIA VOLUMETRICA MODULADA (VMAT)*

2.8 - RADIOTERAPIA GUIADA POR IMAGEN (IGRT)

2.9 - PROTONTERAPIA

7.1-RADIOTERAPIA EXTERNA

1-INTRODUCCION

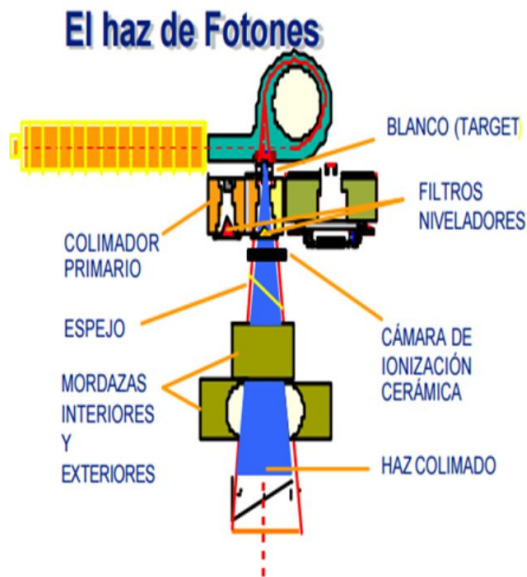
- Tipo más común de radioterapia usada para el tratamiento del cáncer.
- Las sesiones de radiación externa se administran de manera ambulatoria en un hospital.
- Para el tratamiento se utiliza una máquina llamada Acelerador Lineal de Electrones.
- En RT se utilizan sobre todo FOTONES y ELECTRONES para el tratamiento del cáncer.



RADIOTERAPIA EXTERNA

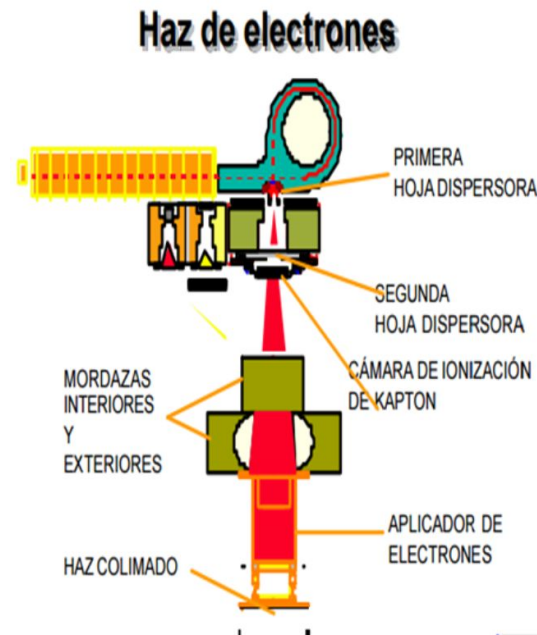
HACES DE FOTONES

- Alcance: Penetran en el cuerpo.
- Los haces de fotones de RX de alta energía es la radiación más utilizada en radioterapia externa.



HACES DE ELECTRONES

- Alcance : Pocos cm.
- Tratamiento de tumores superficiales y en técnicas intraoperatorias.



2-OBJETIVOS DE LA RADIOTERAPIA

La RT se emplea como:

- ✓ TRATAMIENTO PALIATIVO
- ✓ TRATAMIENTO COMPLEMENTARIO
- ✓ TRATAMIENTO RADICAL

Con el OBJETIVO de :

Eliminar o reducir el tumor.

Evitar que se extienda a otras localizaciones (metástasis).

Tratar los síntomas causados por enfermedad avanzada (RT paliativa).

Tratar recidivas.

3- DOSIS Y FRACCIONAMIENTO

- DOSIS
- TOTAL
 - Se divide
- DOSIS
- MENORES
 - Denominadas
- FRACCIONES
 - FRACCIONAMIENTO
 - CONVENCIONAL
 - 2,8 Gy
 - 5 días por semana

DOSIS TOTAL Y Nº SESIONES

Dependen de:

- El tamaño y la localización del tumor
- El tipo de cáncer
- La razón para administrar el tratamiento
- Su estado general de salud
- Cualquier otro tratamiento que esté recibiendo

¿Por qué fraccionamos la dosis en un tratamiento?

Duración tratamiento convencional  5 días semana (Lunes a viernes)
5- 8 semanas

*Ciertos tratamientos requieren una programación de sesiones diferente .

OBJETIVOS DEL FRACCIONAMIENTO

-**Evitar** los efectos tóxicos del tratamiento por dos motivos:

- 1) Reparación de las lesiones radioinducidas entre cada fracción en el tejido normal.
- 2) Reparación mínima del tejido tumoral entre cada fracción.

- **Conseguir** : Efecto máximo en tejido tumoral.

Efecto mínimo en tejido sano.

7.2 TIPOS DE RADIOTERAPIA DE HAZ EXTERNO

1-TECNICAS COMUNES

1.1- RT conformada tridimensional (RT3D)

2-TECNICAS ESPECIALES

- **2.1-IRRADIACIÓN CORPORAL TOTAL (TBI)**
- **2.2 - IRRADIACIÓN SUPERFICIAL TOTAL (SRT)**
- **2.3 - RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA (IORT)**
- **2.4 - RADIOCIRUGIA ESTEREOTACTICA**
- **2.5 - RADIOTERAPIA ESTEREOTAXICA CORPORAL (SBRT)**
- **2.6 - RADIOTERAPIA CON INTENSIDAD MODULADA (IMRT)**

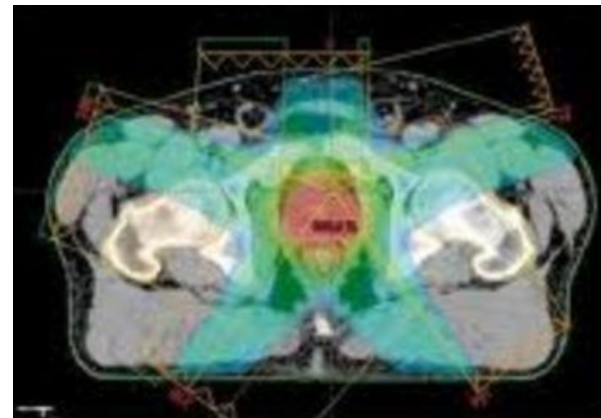
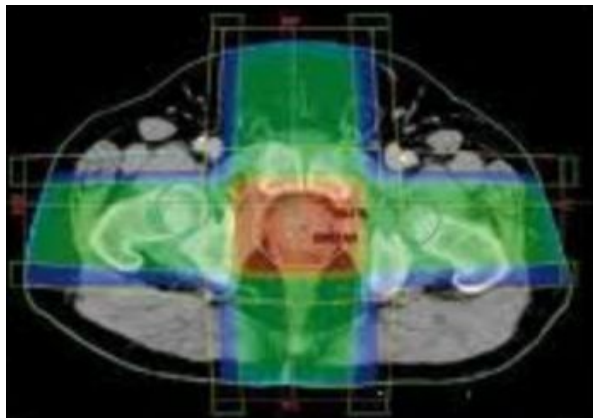
1-TECNICAS COMUNES

1.1- RT CONFORMADA TRIDIMENSIONAL (RT3D)

Se basa en el uso de imágenes del paciente obtenidas de un TC reconstruidas en 3D.

¿Cómo funciona?

La radioterapia conformada en 3D (3D-CRT) suministra haces de radiación desde diferentes direcciones que han sido diseñados para igualar la forma del tumor.



2 – TECNICAS ESPECIALES

2.1 - IRRADIACIÓN CORPORAL TOTAL (TBI)

Técnica de radioterapia externa que entrega una dosis de radiación uniforme al cuerpo entero del paciente mediante un haz de fotones de alta energía.

Método efectivo para:

- ✓ Preparación de pacientes para un trasplante de médula ósea.
- ✓ Tratamiento de otras enfermedades como neuroblastomas o sarcoma de Ewing.

Múltiples técnicas de TBI, dos de ellas son:

□ TBI LATERAL

□ TBI ANTERO- POSTERIOR

IRRADIACIÓN CORPORAL TOTAL (TBI)

TECNICA DE TBI LATERAL

Irradiación bilateral del paciente con un haz horizontal de fotones.

Paciente en supino, con los brazos a los costados del cuerpo y piernas recogidas sobre una camilla con planos inclinados.

Pantalla de acrílico para dosis máxima en piel

Uso de compensadores

TECNICA DE TBI ANTERO-POSTERIOR

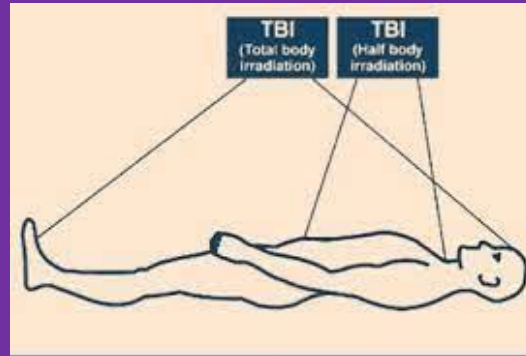
La irradiación se realiza con un haz de fotones producidos por un acelerador lineal.

Paciente en decúbito lateral con los brazo a los costados del cuerpo.

La irradiación se hace en varias fracciones diarias con una separación entre fracción por intervalos de 6h.

Un procedimiento obligatorio es la “DOSIMETRIA IN VIVO” utilizada en el TBI, que es un método directo de control dosis de irradiación que el paciente recibe.

TBI – Irradiación corporal total



TBI LATERAL



TBI AP

2.2-RADIOTERAPIA SUPERFICIAL TOTAL (SRT)

- ❑ Técnica de radioterapia que utiliza haces de electrones de baja energía dirigidos a toda la superficie del cuerpo.
- ❑ Opción de tratamiento no invasiva ❑ Penetra capas **superficiales** de la piel.
- ❑ Uso capa de *metacrilato o material similar* para conseguir un haz con las características adecuadas de energía y homogeneidad para este tratamiento.
- ❑ Equipo de ortovoltaje para este tratamiento.

Radioterapia Superficial o de Contacto

Energía Baja: Inferior a 100 KV

Distancia foco piel (DFP): Pocos cm

Dosis Máxima: A nivel de la piel Rayos X

SRT-RADIOTERAPIA SUPERFICIAL TOTAL



2.3-RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA (IORT o RIO)

La radioterapia intraoperatoria (IORT) es radiación externa aplicada directamente al tumor durante la cirugía.



APLICACIONES

- Tumores que no pueden ser extirpados en su totalidad solo con cirugía.
- Alto riesgo de que se vuelva a desarrollar un tumor en la misma área.

RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA (IORT)

PROCEDIMIENTO RT INTRAOPERATORIA

- Mientras el paciente está bajo anestesia, el cirujano aparta los tejidos normales del tumor y los protege con protectores especiales. Esto permite al médico administrar una dosis grande de radiación al tumor y limitar los efectos en tejidos cercanos.
- La IORT se administra normalmente en un quirófano especial.

Esta técnica se puede llevar a cabo mediante:

- a) ACELERADORES LINEALES (RT EXTERNA) con un sistema de colimación especial.
- b) ACELERADORES ESPECIFICOS PARA IORT (Mobetron o Novac)

IORT-RADIOTERAPIA INTRAOPERATORIA



Mobetron

Equipos de Radioterapia Intraoperatoria



Liac



Novac-7

RADIOTERAPIA ESTEREOTÁCTICA

RT ESTEREOTACTICA: Modalidad de radioterapia externa que se caracteriza porque los haces de irradiación son altamente conformados, precisos y convergentes sobre la lesión haciendo posible la administración de dosis muy altas sin incrementar la irradiación de los órganos o estructuras sanas adyacentes.

SESION ÚNICA ☐ Se denomina **Radiocirugía**

VARIAS SESIONES ☐ Se denomina **Radioterapia estereotáctica.**

Para esta técnica se precisa de :

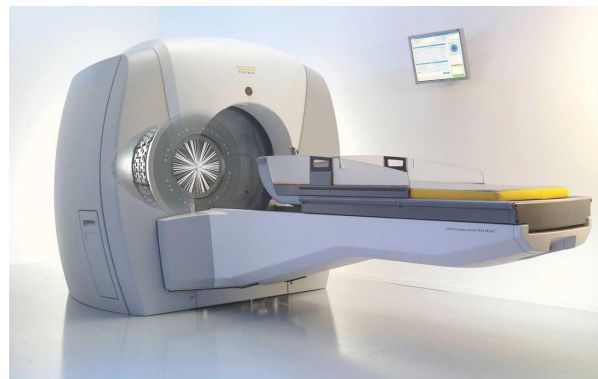
- ☐ Sistemas de inmovilización del paciente.
- ☐ Equipos de radioterapia que generen haces muy conformados.
- ☐ Marcas radiopacas intratumorales o sistemas de imágenes de TAC incluidos en el dispositivo de irradiación (localización de lesiones móviles).
- ☐ Gaiting y Tracking; coordinar los movimientos de la lesión en la respiración con la unidad de radioterapia

RT ESTEREOTÁCTICA

En la RT estereotáctica, hay menos fracciones, pero la dosis de radiación es mucho mayor con cada fracción.

Para aplicar esta técnica existen unidades específicas :

- Gamma Knife → Tratamientos estereotáxicos intracraneales.
- CyberKnife → Acelerador específico, totalmente distintos a los habituales.
- Novalis → Acelerador exclusivo para este tipo de tratamiento.
- Acelerador lineal → Usando un colimador especial . *En los últimos años se ha introducido para estos tratamientos en los aceleradores **colimadores multilámina** con anchura de láminas del orden de milímetros.*



TIPOS DE RT ESTEREOTAXICA

Tipos de RT estereotáxica	Según el fraccionamiento	Sesión única, generalmente en radiocirugía craneal
		Fraccionada, tanto intra como extracraneal
	Según la localización	Craneal
		Extracraneal (SBRT)
	Según el dispositivo de irradiación	Sistemas robóticos
		Aceleradores lineales
		Sistemas de anillo

Tipos de radioterapia estereotáctica:

2.4- Radiocirugía estereotáctica (SRS).

2.5- Radioterapia corporal estereotáctica (SBRT).

GENERALIDADES SRS Y SBRT

Son alternativas a la cirugía invasiva y para los tumores difíciles de alcanzar, ubicados cerca de órganos vitales y/o sujetos a movimiento dentro del cuerpo.

Dependen de varias tecnologías : Imágenes 3D ; sistemas de inmovilización ; haces de rayos gamma o rayos X .

La IGRT mejora la precisión y la exactitud del tratamiento.

PRINCIPAL DIFERENCIA	<u>Cuando se aplica en el cerebro</u> ☐ RADIOCIRUGIA
	<u>Cuando se aplica en el cuerpo</u> ☐ RADIOTERAPIA CORPORAL ESTEREOTÁCTICA

2.4- RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁCTICA (SRS).

La radioterapia estereotáctica (SRT) es una técnica de irradiación que consiste en administrar radiación sobre un volumen bien definido, con gran precisión y alto gradiente de dosis.

"Estereotáctica" : se refiere al uso de un dispositivo, *marco o guía estereotáctica*, que permite mediante un sistema de coordenadas localizar el tumor y los órganos de riesgo.

Guías estereotácticas: Hoy en desuso, sustituidas por *máscaras termoplásticas* personalizadas, en las que la guía se efectúa sobre marcas internas próximas a la lesión.

¿Cómo funciona?

- Muchos haces pequeños de radiación se apuntan al tumor desde diferentes direcciones.
- Sesión UNICA (algunos casos 5 sesiones).
- NO es realmente una cirugía .
- Se llama "radiocirugía" por su precisión.
- Lesiones intracraneales (metástasis cerebrales, tumores cerebrales...).

TODOS LOS TIPOS DE RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁCTICA Y RADIOTERAPIA FUNCIONAN DE MANERA SIMILAR.

EQUIPOS PARA RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁCTICA

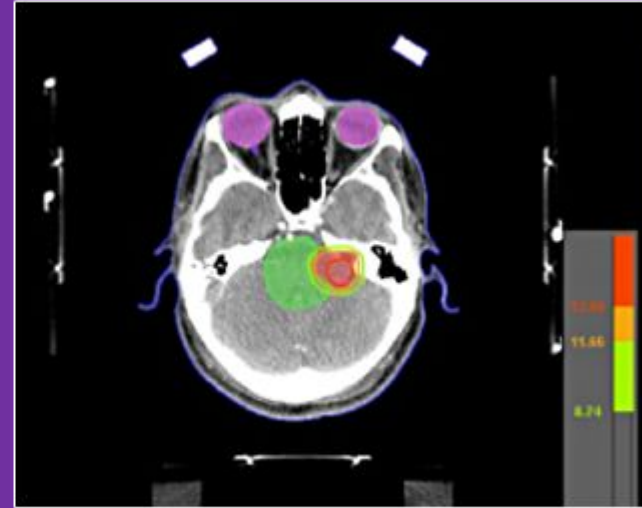
1. Acelerador lineal (CyberKnife y TrueBeam)



2. Radioterapia de protones



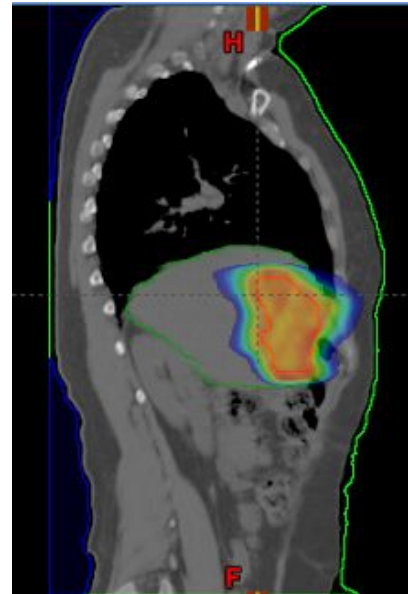
SRS - RADIOCIRUGÍA ESTEREOTÁCTICA



2.5-RADIOTERAPIA ESTEREOTÁXICA FRACCIONADA CORPORAL (SBRT)

SBRT

- Surge en la década de 1990 y deriva de las técnicas y los procedimientos de la SRT.
- La SBRT tiene una particularidad, la presencia de volúmenes de irradiación móviles.
- Localizaciones extracraneales:
 - ✓ Columna
 - ✓ pulmón
 - ✓ Hígado
 - ✓ Abdomen
 - ✓ próstata
 - ✓ cabeza y cuello



SBRT

RADIOTERAPIA CORPORAL ESTEREOTÁCTICA (SBRT): Tratamiento que se administra fuera del cerebro.

- Entre 1 y 5 sesiones.
- Radiocirugía fraccionada o radioterapia estereotáctica fraccionada* → Dosis igual o ligeramente mayor de radiación dividida en varios tratamientos más pequeños.
- Se utilizan imágenes tridimensionales.
- Menor riesgo de efectos secundarios que otras técnicas convencionales.
- Permite fraccionar la dosis mediante sistemas de control de imagen.

En resumen, la SBRT...

- ❖ Es un método de terapia de radiación de haz externo que administra de manera muy precisa una alta dosis de radiación para un blanco extracraneal .
- ❖ Dosis única o fraccionada.
- ❖ Mayor precisión, vigilancia, potencia y más tiempo de administración que la RT convencional.

SBRT

APLICACIONES

Localización tumoral	Subtipo
Médula	Metástasis vertebrales, tumores intradurales y metástasis, tumores paraespinales, metástasis previamente irradiadas y no más de 3 vértebras consecutivas
Pulmón	Estadios iniciales de NSCLC, recurrencias de NSCLC y metástasis. Pacientes inoperables y tumores menores de 5 cm
Hígado	Hepatoma y metástasis. Carcinoma hepatocelular menor de 8 cm y metástasis menor de 6 cm o menos de 5 lesiones
Espacio retroperitoneal	Cáncer renal y metástasis, cáncer de páncreas y adenopatías para-aórticas malignas
Pelvis	Tumores recurrentes y cáncer de próstata

La SBRT se utiliza para tratar lesiones bien definidas menores de 5-7 cm

- Mayor riesgo de complicaciones severas.
- Para la SBRT se pueden utilizar FOTONES O PROTONES.
- Se emplean múltiples haces estáticos o campos de rotación

SBRT

REQUISITOS TÉCNICOS

Equipos de imagen: TC, RMN, PET u otros sistemas.

Sistemas de inmovilización: molde de Aquaplast, máscara termoplástica, colchón de vacío, etc.

* Movimientos diafragmáticos

- DAMPENING: compresión abdominal
- GATING: monitorización el ciclo respiratorio
- TRACKING: monitorización del movimiento del tumor
- BREATH HOLD: respiración mantenida

Sistemas de planificación y cálculo: GTV , PTV. Optimización de la distribución de la dosis.

Equipos de análisis dosimétrico y medición de haces: Sistemas de medida y calibración precisos.

Equipos de tratamiento: Tienen la capacidad de posibilitar la imagen guiada lo que permite la localización del tumor antes de la administración del tratamiento

SBRT

PROCEDIMIENTO

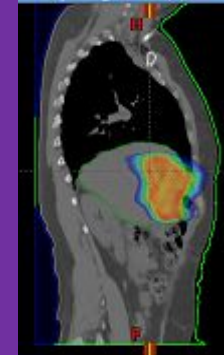
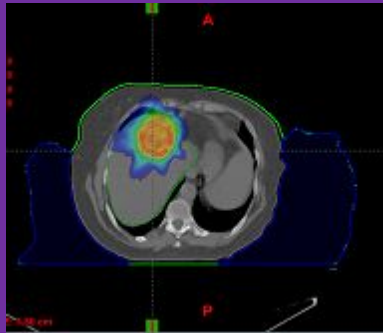
1. Antes de comenzar la SBRT, se le realizará una tomografía computarizada (CT) o una resonancia magnética (RM).
2. Las imágenes 3D se usan para localizar el tumor. Es posible que sea necesario colocar en su tumor marcadores metálicos llamados "*marcadores fiduciales*", éstos ayudan a rastrear el tumor durante el tratamiento.
3. Se realizaran pequeños tatuajes de tinta en la piel (posicionar y alinear al paciente).
4. Sistemas de inmovilización especiales para que el cuerpo se mantenga en su lugar durante la planificación y el tratamiento.

También se puede usar un cinturón de compresión o contener la respiración

TODO EL PROCEDIMIENTO IMPLICA QUE SE REALICE UN TRATAMIENTO EFICAZ DE SBRT

SBRT- RADIOTERAPIA CORPORAL ESTEREOTACTICA

SBRT HEPATICA



Sistemas de inmovilización

y

Sistemas de localización (CALYPSO)

2.6- RADIOTERAPIA DE INTENSIDAD MODULADA (IMRT)

Tipo de RT de conformación tridimensional que consigue adaptar la forma e intensidad del haz de radiación a la forma y situación del tumor proporcionando una mayor dosis con precisión milimétrica.

La IMRT

- Usa muchos más haces de tamaño más reducido que la RTC3D y la potencia de los haces en algunas zonas puede modificarse para depositar dosis más altas a ciertas partes del tumor.
- Esta técnica logra su optimización al integrar cuatro elementos:
 - 1.Colimadores dinámicos multilaminares,
 - 2.sistemas de verificación dosimétrica,
 - 3.sistemas de planificación
 - 4.aceleradores de alta energía.

MODULACION DEL HAZ EN IMRT

En la IMRT necesitamos modificar la fluencia del haz



- Los aceleradores actuales permiten dividir un haz de irradiación en múltiples segmentos obteniendo distribuciones de dosis que permiten disminuir las dosis a los órganos críticos próximos al tumor.
- Se realiza mediante técnicas que consiguen una modulación del haz diferente a la de la RT conformada habitual.
- Existen diferentes métodos :

INTENSIDAD MODULADA ESTÁTICA : Haces fijos.

INTENSIDAD MODULADA DINÁMICA : Haces fijos, pero la irradiación en cada campo fijo se realiza de modo continuo (mientras las hojas se mueven de forma dinámica).

ARCOTERAPIA CON MODULACIÓN DE INTENSIDAD (IMAT): Haces en movimiento.

COLIMADOR BINARIO: se monta en el cabezal de un acelerador actuando como un colimador terciario.

La radioterapia de intensidad modulada (IMRT) es similar a la 3D-CRT, pero también cambia la potencia de algunos de los haces en ciertas áreas.

IMRT

TOMOGRAFIA HELICOIDAL

UNIDAD DE TOMOTERAPIA

Esta unidad incorpora :

- ✓ un equipo de tomografía axial computarizada helicoidal
- ✓ un acelerador con colimador multilámina
- ✓ un sistema de planificación.

*El acelerador de 6 MV está incluido en el anillo de la unidad.

Esta forma de IMRT, conocida como tomoterapia helicoidal, suministra radiación de una forma especial (en espiral).



¿Qué es?

La tomoterapia es un tipo de IMRT que usa una máquina que es una combinación de escáner de tomografía computarizada y de máquina de radiación de haz externo.

¿Cómo funciona?

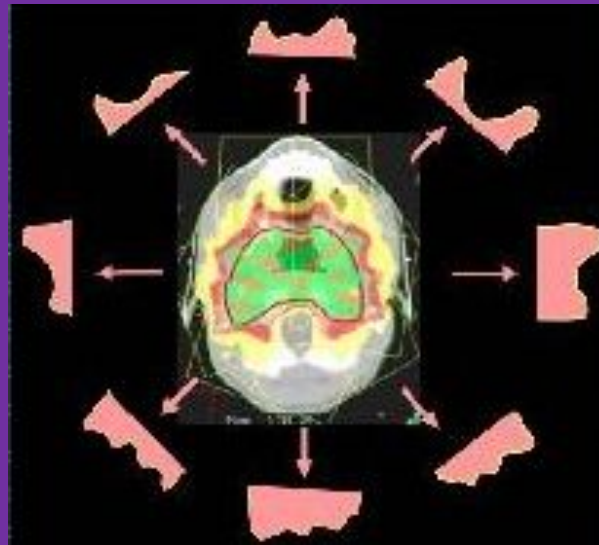
- Antes de cada sesión se toman imágenes del tumor.
- Las imágenes obtenidas permiten verificar la posición del tumor y ajustar la posición del paciente ► *Radioterapia guiada por la imagen (IGRT)*.
- Durante el tratamiento la maquina Gira en torno al paciente, aplicando la radiación en una forma espiral, en cada rebanada.

CyberKnife

Se puede considerar también como una unidad para IMRT;

Permite dirigir un gran nº de pequeños haces de diferentes tasas de fluencia al volumen blanco desde diferentes ángulos.

IMRT - RADIOTERAPIA DE INTENSIDAD MODULADA



2.7-ARCOTERAPIA VOLUMETRICA MODULADA (VMAT)

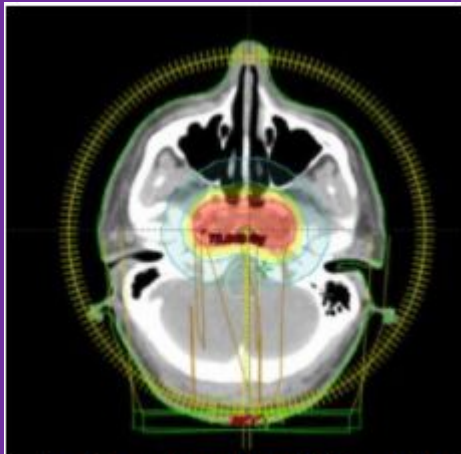
Es una **radioterapia de intensidad modulada**

TECNICA VMAT

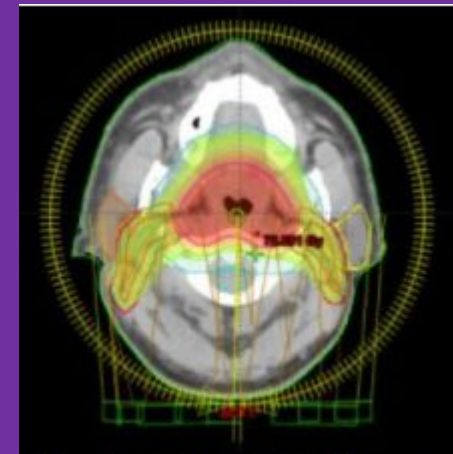
- El acelerador lineal gira en arcos en torno al paciente, modulando la intensidad de la radiación y la velocidad del giro.
- Mayor precisión: Se reduce el tiempo de tratamiento considerablemente.
- El haz de radiación se adapta a la forma del tumor y se puede administrar desde prácticamente cualquier ángulo.
- Este tipo de tratamientos los efectúa en un solo volumen ☐ EVITA INCERTIDUMBRES(en cuanto a los movimientos del paciente).

VIMAT - ARCOTERAPIA VOLUMETRICA MODULADA

VMAT



Arcoterapia volumétrica ORL



Arcoterapia volumétrica en
cáncer de orofaringe

2.8-RADIOTERAPIA GUIADA POR IMAGEN (IGRT)

Es una forma de 3D-CRT

¿Qué es?

Es una técnica de verificación de la radioterapia basada en la toma de imágenes antes y durante la administración de la radiación, mientras el paciente está en la mesa de tratamiento.

Objetivo: Delimitar el tumor y mejorar la precisión y exactitud del tratamiento, preservando los tejidos sanos cercanos. Para ello los aceleradores cuentan con sistemas de toma de imágenes.

La IGRT permite:

- ✓ mayores dosis de radiación
- ✓ esquemas de tratamiento más breves.
- ✓ Reducir las incertidumbres.

REQUISITOS IGRT

- **Exploración TC u otro estudio de imagen:** Para obtener la simulación de tratamiento y crear imágenes de referencia.
- **Sistemas de inmovilización.**
- **Sistemas de localización :** transpondedores electromagnéticos.

APLICACIONES IGRT

Tumores que implican órganos en movimiento.

Principalmente:

- Cabeza y cuello
- Pulmón
- Próstata
- Hígado
- Vejiga

IGRT

Radioterapia adaptativa en IGRT

La radioterapia adaptativa es aquella que utiliza las verificaciones diarias que se hacen con IGRT para realizar adaptaciones secuenciales según la evolución del tumor



si el tumor disminuye o aumenta durante el tratamiento, se detecta y adapta el tratamiento a la nueva situación



Esto supone

Mejora notable en tratamientos de larga duración (linfomas, carcinoma de pulmón y tumores de cabeza y cuello)

Previene errores terapéuticos.

PROCEDIMIENTO DE LA IGRT

- a) Posicionar al paciente al inicio de cada sesión.
- b) Toma de imágenes : La imagen la obtienen directamente del haz de irradiación que produce el propio acelerador
- c) Verificación de imágenes : Comparación de las imágenes obtenidas con las DRR de la simulación para determinar las diferencias en el posicionamiento del paciente. *
- d) Valorar las diferencias de posición entre la simulación y el tratamiento.(longitudinal, transversal y vertical).
- e) Corregir la posición del paciente.

* Otra forma de comparar imágenes es en MODO VOLUMÉTRICO, es decir comparar las imágenes del TC de simulación con las mismas imágenes obtenidas en el propio acelerador.

IGRT

Las imágenes se obtienen mediante:

1. Haces de fotones ☐ energías del orden de MV.
2. Equipo de rayos X ☐ energías del orden del KV.



IGRT-RADIOTERAPIA GUIADA POR IMAGEN



2.9 - PROTONTERAPIA

La RT con haz de protones utiliza haces de protones en lugar de fotones o electrones.

PROTONES: partes de los átomos que causan poco daño a los tejidos que atraviesan, pero que son muy efectivos en eliminar a las células que se encuentran al final de su trayectoria.



EQUIPO DE PROTONTERAPIA □ ciclotrón o sincrotrón.

PROTONTERAPIA

Ciclotrón
o
Sincrotrón

