

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad
y Computación**

Tópico de Ingeniería en Radiación Médica

**Aplicación de la Radiación en el Tratamiento
de Cáncer de Laringe**

Profesor: Ing. José Correa

A L U M N O S:

Ernan Güillca

Maribel Herrera

Eduardo Navarrete

Jimmy Palomeque

1995

GUAYAQUIL

ECUADOR

DEDICATORIAS

Eduardo Navarrete:

Dedico este trabajo a mis padres, a mis hermanos y a todos los que tuvieron fe en mi esfuerzo. En especial a mi padre.

Maribel Herrera:

Dedico este trabajo a mis padres, a mi esposo, a mi hijo y a mis hermanos; con especial afecto a mi MADRE

Jimmy Palomeque:

Dedico este trabajo a mis padres y hermanos

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que nos han apoyado en este trabajo, a nuestro amigo Rafael Estrada que fue nuestro camarógrafo oficial.

Agradecemos a la ESPOL por habernos acogido en su seno y nos ha enseñado a superar todos los días.

Agradecemos a nuestro profesores, Ing. José Correa, que nos impartió sus conocimientos en este tópico de graduación.

Un agradecimiento especial al personal de SOLCA del área de Radioterapia que nos ayudaron constantemente y sin escatimar esfuerzos en nuestras prácticas.

A Dios por guiarnos siempre.

PREFACIO

La terapéutica del cáncer ha evolucionado espectacularmente durante las 2 últimas décadas. Las modalidades de tratamiento se han perfeccionado hasta el punto de que todas ellas proporcionan resultados positivos importantes por sí mismas. Sin embargo, el mejor tratamiento que un enfermo de cáncer puede recibir es la aplicación equilibrada de algo de cada una de ellas: cirugía, radioterapia y quimioterapia.

La tesis aquí mostrada se divide en tres partes principales: La primera, La Radiación, aborda distintos aspectos de la Radiación, el principio en que se basa, los tipos de radiación existentes en la aplicación del tratamiento de cáncer y los principales métodos de irradiar al paciente. La segunda, equipos del Área de Radioterapia, hace una breve descripción de las facilidades para el tratamiento de los pacientes que brindan los equipos de las salas de simulación, Planeación, Moldes y Tratamiento. La tercera, descripción del proceso de tratamiento de una paciente con cáncer de laringe, aborda las distintas etapas por las que debe pasar un paciente hasta la finalidad de su tratamiento.

En la localización de la tesis se ha abarcado lo más posible del campo de la Radiación médica, lo cual implica que deben existir lazos estrechos con la medicina. La obra da una explicación médica, sin profundizar demasiado en este campo, ya que está localizada con fines de ingeniería.

El enfoque principal es la dosimetría, que consiste en el tratamiento del tumor por la radiación y la planificación de la dosis impartida por fracción que incluye el cálculo de tiempo de tratamiento diario hasta llegar a la dosis prescrita por el doctor.

INDICE DE CONTENIDOS

TEMAS	PAGS.
- Introducción	8
- Capítulo I La Radiación	15
- Capítulo II Equipos de Radioterapia	33
- Capítulo III Carcinoma de la Laringe	53
- Capítulo IV Proceso de Planeación	62
- Conclusiones	91
- Bibliografía	92

INTRODUCCIÓN

El tópicó de Radiación Médica junta dos campos diferentes que forman parte del constante progreso del ser humano en la lucha contra el cáncer: la electrónica y la medicina. Sin la medicina investigativa no se podría realizar tratamiento de curación y planeación del cáncer como la quimioterapia y braquiterapia, sin los avances de la electrónica, la medicina no podría utilizar la radiación generadas por las modernas máquinas de tratamiento tales como aceleradores lineales, máquinas de cobalto 60, etc y perderá un campo de acción muy poderoso.

Con la aplicación de la radiación ionizante, se ha podido ingresar a los campos de radiología de diagnósticos, radioterapia, radiología y medicina nuclear, los cuales continúan desarrollándose y expandiéndose. Entre los efectos beneficiosos de las radiaciones ionozantes, además de investigar enfermedades y diagnosticarlas, se encuentra el tratamiento por obstrucción de tumores malignos. Los tumores malignos, duros o ulcerosos, que invaden y destruyen los tejidos orgánicos animales y son en muchos casos incurables son conocidos como cáncer. El cáncer es una malformación o deformación celular que afecta a las células en su desarrollo y que se extiende por el organismos por el efecto de la propia multiplicación de los tejidos afectados y también a través de los vasos sanguíneos y linfáticos. La invasión de un tejido sano por las células malformadas se llama metástasis. aunque las causas originarias del cáncer no han sido establecidas todavía, la teoría vírica es la que más se a consolidado últimamente.

Los virus cancerígenos, sin embargo, no han sido plenamente identificados (salvo en ciertos casos relativos a tumores muy localizados). Otras causas son los factores hormonales y genéticos, así como los agentes químicos (benzopireno, colorantes anilínicos) y físicos (radiaciones).

Recordamos las propiedades de los mencionados tumores:

• **Crecen** con rapidez, de manera incontrolada, con infiltración y destrucción de tejidos (se deslizan por espacios tisulares, destruyen estructuras y perforan vasos linfáticos y sanguíneos);

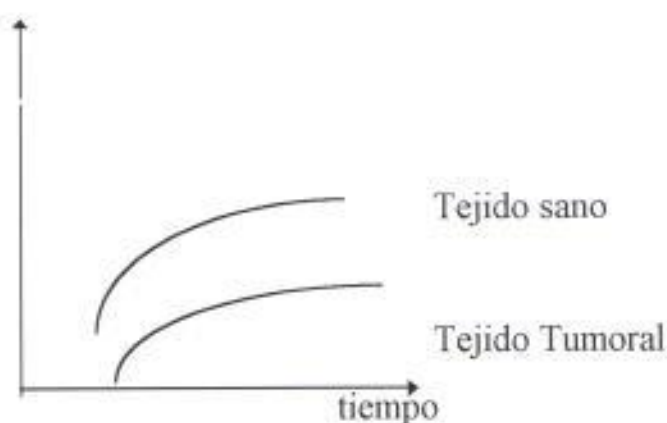
• **Forman** metástasis a distancia (células que se desprenden del tumor primitivo y se transportan vía sanguínea o linfática y crecimiento de nuevos tumores);

• **Pueden** reproducirse, después de un tratamiento (recidivar) y la probabilidad de que ocurra depende del número de células viables o capaces de proliferar que queden sin destruir.

Las radiaciones destruyen las células tumorales, pero también resultan destruidas células sanas que sean alcanzadas con la radiación. Sin embargo, es posible, mediante una buena administración de la radiación, repartiéndola adecuadamente en el espacio y en el tiempo, aprovechar determinados mecanismos biológicos que favorecen la destrucción total del tumor, permitiendo la recuperación del tejido sano.

Se trata a continuación, de manera muy simplificada, estas relaciones entre los mecanismos biológicos y los tipos y forma de aplicar la radiación.

En los tejidos normales existe un equilibrio dinámico entre la cantidad de células que nacen y las que mueren, siendo muy diferente la velocidad con que ocurre el nacimiento y desaparición, según de qué tejido se trate. Si este equilibrio se rompe por una destrucción anormal, tienen lugar los procesos de **re población y regeneración** acelerada con el fin de restablecer dicho equilibrio.



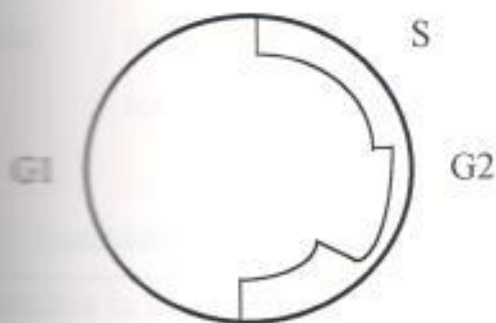
El tejido sano se regenera aceleradamente tratando de restablecer el equilibrio dinámico roto por la radiación.

Las células tumorales, en cambio tienen perturbada la comunicación celular. Esto ocasiona que no respeten dicho equilibrio, y que el tejido crezca incontroladamente, pero también esta misma perturbación hace que

son "interrumpida" su capacidad de regeneración o repoblación, tras una destrucción de una parte de ellas.

Este fenómeno apunta ya hacia unas primeras conclusiones sobre la administración de la dosis radioterapéutica; cuando la radiación afecte al tejido sano junto con el tumoral, no conviene proporcionar la dosis total de una sola vez y de manera rápida; conviene dar tiempo para favorecer la regeneración del tejido sano (se favorece, asimismo, no sólo la repoblación, sino la reparación de daños subletales, es decir, aquellos que no han ocasionado la muerte de la célula). Es necesario, por tanto, aplicar la dosis en varias veces (fraccionamiento), dejando el tiempo suficiente para que se produzca la regeneración. Esta necesidad se comprende tanto mejor cuanto más tejido sano haya sido afectado junto al tumoral.

Dentro del ciclo celular las fases más radiosensibles son la G_2 y la mitosis. Si se efectúa una irradiación única, la mayor parte de las células dañadas serán las que se hallen en esas fases.



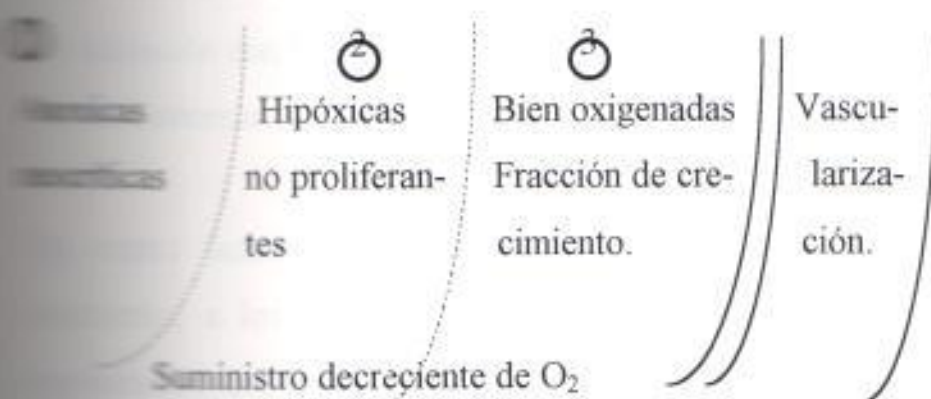
Fases del ciclo celular

Para que otras células vuelvan a estar en una de estas fases radiosensibles se requiere darles tiempo (fenómeno de **reagrupamiento** o **redistribución**);

Por último, hay otro fenómeno biológico importante que tratar: el de la **reoxigenación** de células tumorales *hipóxicas* (poco oxigenadas). Las

Las células poco oxigenadas son, en general, resistentes a radiaciones con baja Transferencia Lineal de Energía, como son los fotones y los electrones. El tejido normal se encuentra todo él bien oxigenado, pero no ocurre lo mismo con el tumoral. Algunos autores han observado el siguiente modelo anatómico válido para determinados tumores: al crecer el tumor, se forman zonas neocróticas (células no viables y no proliferantes) rodeadas de zonas hipóxicas (células resistentes a la radiación, no proliferantes en principio, pero viables es decir, capaces de proliferar si reciben oxígeno) y, por último, ambas áreas están rodeadas de células viables proliferantes, oxigenadas, por estar vascularizadas, y al mismo tiempo radiosensibles. Estas últimas células son las responsables del crecimiento del tumor no sometido a tratamiento).

Zonas presentes en la masa tumoral.-



Al producirse la irradiación con fotones o electrones, se aniquilan las células de la tercera zona, pero continúan viables las de la segunda y además habrán resistido a la irradiación. Si la dosis se suministra de manera única y rápida, estas células resistirían, y más tarde recibirán oxígeno (una vez que la zona 3 de la fig. 4 está destruida), siendo entonces responsables de que el tumor se reanive. Para eliminar con una sola dosis estas células resistentes, a base

neutrones o electrones, implicando al tejido sano, la dosis necesaria sería tan elevada que éste resultaría también destruido, o al menos se sobrepasarían las denominadas "dosis de tolerancia".

Para eliminar estas células habrían varios caminos:

- El primero de ellos, utilizando radiaciones formadas por partículas pesadas (protones, neutrones, partículas alfa) con alta densidad de impactos (alta LET) frente a las cuales las células hipóxicas no resultan resistentes.
- El segundo es tratar de aumentar la oxigenación de la región 2 durante el tratamiento.
- El tercero es el fraccionamiento y la protección de la dosis en los casos de irradiación con fotones o electrones. Esto ya hemos visto que es de todos modos necesario, sobre todo cuanto más tejido sano se vea afectado.

Hay cuatro factores que influyen en la evolución del tumor durante el tratamiento, a los que habitualmente se designa por las cuatro "erres": **reparación** del tejido, **reparación** de daños subletales, **redistribución o reorganización** de las fases del ciclo celular y **reoxigenación** de células normales hipóxicas que, según puede vislumbrarse de lo dicho, condicionan la estrategia de la administración de la dosis.

De entrada, y antes de decidir el tratamiento, las probabilidades de curación son fuertemente influidas por las características del tumor mismo y de la fase de avance en que se encuentre; clasificando dichas características mediante modelos, se puede llegar a un conocimiento de las posibilidades de supervivencia. La clasificación más completa es la denominada T.N.M. o de diagnóstico de extensión:

T = Extensión del tumor primario

N = Estado de los ganglios regionales

M = Existencia o ausencia de metástasis a distancia

Para cada uno de los tres parámetros se asignan varios grados o valores, que no es posible detallar aquí.

En ciertos tipos de neoplasias, el T.N.M. no tiene una fácil aplicación práctica, por lo que el diagnóstico de extensión viene clasificado simplemente en estadios del 0 al IV.

CAPITULO I

LA RADIACION

Radiación se define en su concepto más básico como una emisión de ondas que no necesitan materiales desde una fuente. Toda emisión de radiación incluye emisión y propagación de energía, que se desplaza a velocidad finita y es absorbida por los cuerpos que se halla hasta desaparecer.

Radiación electromagnética, primero conocida hasta el descubrimiento de la electrodinámica y fundamentada en las ecuaciones de Maxwell en el vacío, emite ondas electromagnéticas y comprende numerosos tipos como la luz, rayos X, rayos gamma, ultravioletas, etc. Aunque a menudo la radiación electromagnética parece tener las propiedades de ondas, en otras veces esta se comporta más parecida a un flujo de pequeños proyectiles cada uno moviéndose con velocidad c y cada uno llevando cierta cantidad de energía. Este paquete de energía es llamado un quantum o fotón. La cantidad de energía llevada por el fotón depende de la frecuencia de la radiación, y es dada por la ecuación $E = h\nu$, donde ν es la frecuencia de radiación y h es la constante de Planck ($6,63 \times 10^{-34}$ J.s).

Continuación se da una tabla de energías de fotones utilizadas en diagnóstico y terapia:

ENERGIA DEL FOTON	PROPIEDADES
20 keV a 124 KeV	Rayos X suaves. De poco valor en radiología debido a su limitado poder de penetración.
20 KeV a 124 KeV	Rayos X de diagnóstico y terapia superficial.
20 KeV a 12,4 MeV	Rayos X de terapia a profundidad y rayos gamma.
20 MeV	Radiación desde un pequeño betatrón o acelerador lineal.
20 MeV	Radiación desde un gran acelerador lineal.
20 GeV	Producido en la operación de grandes sincrotrones de proton o aceleradores lineales.

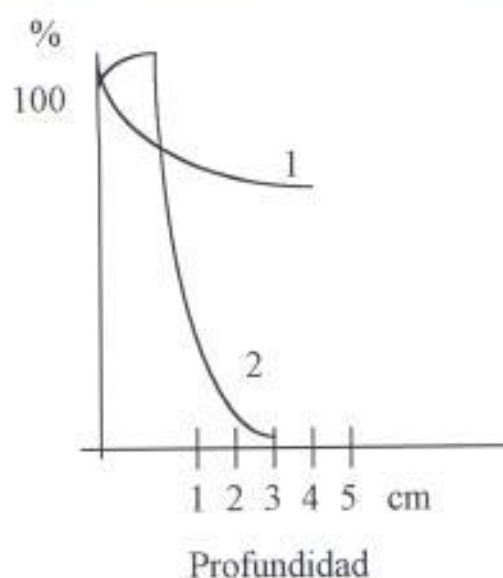
TIPOS DE RADIACIÓN Y SUS PROPIEDADES.

Tratamiento con Fotones.-

El inconveniente del tratamiento con un haz externo es que para alcanzar un tumor tiene que atravesar primero otros tejidos, a no ser que el tumor sea superficial. El tumor superficial admite diversos tratamientos: Rayos X de baja energía (poco penetrantes), radiación beta o gamma procedente de su

material radiactivo y electrones monocromáticos de un acelerador (monocromáticos: de igual energía todos ellos).

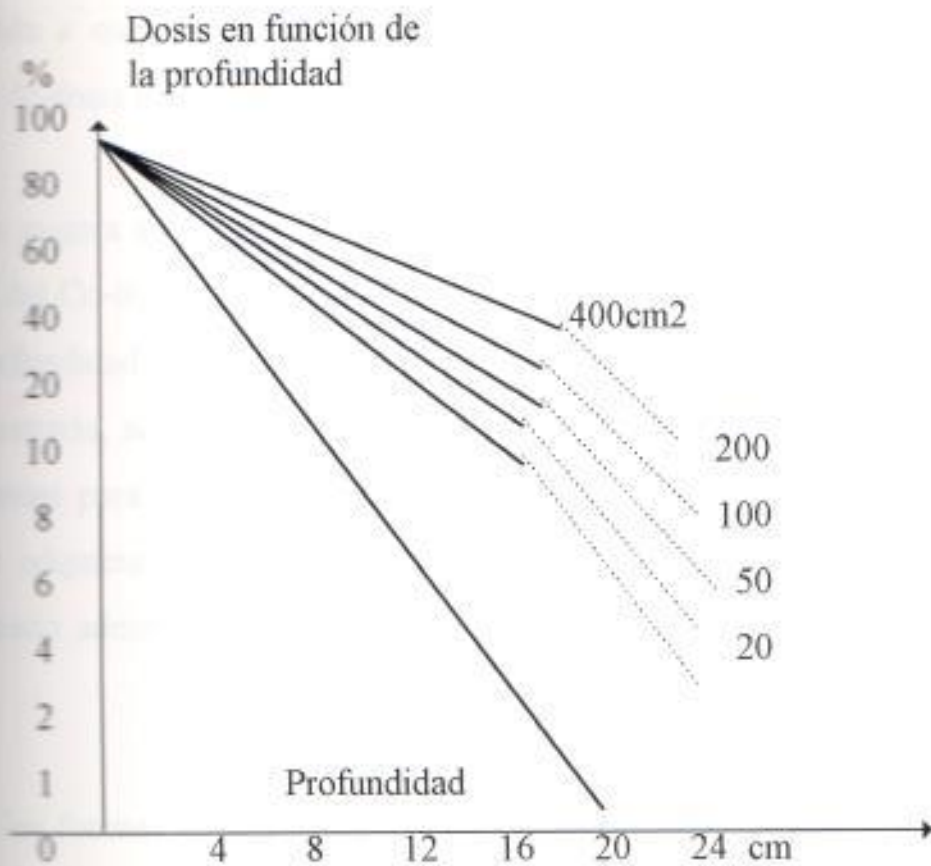
En la figura aparecen comparadas las curvas de dosis en función de la profundidad: Curva 1: Rayos X de 150 kV, filtro de 4mm de aluminio, y distancia foco-piel 30cm. Curva 2: electrones de 6MeV y distancia foco-piel de 55cm. Se observa que los tejidos detrás del tumor quedan menos expuestos en el tratamiento con electrones monocromáticos.



Si el volumen sobre el que planifica depositar una determinada dosis (**volumen blanco**) se encuentra a mayor profundidad, la única solución es radiación más penetrante. Antes de existir la terapia de alta energía, se empleaba exclusivamente radiación X con mayor potencial acelerador (por ejemplo, 300 kV), acompañado del empleo de un mayor filtrado para lograr que los fotones menos penetrantes no incidieran sobre el paciente.

Continuando adecuadamente kV y filtros y distancias foco-piel se conseguirían distintos repartos de la dosis en profundidad.

Un parámetro que influye en la distribución de la dosis en función de la profundidad es el tamaño de campo. Cuanto mayor sea éste, mayor número de fotones, vuelven a colacionar dentro del volumen irradiado y hacen que la curva de dosis en profundidad sea menos inclinada.

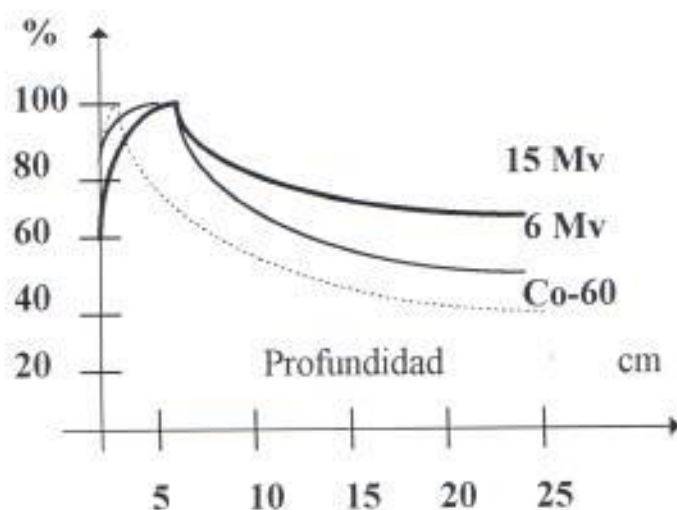


Resulta evidente que la máxima dosis la piel y las primeras capas de tejidos y no el tumor. El siguiente recurso consiste en tratar moviendo el haz en distintas direcciones (campos cruzados) : el tumor recibe el haz siempre dirigido hacia él, mientras que los demás tejidos sólo parcialmente, o bien desplazando el foco de radiación X alrededor del paciente y repartiendo así la dosis de entrada (terapia cinética, rotatoria o conular). Aún con todos estos métodos, la **Terapia Conveccional**, dada su limitada penetración y su baja relación entre la dosis profunda/dosis a la entrada, unida a que la máxima dosis está en la piel, no proporciona la distribución de dosis deseada ni siquiera con estos métodos.

La situación mejora sustancialmente con la aparición de las altas energías a partir de la del Co-60. Las mejoras se pueden resumir en dos: Una mayor dosis en profundidad en relación con la entrada, y que la dosis máxima no está en la entrada, sino algo más adentro. Vemos por la fig. 20, con las curvas cruzadas para distintas energías que, cuanto mayores son éstas, más resistencia adquiere el efecto de acumulación, el máximo de dosis se desliza hacia adentro y la relación de dosis profunda/dosis a la entrada, mejora.

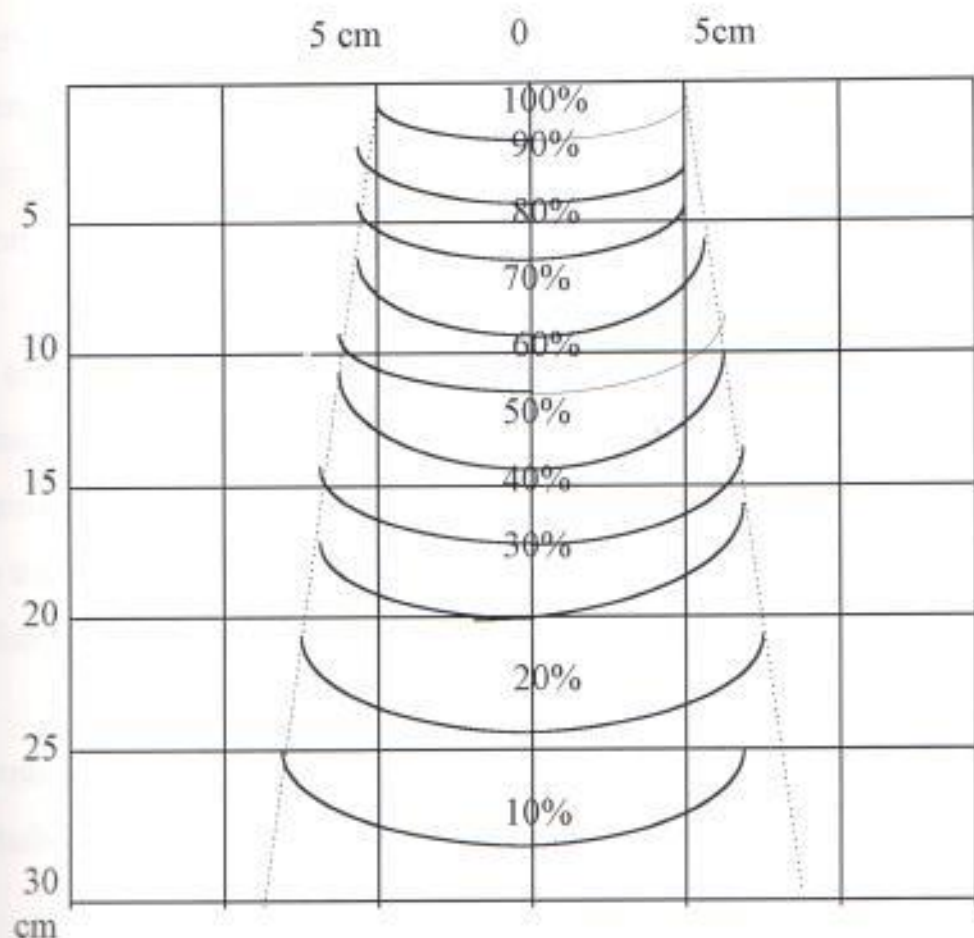
Finalmente, los fotones de alta energía, cuando producen dispersión, lo hacen predominantemente hacia adelante, con lo cual la dispersión lateral es menor. Las curvas de isodosis aparecen así más "recortadas lateralmente" (ver fig. 20).

Dosis valores relativos

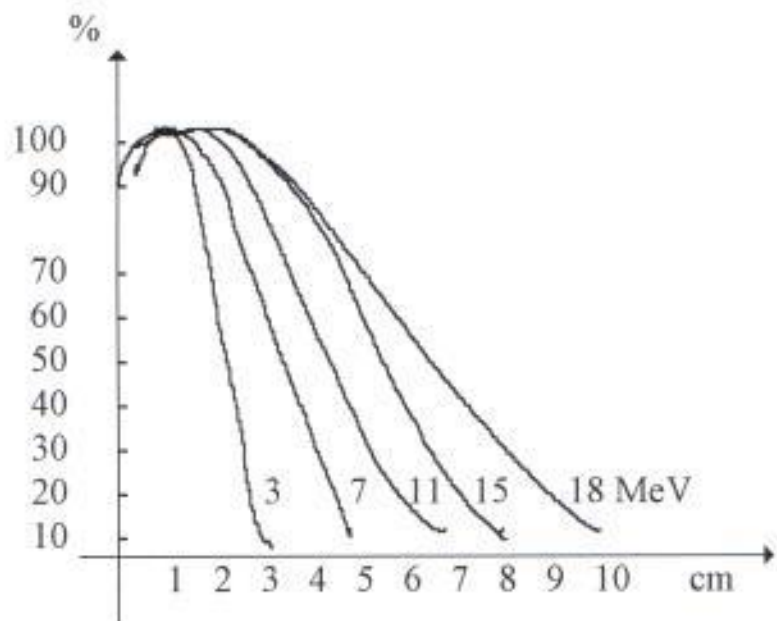


Tratamiento Con Electrones.-

Mediante los aceleradores es posible obtener haces de electrones prácticamente monocromáticos (es decir, de igual energía) y utilizarlos directamente con fines terapéutico. Lo que se lanza hacia el tumor no son fotones, sino los mismos electrones. Se obtienen con ellos distribuciones de dosis más concentradas en el volumen blanco, sobre todo si éste es superficial o semiprofundo, y no tiene tejidos muy heterogéneos por delante.



Valores relativos de dosis



Observando las curvas de la figura, se ve que también presentan un cierto punto más allá de la piel (según la energía) y que, a partir de una cierta profundidad, la dosis decrece más rápidamente, con lo cual la dosis es muy variable si la masa tumoral "cae dentro" de la curva.

Si la energía de los electrones es muy elevada, la caída de la curva es menos pronunciada, ya que son diferentes las profundidades a que llegan los diferentes electrones debido a sus trayectorias en zig-zag. Los componentes laterales de esas trayectorias hacen también que la caída lateral de las dosis sea peor que en los casos de alta energía.

Se explica a continuación de manera muy simplificada la distribución de dosis causada por un haz de electrones.

Si la energía es lo bastante elevada, se observa una región en que la dosis en profundidad crece hasta un valor máximo. Ello es debido a que los electrones son partículas cargadas ligeras que, tan pronto como sufren las primeras colisiones, presentan una trayectoria en zig-zag, con recorridos cada vez más oblicuos en conjunto lo cual ocasiona una mayor cesión de energía por unidad de longitud en profundidad.

Después del máximo se produce una caída de dosis más inclinada que en el caso de los fotones. Ello se debe a que el alcance en profundidad de cada electrón individual es diferente y la población electrónica del haz disminuye y también la energía que aporta. Su alcance de todos modos es

menor que las profundidades a que llegan los fotones antes de colacionar y arrancar electrones secundarios.

El alcance práctico se determina a "grosso modo", trazando una tangente por la parte más recta descendente hasta cortar al eje de abscisas.

Tratamiento con otros tipos de radiacion corpuscular.-

Las partículas cargadas más pesadas de muy alta energía (por ejemplo, protones de hasta 200 MeV, partículas alfa) no tienen las trayectorias en zig-zag como los electrones, debido a su mayor masa, por lo cual el alcance de todas ellas es prácticamente el mismo y la curva de dosis en profundidad cae más bruscamente que la de los electrones, con lo que los órganos situados detrás del tumor recibirían la dosis.

Por otra parte, al tener una elevada densidad de ionizaciones (LET), presentan la ventaja de aniquilar también las células hipóxicas, como ya se trató anteriormente.

De todos modos, como se indicó anteriormente, la irradiación con partículas se efectúa sólo a nivel experimental en algunos centros y no forma parte de la práctica clínica común.

EQUIPOS DE RADIACION DE ALTA ENERGIA

Existen máquinas de radiación que se basan en distintos principios para la generación de sus haces. A continuación se da unas breves ideas de cada una de ellas.

Betratones.-

El betatrón es un dispositivo para aceleración de electrones. Estos electrones pueden ser extraídos desde la máquina para producir un haz de electrones para terapia o puede ser dirigido en contra de un blanco dentro de la máquina para producir un haz de rayos X. Betatrones en el rango de energía desde 15MeV hasta 45MeV son usados en algunos centros. Los electrones se aceleran en una trayectoria en espiral dentro de la máquina y necesitan un direccionamiento especial a su salida.

La mayor limitación del betatrón es su baja razón de dosis, lo cual resulta de un ineficiente mecanismo de inyección de electrones. Para incrementar la producción (yield ?), razones de repetición más altas que la frecuencia de línea son usadas. Por ejemplo: en la máquina Allis-Chalmers la razón de repetición es 180 pulsos por segundo, es decir tres veces la frecuencia de línea (60Hz).

El Acelerador Lineal (LINAC).-

El acelerador lineal es una máquina de aceleración de electrones de una guía de ondas, las mismas que pueden contener ya sea una onda viajera o una onda estacionaria. La principal de los lineales sobre los betatrones surge de la manera eficiente en la cual la energía puede ser dada al electrón cuando este se mueve hacia abajo del eje de la guía de ondas. Así, Lineales de varios kilómetros de longitud han sido hechos, produciendo muy altas energías. Betatrone de energías mucho más grandes que 100MeV no son factibles, debido a su pérdida de energía. El único límite superior a la energía alcanzable en un LINAC está relacionado a su costo.

Los Lineales tienen otra importante ventaja sobre los betatrones y esta es relacionada a su producción. Muchos más electrones pueden ser inyectados y capturados hacia la guía de ondas dentro de un linac que lo que es posible en un betatrón, tal que razones de dosis 10 a 100 veces más grandes pueden ser alcanzadas. Además, debido a que el LINAC es un depósito Lineal, no hay dificultad en extraer los electrones desde la máquina como un haz útil y ningún dispositivo direccional especial es requerido.

Los LINACS médicos son disponibles en energías en el rango desde 4MeV hasta 35 MeV.

Máquinas de Isótopos.-

Hasta antes del uso de las fuentes de Cobalto 60, todas las máquinas de isótopos hacían uso del radium y fueron conocidas como unidades de telerradium. Estas contenían de 4 a 10g de radium.

Desde el advenimiento del cobalto 60, la producción de las fuentes de Cobalto 60 y unidades de cobalto ha sido expandida tal que la radioterapia es más utilizada en cobalto 60 que con otros tipos de radiación.

Las máquinas de Isótopos en su principio más sencillo consiste de un contenedor de acero llenado de plomo, cerca del centro del cual está localizada una fuente radioactiva, y un dispositivo para sacar esta fuente hacia una posición opuesta a una abertura en la cabeza tal que el haz útil de radiación pueda emerger.

Para facilitar el intercambio de fuentes desde una unidad a otra y desde una facilidad de producción de isótopo a otra, cápsulas de fuente estándar han sido desarrolladas.

Ciclotrón.-

Estas máquinas son usadas para producir haces de protones o neutrones para el uso clínico. Si los protones son los que serán acelerados, un campo magnético causará que las partículas se muevan en el arco de un círculo

interior, a velocidad constante, hasta que ellos emergen para formar el haz de radiación.

Los ciclotrones tienen dos usos potenciales mayores en un ambiente hospitalario. Un ciclotrón dedicado puede ser usado para materiales activos en procedimientos de diagnóstico. Muestras a ser activadas son localizadas dentro de la cámara de vacío donde ellas son bombardeadas por las partículas de alta energía.

PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS RADIOTERAPEUTICAS

Obtener un resultado óptimo de un tratamiento radioterapéutico consiste en lograr el siguiente objetivo: Lograr la máxima probabilidad de control y eliminación del tumor sin que se produzca **recidiva** (TCP= Tumor Control Probability), con la mínima probabilidad de generar **efectos secundarios** en tejido sano.

Se trata de proporcionar una dosis elevada al tumor, con el mínimo de dosis y del volumen de tejido sano irradiado, propiciandolos mecanismos biológicos de regeneración de tejido sano, mediante un reparto temporal adecuado de la dosis.

Para lograr este óptimo existen dos métodos esencialmente distintos en cuanto a procedimiento, que producen a su vez distintas distribuciones espaciales y temporales de la dosis: **la Braquiterapia y la Teleterapia.**

Braquiterapia (Curieterapia).-

Con ella se consigue en buena parte el primer objetivo: concretar la dosis en el tumor con escasa irradiación del tejido sano. Consiste en colocar una fuente radiactiva en contacto con el tumor o incluso varias fuentes introducidas en él. Este método se aprovecha del hecho de que la dosis en las proximidades de una fuente decrece muy rápidamente al alejarse de ella, esto es, la dosis se concreta mucho en sus proximidades.

Terapia De Contacto Y Plesioterapia.-

Antes de entrar a explicar la Teleterapia es preciso mencionar procedimientos de transición entre ésta y la Braquiterapia:

Terapia de Contacto con Rayos X es una modalidad en la que el foco y la piel se hallan a una distancia no superior a unos 5cm, mientras que en la Plesioterapia la fuente de radiación X o gamma se halla a una distancia comprendida entre unos 5 y 50cm, a partir de la cual (50cm) se denomina Teleterapia.

Teleterapia.-

Se ha visto que con al Braquiterapia se logran bastante bien los objetivos pretendidos de:

1. Concentrar la dosis en el volumen, con escasa irradiación de otras zonas (dosis integral reducida).
2. Repartir la dosis en el tiempo de manera adecuada para la recuperación y regeneración del tejido sano, sin necesidad de fraccionamiento de la dosis. De todos modos, según se ha dicho en el punto 1, al ser escaso el volumen de tejido sano irradiado, la necesidad de regeneración del mismo es menos crítico.

Sin embargo, no siempre la Braquiterapia es factible: hay tumores cuyo tamaño, "contorno", acceso y distribución espacial no son adecuados para este tratamiento por Braquiterapia y hay que recurrir a los haces de radiación externos, cuyas diferencias fundamentales son:

1. La distribución espacial de la energía es, en general, menos concentrada (salvo en irradiaciones superficiales). Esto es debido a que el haz de radiación que viene desde fuera ha de atravesar otras zonas delante y detrás del tumor.

2 El reparto temporal no se puede hacer con baja tasa de dosis, ya que el paciente tendría que estar durante varias horas o días inmóvil sometido al haz, pero si se puede fraccionar la dosis elevada (por ejemplo, entre 20 y 30 sesiones). Fraccionando así la dosis total en el tiempo, el tratamiento dura varias semanas y se favorece la mejor recuperación biológica del tejido sano, así como la oxigenación de células tumorales hipóxicas para hacerlas más sensibles y evitar recidivas. Todo este proceso tiene lugar entre cada dos sesiones.

La diferencia entre la Braquiterapia y al Teleterapia atañe no sólo a las características del tratamiento en sí, sino también al tipo de riesgo radiológico y, con él, al diseño de los equipos y de las salas de tratamiento y a las medidas de seguridad y protección.

Respecto al mencionado cuadro, es preciso puntualizar que:

Hay casos frontera (veáse la terapia superficial) que admiten ambas alternativas, con haces de radiación o con fuentes radiactivas en contacto o próximas.

A partir de la raya de separación dibujada en el apartado 2 del cuadro, comienza lo que se denomina terapia de **alta energía** que posee una diferencia decisiva en la distribución de la dosis respecto a la profundidad.

Los electrones de un acelerador son prácticamente monocromáticos (es decir, que todos los electrones tienen aproximadamente la misma energía), a

diferencia de los electrones procedentes de desintegraciones radiactivas (Sr-90/Y-90), lo que la distribución espacial de la dosis sea también diferente.

RESUMEN DE LOS RECURSOS TERAPEUTICOS

RADIOTERAPIA

(Resumen de recursos)

1. BRAQUITERAPIA (Curioterapia)

Superficial (Sr-90/U-90) máxima = 0,54 y 2,27 MeV

Endocavitaria (Ra-226 Cs-137 = 0,067 MeV)

Intersticial Ra-226 Ir-197, desde 0,205 hasta 0,613 MeV

Plesioterapia

2. TERAPIA CON HACES DE RADIACION

Superficial o de contacto con Rayos X 10-50 kV

Media Tensión Rayos X 50-150 kV

Ortotensión Rayos X 100 - 500 kV

Teleterapia con Cs-137 = 660 kV

Teleterapia con Co - 60 = 1,17 y 1,33 MeV

Aceleradores de electrones; Rayos X del orden de MV

Aceleradores de electrones; Electrones del orden de MeV

3. PARTICULAS DE MAYOR LET (Trasferencia Lineal de Energía)

(A nivel experimental)

Partículas alfa, protones, neutrones, mesones.

CAPITULO II

EQUIPOS DEL AREA DE RADIOTERAPIA

SIMULADOR KERMATH MODELO TSL - XY.-

A.- Descripción.-

Este modelo tiene ambas capacidades, tanto para radiografías como fluoroscopias. La planificación e implantación de la terapia de radiación se agilitan a través del uso de este simulador de tratamiento.

Durante la planificación, este simulador proveerá de diagnóstico de rayos X de alta calidad para la localización de tumores de una manera completamente de acuerdo con los movimientos mecánicos y compulsiones de la verdadera unidad terapéutica. Durante la simulación, el uso de los mecanismos precisos de alineamiento facilitará la colocación y recolocación del paciente.

Son absolutamente esenciales la precisión y exactitud en todos los movimientos mecánicos e indicadores. El más elaborado tratamiento es eficaz si la localización inicial del tumor no es precisa o si el montaje diario no es reproducible.

El sistema básico consiste de un brazo configurado en forma de "C" que sostiene en el un extremo el tubo de montaje de los rayos X para diagnóstico y en el otro el tubo de imagen/casetera. El brazo rota alrededor de la superficie de la mesa de posición libre-voladiza. El tubo de montaje de rayos X puede adaptarse a cualquier distancia de la fuente al eje entre 80 y 130 centímetros para adaptarse a la mayoría de las unidades de terapia.

Debido a que la casetera es una parte integral del Brazo-C, el cassette puede siempre alinearse con la línea recta de diagnóstico de rayos X. La casetera/tubo de imagen se acciona a motor hacia dentro y fuera a lo largo del eje central, con el fin de obtener la mejor posición para la radiografía del paciente.

Los indicadores sonoros y visuales advierten al operador cuando no existe la suficiente distancia entre la casetera y la mesa para continuar el movimiento. Todos los movimientos del brazo-C, incluyendo la rotación axial y el de la casetera se controlan por interruptores montados en un péndulo superior. Se puede seleccionar la velocidad rotacional del brazo-C en el péndulo de mano y también todos los controles de la mesa.

EL SIMULADOR MODELO TSL-XY tiene movimientos motorizados "X", "Y" y "Z" de la casetera/tubo de imagen y movimientos motorizados a control remoto "X", "Y" y "Z" de la superficie de la mesa.

Hay sensores de colisión montados en la casetera y fuente bloqueadora, los cuales pararán todo movimiento si se detecta una colisión.

El simulador Modelo TSL-XY es particularmente útil para Técnicas Mantle. El diseño de la superficie móvil junto con los indicadores de posición "X" y "Y" facilitan la colocación y recolocación de los pacientes bajo simulación. Se puede operar el freno electromecánico de la superficie móvil desde cualquier borde de la mesa. El diseño de la mesa voladiza maximiza el acceso al paciente y minimiza tanto las obstrucciones físicas como radiográficas. La superficie de la mesa de fibra de carbón del SIMULADOR KERMATH sostiene fácilmente a pacientes de hasta 300 libras con una desviación mínima en la posición del eje central. La equivalencia de aluminio de radiografía es de aproximadamente 1 mm en 100kVp.

Se coloca una fuente de montaje debajo del colimador de diagnóstico para facilitar la definición del campo de la terapia. La fuente está diseñada para sostener bloqueadores de campo de hasta 40 libras así como también proyectar una matriz de puntos a intervalos de dos centímetros en el eje de rotación y extendiéndose sobre los campos definidos radiográfica y ópticamente.

Se utiliza una escala óptica para visualizar la distancia de la fuente a la piel y puede también ser útil para definir el contorno del paciente.

Esta unidad tiene los siguientes movimientos motorizados:

- Rotación articulada del brazo en forma de C
- Movimiento SAD de adentro hacia afuera

Rotación del Colimador/Fuente

Movimiento de los alambres delineadores de campo (X & Y)

Movimientos X, Y & Z de la casetera/tubo II

Movimientos X, Y & Z de la mesa

Movimientos X & Y del obturador del colimador.

Adicionalmente, el TSL - XY es un sistema basado en un microprocesador con una pantalla para montarse en la pared y una consola de operadores a control remoto.

B.- Características.-

- La distancia variable de la fuente al eje adaptable entre 80 y 130 centímetros permite la simulación verdadera de la geometría de terapia. Hay detenciones de movimiento de 80cm. y 100 cm.
- Cuando el tubo de rayos X está en la elevación más alta se encuentra disponible una distancia de la fuente a la mesa en exceso de 175.5cm con la fuente en posición vertical y la mesa en la posición vertical y la mesa en la posición más baja para simular distancias de largo tratamiento (Técnicas Mantle), utilizando el Tubo de Imagen de 9 pulgadas.
- Están disponibles tubos de imagen de 9" o 12".

- Una casetera de salida abierta aceptará un cassette de red de 14" x 36" para técnicas Mantle en una sola película.
- La longitud de la fuente del simulador de sombras (distancia del origen-bandeja) estandarizado para duplicar la longitud de la bandeja bloqueadora de la unidad de tratamiento (distancia del origen a la bandeja) para proveer la duplicación del factor de amplificación.
- El sistema único de alineación del colimador incluye una matriz de marcas proyectadas ópticamente y registradas radiográficamente a incrementos de dos centímetros (en isocentro) a través de todo el campo de rayos x a fin de optimizar la velocidad y convivencia del procedimiento.
- Control independiente de alambres de alineación de campos "X" y "Y" para facilitar la elección de campos simétricos irregulares.
- El diseño del brazo-C con la casetera integral proveen flexibilidad de posiciones y facilidad de operación. Las proyecciones de radiografías deseadas se obtienen rápidamente.
- Todos los movimientos del brazo-C, incluyendo su rotación, adaptación de la altura del tubo de imagen/casetera son completamente motorizados y se operan desde un control suspendido en el cielo raso (el cliente debe proveer la base para el montaje del cielo raso). El péndulo también opera los otros movimientos de acuerdo con el indicador óptico de distancia de la piel y de la luz del colimador y luces de la habitación.

- La altura más baja de la mesa (80,8cm sobre el nivel del suelo) permite al paciente un fácil acceso a la camilla del simulador. La mesa voladiza permite la posición libre maximiza del acceso al paciente y minimiza las obstrucciones.
- La superficie de la mesa de fibra de carbón proveen de firmeza y rigidez con extremadamente alta radioluminiscencia.
- Superficie móvil de la mesa con un movimiento longitudinal de 94,0cm y \pm 20cm. de movimiento transversal permite una colocación del paciente rápida y precisa.
- Los alambres cruzados diagonalmente que definen el centro del campo son removibles de manera que no oscurezcan los injertos de "semilla".
- La mesa y el pórtico son montados en la superficie. (No se requieren orificios).
- Los movimientos X - Y del tubo de imagen/casetera, con control de palanca de accionamiento.
- Movimientos simultáneos para colocaciones rápidas en unidades del número serial 557 y posteriores.
- La pantallas de pared y la consola de operadores a control remoto.

THERAPLAN/ TP - 11 (THERATRONICS).

Descripción General del Sistema.-

Los sistemas TP-11 y THERAPLAN, consisten de módulos, hardware y software de computador, los que, colectivamente, forman paquetes completos para la producción de distribuciones de dosis, para varios tipos de planes de tratamiento de terapia de radiación.

El sistema suministra la entrada y la edición de archivos de datos esenciales que describen las características de máquinas de "tratamiento" y fuentes radioactivas, y la entrada y registro de datos específicos del paciente para uso en la producción de planes de tratamiento.

El sistema ofrece opciones a seleccionarse de un menú o pregunta y secuencia de respuestas.

El sistema ofrece dos grandes senderos: la planificación del paciente y las funciones de utilidad (una característica adicional de "Diagnóstico CT". Está disponible en los sistemas THERAPLAN con la opción del Procesador (array).

En muchos casos, el sistema usa funciones generadoras antes que datos almacenados para predecir qué sucederá en un régimen de tratamiento dado. Estas funciones están basadas en principios físicos sólidos, son publicadas y, permiten una libertad más considerable para predecir los resultados de condiciones de límites cambiadas que pueden almacenar algoritmos de datos.

El Sistema De Utilidad.-

Generalmente, los programas de utilidad pueden dividirse en tres tipos: aquellos que crean y/o editan la unidad de tratamiento y los archivos de datos de origen usados para planificación de los pacientes, aquellos que permiten la verificación de archivos de datos creados por el primer juego y, aquellos que realizan funciones basadas en computadoras tales como respaldo de discos.

EL SISTEMA DE DATOS DEL PACIENTE.-

Varios programas forman parte del sistema de datos del paciente. El TP-11 mantiene una lista de pacientes activos. Los pacientes están activos desde el momento en que son primeramente registrados con el sistema hasta que son retirados por el usuario. Cada paciente en el sistema puede tener hasta 99 diferentes perfiles de contorno, 256 planes individuales de rayo y 32 planes diferentes (cada uno de hasta 50 rayos).

Proceso De Planeacion.-

Consiste de los siguientes pasos:

1. Ingrese nombre del paciente
2. Seleccione el tipo de paciente, CT, NO - CT, o Pcte. NO - CONTORNO
3. Seleccione el diskette donde los datos del paciente están almacenados.
4. Para un paciente CT seleccione el "CT SLICE"
5. Seleccione la orientación del paciente
6. Ingrese los contornos del paciente (Seleccione uno de los contornos como eje central, si hay más de uno).
7. Escoja el tipo de plan
8. Ingrese los datos del plan
9. Seleccione la normalización y seleccione la curva isodósica.
10. Seleccione el gráfico.

Ingreso De Datos Del Paciente.-

Esta sección describe el proceso de ingreso de un paciente al sistema y la plantación del tratamiento.

SALA DE MOLDES

EQUIPOS DE FABRICACION DE MOLDES

HUESTIS STYRO-FORMER Serie No. SF - 1243 - x8 -458

Operación.-

Para la operación del equipo seguir las siguientes reglas:

1. Revisar marco de caja y alineamiento de luz de verificación.
2. Coloque el ensamble de soporte giratorio y el ensamble sujetador de bloque a las alturas de operación conectas.
El lado derecho de la columna es calibrado hacia la distancia en centímetros sobre la superficie de la mesa.
3. Ajustar la altura del marco de la caja.
Ajustar la altura del marco de la caja para que el alambre haya contacto únicamente con el bloque de espuma ya que el marco de la caja está girado.
4. Seleccionar la punta de trazo conecta utilizando el cuadro de abajo.

Fuente de la Película	Bloque a Película	Tamaño Punta Trazo
70 - 145 cm	5 - 55 cm	20 cm
90 - 165 cm	50 - 80 cm	40 cm
110 - 185 cm	70 - 100 cm	60 cm

5. Selecciona el tamaño de bloque de espuma.

Monte el bloque de espuma del tamaño correcto. Asegúrese de que el bloque de espuma esté presionado todo el tiempo hacia abajo sobre las clarijas, y el fondo del bloque descansa sobre los brazos sujetadores de bloque.

6. Establezca la temperatura de alambre correcta.

Coloque la temperatura del alambre a 50°.

Un alambre más cargado (caliente) permitirá un corte más rápido, sin embargo un alambre más cargado también cortará un camino más extenso, menos exacto en el bloque de espuma.

No gira el control de temperatura al máximo ya que esto puede causar que se rompa el alambre o que se estire demasiado.

7. Operación.

Poner cinta a los rayos X verificados hacia la superficie de la mesa.

Trace los rayos X de acuerdo al procedimiento de tratamiento, y retire el alambre cargado del bloque a lo largo de la misma línea que el alambre cargado ingresó.

8. Verificar exactitud de corte.

Verificar que la sombra esté centrada sobre la posición correcta de los rayos x , y que la forma del corte sea exacta mientras está encendida la luz de verificación.

THERATRON 780 - C (THERATRONICS)

Descripción General.-

Consiste de una fuente de Co 60, "Gantry" rotacional y cabezal, colimador ajustable, mesa de tratamiento, control manual y control de consola.

Todos los sistemas de movimiento son controlados manualmente en el cuarto de tratamiento.

La consola de control es localizada afuera del cuarto de tratamiento. Por medio de ella se ingresan los parámetros del tratamiento y tiene características de alarma y seguridad. Para activar la unidad dispone un encendido de llave.

El Theratron 780-C puede ser operado en los siguientes modos de tratamiento:

- * Terapia Fija
- * Terapia Rotacional

* Terapia de Salto

* Terapia de Arco

Características Principales.-

L- Cabezal.-

La cabeza del Theratron 780 consiste de un armazón de acero fundido cubierto con plomo y uranio. Provee una capacidad garantizada de 175 Rmm (ICRU)* la cual es equivalente a una unidad con salida de 200 Rmm.

* Medida de acuerdo a la comisión Internacional de Medidas de Radiación (ICRU) reporte No. 18 Rmm es una abreviación de Roentgens por minuto a un metro de la fuente.

La cubierta protectora es especificada de acuerdo a ICRP 15, el campo máximo no excede a 2mR/h, a un metro. La trasmisión a través de la cabeza con la fuente encendida no debe exceder el 0.1% del haz primario.

* El cabezal puede ser rotado $\pm 180^\circ$ del isocentro.

Un control de 2 velocidades que proporciona hasta 480°/min.

Posee un seguro automático que fija la cabeza en la posición de cero grados.

- Como mecanismo de la fuente el Theratron 780 utiliza una fuente giratoria manejada automáticamente que mueve la fuente a la posición de exposición.

El haz de radiación está definido por una estructura ajustable denominada colimador.

El cual se usa un definidor fijo de Tmysterio y cuatro hojas motorizadas que permiten campos rectangulares.

La distancia de la fuente al diafragma es de 45cm y puede ser aumentada a 55 cm con un conjunto opcional de ajuste.

El resultado afecta los tamaños de campo como se muestra:

Distancia Fuente-Diafragma

Tamaño de campo	45	55
Mínimo 80 cm	5.0	4.5
Tamaño de campo máximo 80cm.	35.0	34.0

Los lectores del tamaño del campo son digitablemente mostrados en centímetros.

El colimador puede ser rotado 180° desde su posición central a una velocidad variable hasta 480°/min.

- Un montaje giratoria de una lampara de cuarzo halógeno provee una indicación visual del tamaño del campo. La localización está dentro de

2.5mm del 50% de las curvas Isodósicas, mientras que el centrado está dentro de 1mm. Indicador de Distancia Optica (ODI) está montado en el colimador con un rayo de 55 a 100 cm SSD.

2- Gantry.-

Es usado para montar el cabezal y proporciona los movimientos giratorios a una velocidad de hasta 360°/min. La posición es indicado por una escala ubicado sobre el mismo y también en un display digital en el panel de control.

3- Marco Principal y "Housing".-

Provee un montaje estable para la unidad y su mesa.

Dentro del "Housing" están montados un motor para rotación a lo largo del eje principal con un compresor de aire un tanque de almacenamiento para la operación de la Fuente.

4- Mesa 23.-

Esta mesa es completamente motorizada y tiene las siguientes especificaciones:

1. Posee un desplazamiento vertical de 77 hasta 116 cm con un freno de emergencia normal.

El control de velocidad (alta y baja) tiene un máximo de 0.9 cm/seg.

2. La mesa posee una rotación isocéntrica de ± 110 grados de la posición central. Existe una escala en grados al pie de la mesa.
3. Posee un movimiento lateral de ± 20 cm con 2 velocidades, hasta de 8cm/seg.
4. Posee un movimiento longitudinal de 80cm con 2 velocidades, hasta de 8cm/seg.

5. Controles.-

A)Control local.-

Controles de Posicionamientos para el Gantry, cabeza y mesa de tratamiento se encuentran juntos en un control manual.

Proporciona un control de doble velocidad para todos los movimientos.

B)Panel de Control.-

Proporciona los siguientes controles:

- 1)Un encendido activado por llave
- 2)Un switch para resertear al sistema
- 3)un switch de emergencia para resertear el tratamiento.
- 4)Un switch para encendido-apagado de la lámpara
- 5)Lectura digital del indicador de posición del brazo
- 6)Control de Arco y Salto
- 7)Circuito de Breaker

8) Un medidor de tiempo de doble canal. Cada medidor de tiempo posee su sistema y su display, uno es digital y el otro mecánicamente digital.
El rango del medidor es de 20 minutos.

9) Modo de Selección de Tratamiento.

Posee 4 switch que determinan el tipo de tratamiento: Fijo, Rotacional, de Arco y de Salto.

10) El control del brazo permite el posicionamiento del Brazo fuera del cuarto de tratamiento para los tipos de tratamiento de arco y de salto.

11) Anunciadores de Seguridad.- Consiste de 8 lamparas indicadoras los que muestran la condición de los 8 seguros, los cuales si no son satisfechos el tratamiento es inadecuado:

I. Puerta

II. Seguro de Cabeza

III. Ausencia de Protección

IV. Seguro de Cuña (OPCIONAL)

V. Modo de Tratamiento

VI. Angulo de Tratamiento

VII. Presión de aire

VIII. Girador de Fuente

C) Control de Cabeza.-

Posee 2 paneles montados en la cabeza:

1.- Grupo de Control de Rotación.

I. Luces de Posicionamiento de Fuente

- II. Indicador de Ausencia de Protección
- III. Cuarto de luces de control
- IV. Control de Rotación del Control
- V. Control luminoso de localización del campo

2.- Grupo de Control del campo

- I. Control independiente de las hojas en los ejes X e y
- II. Un selector de SSD (45 o 55cm) en el colimador
- III. Control del indicador de distancia óptica (ODI)
- IV. Un display indicador del tamaño del campo.

Precisión.-

- 1) **Isocentricidad.-** Definida como un punto de intersección del eje central del colimador y del eje rotacional del brazo del cabezal.
- 2) **Rotación de la mesa.-** La mesa puede rotar dentro de un círculo de radio de 2.5 mm.

Seguridad y Dispositivos de Protección.-

La fuente puede permanecer apagado o retornar a su posición del apagado por las siguientes causas:

- Falla del sistema Eléctrico

- Seguro de la puerta abierto
- Si la presión del aire cae por debajo del valor establecido
- Por cualquier control de emergencia que sea activado
- Si la cabeza rota hacia posiciones con ausencia de protección.
- Modo de tratamiento No Seleccionado
- Dirección de Rotación es cambiado durante el tratamiento o no ha sido seleccionada.
- Cuña incorrecta.

CAPITULO III

CARCINOMA DE LA LARINGE

Anatomía.-

La laringe está dividida en 3 regiones anatómicas: glótica, supraglótica y subglótica. Los cánceres glóticos se originan desde las cuerdas vocales verdaderas. Los carcinomas supraglóticos se originan desde un área extendiéndose desde el ventrículo y el margen superior de las falsas cuerdas vocales, hasta el extremo y margen libre de la epiglotis. Los cánceres subglóticos se originan en un área mas grande que 5 mm. bajo las cuerdas vocales verdaderas y arriba del margen inferior del cartilago cricoide. Los cánceres transglóticos cruzan el ventrículo laringeal para involucrar las cuerdas vocales verdaderas y falsas.

El esqueleto, las membranas y los ligamentos de la laringe sirven como barrera al desarrollo de tumores y efectivamente los contienen dentro de dos discretos compartimientos anatómicos: los espacios paraglóticos y prepiglóticos.

Epidemiología.-

La asociación entre tabaco y el riesgo de cáncer de laringe es bien conocido y parece tener una relación lineal dosis-respuesta entre la cantidad fumada de tabaco y el riesgo. Con el cese de fumar, el riesgo de cáncer laríngeo decrece significativamente con el tiempo hasta que este se aproxime al riesgo para los no fumadores.

Ningún incremento en el riesgo ha sido notado por los no fumadores que son los bebedores fuertes, quien al beber bastante alcohol con el uso de tabaco significativamente incrementa el riesgo, especialmente para cáncer laríngeo supraglótico. El alcohol por tanto no es un carcinogénico, pero actúa conjuntamente con el tabaco para promover el desarrollo del cáncer laríngeo.

Historia Natural.-

Uno de los problemas centrales en el seguimiento del paciente cuya laringe ha sido irradiada a dosis curativas a la diferenciación del edema debido al tumor recurrente del edema debido a la radiación.

Existe una población de pacientes para los cuales la cirugía y la terapia de radiación controlado exitosamente el cáncer laríngeo y los nodos linfático

regionales por periodos significativos y aquellos que son afectados por cáncer secundario, metástasis a distancia y enfermedades medicas asociadas con la edad.

Patrones de expansión local.-

Los patrones de expansión local difieren para tumores glóticos, supraglóticos y subglóticos, debido a: 1.- La proximidad de cada tumor a músculos diferentes, ligamentos y partes diferentes del esqueleto laringeal, y 2.- La existencia de 4 compartimientos linfático submucosas.

Patrones de expansión linfática.-

Patrones de expansión linfática y localización de los nodos linfático en el cuello difieren para las diferentes regiones de la laringe. Cánceres supraglóticos y transglóticos se expanden a través de linfático diferentes (que llevan) que terminan en la carrera media y superior de los nodos linfático y cervicales, mientras que los cánceres subglóticos se expanden a través de canales linfáticos que penetran la membrana cricotiroides para involucrar traqueal y nodos cervicales laterales en el bajo cuello.

Trabajo de diagnóstico.-

Para seleccionar la apropiado tratamiento para un cáncer laríngeo es necesario describir precisamente 1.- La extensión mucosa del tumor primario, 2.- La modalidad de las cuerdas vocales. 3.- El tamaño y localización de los nodos linfático regionales y 4.- La presencia y ausencia de metástasis a distancia. La etapa de preparación es una mezcla de exámenes físicos, laringoscopia directa y biopsia y radiología de diagnóstico.

PROCEDIMIENTO DE DIAGNOSTICOS PARA CANCER LARINGEAL

General.-

Historia.

Examinación física laringoscopia indirecta, palpación de la base de la lengua, cartilago tiroide y cuello.

Pruebas especiales.-

Laringoscopia directa

Estudios radiográficos.-

Planes radiográficos de cuello y laringe.

Contraste laringográfico.

- Politomografía
- Xeroradiografía.
- Tomografía computarizado.
- Películas del pecho.

TECNICAS DE TERAPIA DE RADIACION

Radiación solo para cáncer glótico.-

La dirección del haz es usualmente lateral excepto para pacientes de cuellos cortos, gruesos o planos y requieren dirección del haz oblicua anterior para imitar al hombro. Los pacientes son tratados en la posición supino, con un rollo bajo los hombros para hiperextender el cuello y exponer la laringe.

Dosis y Fraccionamiento.-

La laringe solo es irradiada a dosis entre 6.000 cGy y 7.000 cGy en 6 y 7 semanas dependiendo del tamaño de la lesión (6.000 cGy - 6.500 cGy para tumores T1 y 7.000 cGy para lesiones T2). Si dosis sobre 7.000 cGy son administradas, para decrementar la probabilidad de edema artenoide, el margen superior del cuadro debería ser reducido (1 cm.) en este nivel de dosis (si clínicamente es factible).

La distribución de dosis es una función de la calidad del haz, dirección del haz y la superficie del contorno del cuello del paciente.

Irradiación Solo Para Cáncer Supraglotico.-

Posición del tratamiento.-

Como con los cánceres glóticos, los pacientes son tratados en la posición supino con inmovilización de bloque y cuñas o filtros compensadores son usados para alcanzar una distribución de dosis homogénea. Un empuje de haz de electrones de 2.000 cGy en dos semanas es recomendado para algunos nodos palpable fuera del volumen de alta dosis para el tumor primario.

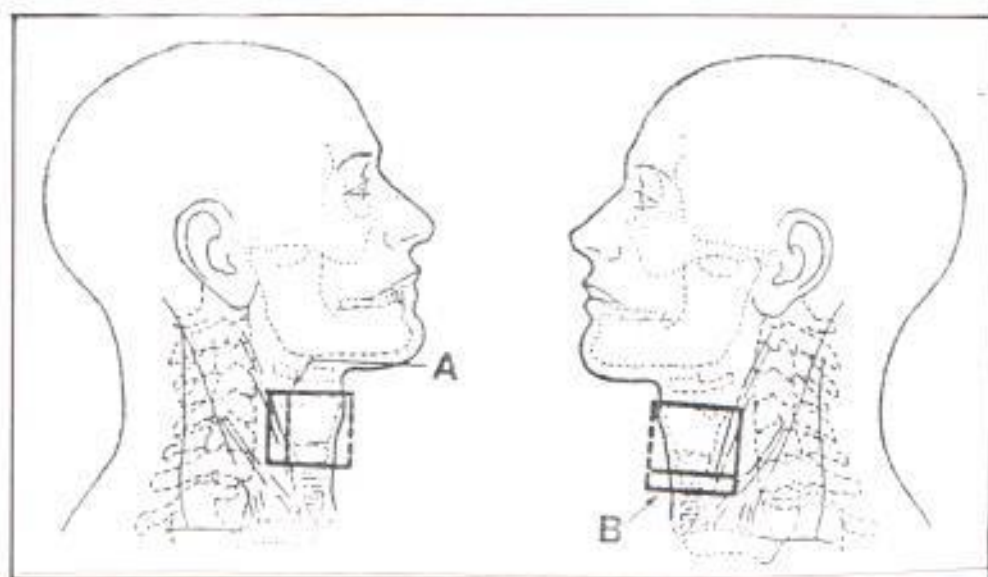
Volumen y Dosis.-

Para un paciente con cáncer supraglotico el cuello tanto como la laringe es irradiado debido a que la incidencia del metástasis linfática es significativa. Una serie de campos disminuido es usado con un gran campo que abarca el cuello superior entero y laringe; y después de 4.000 a 4.500 cGy en 4 a 4 y media semanas, la columna vertebral es protegida y la laringe y las 2/3 partes mas superiores del cuello son radiadas por 5.000 hasta 6.000cGy en 5 a 6 semanas; luego la laringe sola es irradiada hasta la dosis prescrita de 6.500 cGy a 7.000 cGy dentro de 6 1/2 a 7 semanas alcanzadas.

Irradiación Preoperativa o Post-Operativa Para Cánceres Grandes Transglóticos o Supraglóticos.-

Grandes tumores transglóticos y supraglóticos frecuentemente son irradiados, preoperatoriamente o postoperatoriamente, debido a que la incidencia de metástasis linfático es significativa ambos lados del cuello como la laringe son irradiados. Los campos son extendidos desde el margen superior de la mandíbula y extremos mastoide hasta las clavícula y encierra los triángulos cervicales anterior y posterior también como la laringe.

Dosis preoperativa de 4.000 cGy hasta 4.500 cGy en 4 a 4 y media semanas son recomendadas. En irradiación postoperativa es recomendable usar una técnica de tres campos con dos campos laterales superiores y un único campo AP del cuello bajo. Dosis postoperativa de 5.000 cGy a 6.000 cGy de 5 a 6 semanas son bilaterales, dependiendo de la etapa del tumor primario y nodos cervicales linfáticos.



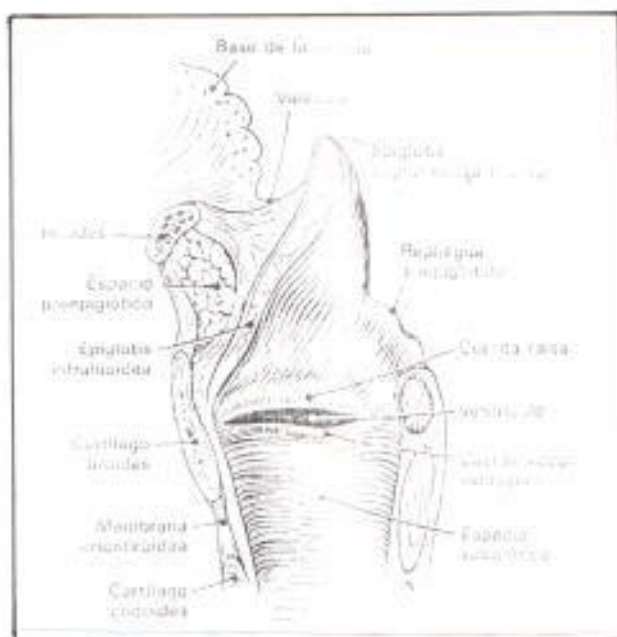
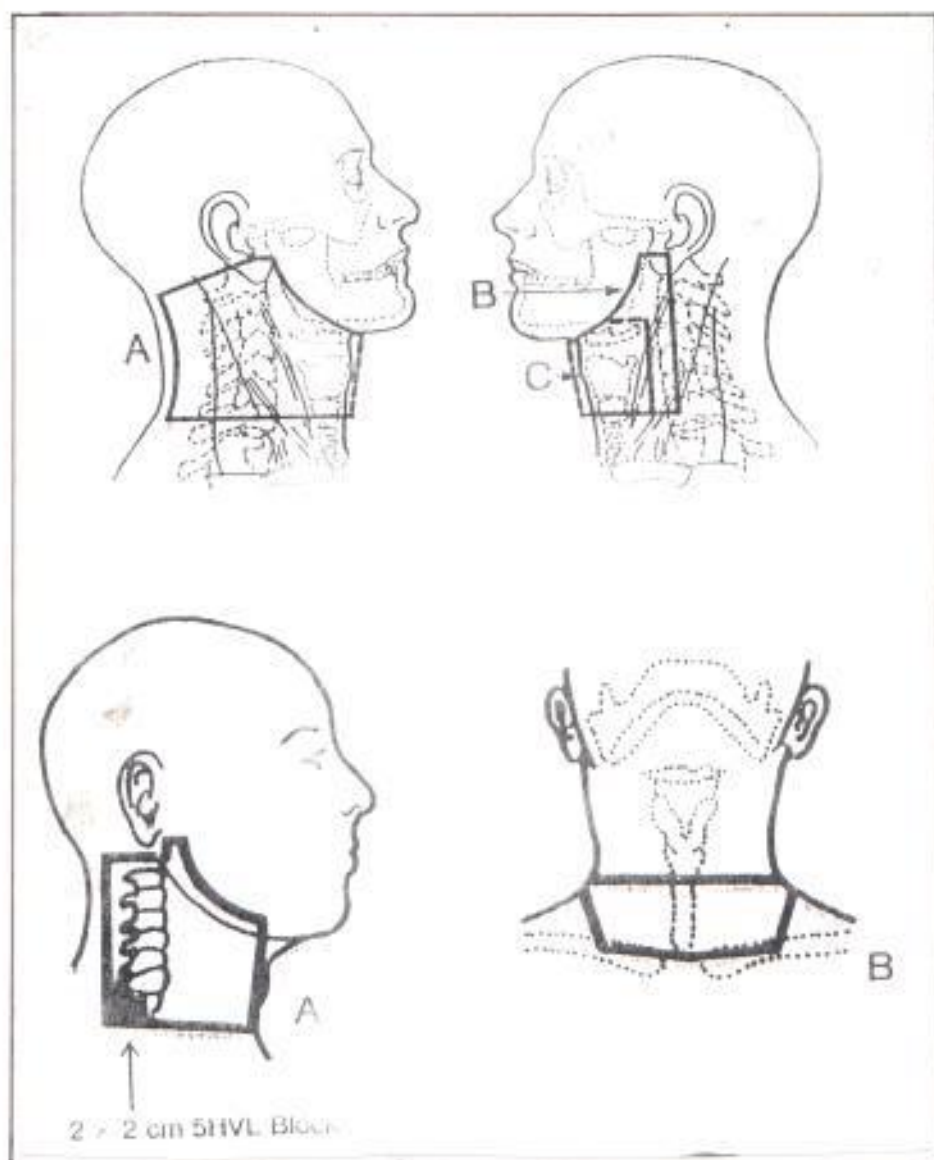


Diagrama de presentación de campos grandes iniciales usados para el tratamiento de paciente con carcinoma de la laringe supraglotica (A). Después de 4.500 cGy la columna vertebral es excluida del volumen irradiado. (B). Después de que la dosis total de 6.000 cGy es liberada al cuello superior anterior y laringe, un campo reducido puede ser usado para suministrar dosis adicional a pacientes tratados con solo radiación (C).

(B, C, D) ejemplos de campos usados para la irradiación del cuello inferior en pacientes con carcinomas supraglóticos



CAPITULO IV

PROCESO DE TRATAMIENTO EN UN PACIENTE CON CANCER DE LARINGE

RADIOTERAPIA, PLANIFICACION Y SEGUIMIENTO DE TRATAMIENTO.

Para que un tratamiento radioterapéutico este optimizado, desde su fase de planificación hasta la terminación del mismo son necesarias las siguientes etapas:

1.- Localización exacta del tumor (figura 28) situación y extensión topográfica en el interior del paciente y sus distancias respecto a órganos críticos, así como la heterogeneidad de los tejidos que pueden ser alcanzados por el haz. En esta fase se obtienen también una sección transversal del paciente, que se efectúa con un trazador de contornos pero hoy día mas exactamente con Tomografía Digital (TAC).

En esta fase de localización se efectúan exploraciones como Radiografías, con o sin radioscopia previa, con posible utilización de sustancia de contraste, tomografía digital, medicina nuclear, ultrasonido y en algunos Centros, la resonancia del sin nuclear, (RMN), estudios histológicos, endoscópicos, etc.

También en esta fase se establece la clarificación TMN o del estadio del tumor , se determina el "volumen blanco"(que según la definición CEI, comprende la región del paciente en la que se suministra un valor de dosis que se prescribe previamente). El volumen blanco no coincide exactamente con la extensión del tumor , ya que aquel se incluye además una zona de seguridad y se tienen en cuenta otros factores como zonas de posibles entradas al sistema linfático y las características del equipo posible .

2.- Determinación de la dosis al tumor y de la dosis que no sobrepasarse en órganos críticos.

3.- Calculo de la distribución de dosis que mas se ajuste a los objetivos de optimización en esta fase, que en general, se efectúa adecuadamente mediante computador digital, se estudia diversos tratamientos (combinación de tamaños de campos, de direcciones de las, necesidades de filtro en forma de cuña) hasta elegir el tratamiento cuya distribución de dosis mas se aproximen a la deseada. (ver anexos)

4.- Confirmación de campos incluidos los campos irregulares (blindaje de órganos críticos, en determinados casos con moldes hechos, exprofeso, para cada tratamiento, rellenandolos después con perdigones de plomo o con alineaciones de bajo punto de fusión).

5.- Además, es necesario simular el tratamiento es decir con las direcciones de entradas decididas, reproducirlas en la realidad en un simulador, (equipos de rayos X cuya características geométrica son idénticas al equipo de

radioterapia) y, una vez situado el haz en su geometría vez situado el haz en su geometría radiológica, con ayuda del visor luminosos se procede a marcar el campo de entrada y de las referencias anatómica sobre la piel del paciente.

6.- Antes de comenzar el tratamiento debe existir una conversación exhaustiva entre el medico, el fisico y el ATS o el técnico que va a llevar a cabo el posicionario diario del paciente. La explicación debería hacerse a la vista de las imágenes y resultados de las exploraciones, y deben incluir las decisiones tomadas sobre dosis total, fraccionamiento, dosis por sesión, numero de campos y posible combinación de técnicas.

Dado que un meticuloso posicionado tiene una repercusión decisiva en el éxito global, ha de ponerse énfasis en esta fase. Téngase en cuenta que variaciones de dosis de un 5% hablando "grosso modo", puede modificar las probabilidades de curación (TCP). en un 30%, lo mismo sucede con la distribución espacial. El margen de errores admisibles es por tanto muy estrecho y es importante que el responsable, posicionado durante mas de 20 sesiones sea totalmente consciente de las consecuencias y de la repercusión de su trabajo.

7.- Posicionado del paciente en el equipo de tratamiento, en la misma posición y con la misma geometría haz que la etapa 4.

Control de la evolución del tumor, posibles cambios de estrategia en el tratamiento según la evolución reconsideración de todo lo anterior, si es necesario, para mantener el criterio de optimización del tratamiento hasta el final.

SIMULACION

La simulación se encuentra dividida en los siguientes puntos principales.

- Posicionamiento del paciente sobre la mesa.
- Fijación de los campos a aplicar
- Demarcación de protecciones
- Observación por medio de Fluroscopia y toma de radiografías.
- Tatuado del paciente.
- Toma de contorno.

Posicionamiento del paciente sobre la mesa.-

El paciente fue colocado sobre la mesa boca arriba con sus piernas firmes estiradas y juntas; su cabeza se acento en un socalo No. 3 para mantenerla fija su cuello erguido, se le introduce una cuña de plumafón para reparar el paladar de la lengua; ademas para asegurarse de que el paciente este en una posición exacta durante el tiempo de la simulación, se mide la distancia horquilla-menton DHM. (Ver anexos)

Cuando la mesa esta con desplazamiento lateral cero, el cuerpo del paciente es alineado con el laser longitudinal y se la acomoda tal que el laser pase por la mitad de sus piernas, el centro de la horquilla en la mitad del mentón y nariz: los datos de posicionamiento son:

- Paciente en olicubito dorsal (boca arriba)
- DHM (distancia horquilla mentón) de 12 cms
- Zocalo No.3
- Cuña dentro de la boca (chupa)

Fijación de los Campos para cubrir la zona afectada.-

La posición de los rayos y volumen de los bancos que irradia es previamente ilustrado por el medico en la cartilla del paciente adicionalmente, los tecnólogos médicos que operan el simulador cuenta con la tomografía para determinar exactamente la localización interna del tumor, pero lo fundamental es que el radioterapeuta que diagnostica al paciente debe estar presente en la simulación para verificar la aplicacion efectiva de los campos.

Para lograr aquello, existen algunas posibilidades como:

- varían el tamaño y forma de los campos con los colimadores.
- rotar el colimador..
- rotar la cabeza de la maquina.
- mover la camilla.

En muertos caso el medico deseaba trata el cáncer de laringe con la técnica 55D pos-laterales, paralelos y puertos los os 23 reciprocos del cuello y la cadena ganglionar (Fase reproclavicular) con un campo anterior.

Para el campo anterior, el gantry se colocó en 0° y para los campos izquierdo y derecho en 90° y 270° respectivamente, en ningún campo fue necesario angular la cabeza o el colimador. El tamaño y punto de centrado de cada campo se ubicó según indicadores del médico para verificación posterior con folicular.

Demarcación de protecciones.-

Esta tarea se realiza colocando alambres flexibles de plomo a los cuales se les puede dar cualquier forma sobre la parrilla que se encuentra en la cabeza de la máquina. Estos alambres proyectan sombra sobre la piel del paciente cuando se enciende el foco de la máquina que está centrado proyectando luz en la misma dirección de la radiación. De este modo se puede acomodar los alambres para cubrir la zona que se desea proteger dividida en películas radiográficas (rayas blancas).

Nuestro paciente requería protecciones auriculares para los campos laterales lo cual era apropiadamente un círculo cubriendo la zona del oído. El campo anterior necesitaba protección para las clavículas, por tanto las protecciones tomaron formas triangulares, todos estos detalles se pueden observar en las ilustraciones del médico o en la forma de los campos obtenidos de las placas radiográficas.

Observación por medio de Fluoroscopia y toma de radiografías.-

La fluoroscopia permite observar en un monitor las partes internas del paciente conjuntamente con las limitaciones de los rayos y protecciones. Aquí el medico verifica entre otras cosas, los puntos que anotan enseguida.

- Punto de centraje correcto.
- Cobertura de centraje correcto.
- Forma y posición precisa de las protecciones.

Cambiar en el punto de centraje y tamaño del campo son realizado simultáneamente con la fluoroscopia en el cuarto de control del simulador de acuerdo a las indicaciones del medico; para variar la forma y posición de las protecciones se apaga la fluoroscopia y se le da otra configuración a los alambres de plomo sobre la parrilla.

Cuando el medico se encuentra plenamente satisfecho del proceso descrito procede a la toma de radiografías para constancia y confirmación del trabajo realizado; una radiografía para cada campo.

Hablando del paciente que hacemos el seguimiento que se le tome una radiografía lateral puesto que los campos eran paralelo y puertos, y otra radiografía anterior, cuyos datos anotados de los displays del simulador son:

Película lateral derecha**Película Anterior**

DFP = 80 cm.

80 cm

DFI = 116 cm.

108 cm

Espesor = 21.5 cm.

 \angle Gontry = 270o

0o

 \angle Colimador = 0o

0o

 \angle Mesa = ?**III**

Campo # = I

23 cm.

X = 11 cm

6 cm.

Y = 12 cm

3

Zocalo No. = 3

12 cm

DFP Directorio frente piel

DFI Directorio frente imagen

- Los puntos de centraje para cada campo hacia abajo del pabellón de la oreja y 2.5 cm. hacia adelante.

- Punto de centraje anterior en la horquilla external.

Tatuado del Paciente.-

El tatuado del paciente se realiza con tinta china y una aguja y se señalan los siguientes puntos:

- Punto de tatuaje del campo.
- Punto esquineros del campo.

Toma de contornos.-

El contorno principal es el que pasa por los puertos de centraje de los rayos a aplicarse. a nuestro paciente se le tomara dos contornos: el principal y el otro con un offset de -3.8 cm. relativo al principal.

Los contornos se trazan tomando las coordenadas del paciente escogiendo como eje de coordenadas el punto donde se intersectan los rayos.

Coordenadas Verticales.- Se toman moviendo la mesa hacia arriba o hacia abajo hasta que el laser lateral roce el punto centraje del rayo anterior para el primer movimiento y que roce la mesa en el segundo movimiento, las lecturas se toman del display del simulador.

Coordenadas Laterales.- Se obtiene desplazando la mesa hacia la izquierda y hacia la derecha, hasta que el laser longitudinal, roce la piel del paciente en el punto de centrado de los rayos laterales.

Coordenadas longitudinales.- Se miden estas coordenadas solamente cuando se va a trazar contornos paralelos o desplazados (con offset) del contorno central. En esta ocasión se utiliza de nuevo el laser lateral con movimientos longitudinales de la mesa.

Todas las coordenadas apuntadas son señaladas con un marcador en la piel del paciente, y son medidos y ubicados sobre el papel según el eje de referencia explicado. Enseguida. En seguida un alambre flexible y moldeable se ajusta, en muchos caso al cuello del paciente y se lo hace pasar por todos los puntos coordinados marcados, los cuales, también se señalan en el alambre. Se retira el alambre y se lo coloca sobre el papel, tal que los puntos coordinados medidos coincidirán con los puntos señalados en el alambre, entonces se traza el contorno en el papel, según la figura tomada por el alambre. Todos estos detalles se ilustran en los siguientes gráficos de los contornos tomados para el paciente que se hizo el seguimiento.

PLANEACIÓN DEL TRATAMIENTO

Con las placas radiográficas y los contornos obtenidos en la etapa de simulación comienza la planeación del tratamiento utilizando el sistema *theraplano*. Este enfoque se caracteriza por el cálculo de las curvas isodosis y el tiempo de aplicación de cada campo de radiación; para realizar este computo se requiere que la cartilla (hoja de tratamiento) y sobre del paciente contengan la siguiente información:

- Volumen blanco(s)
- Dosis total con la cual se va a tratar el volumen blanco.
- Dosis aplicada al paciente por cada sección de tratamiento.
- Descripción de cada campo de radiación, localización anatómicas, posición y fraccionamiento.
- Esquemas y fotos de los campos trazados por el método, donde se explica la ubicación de los rayos, tamaño de campo, ubicación del tumor, volumen del tumor, tejidos efectuados, zonas protegidas, entre otras.
- Observaciones y controles durante el tratamiento.

Todos los datos apuntados se encuentran en forma detallada en la hoja de tratamiento del paciente que se hizo el seguimiento, la cual se adjunta al final del tratamiento con la maquina Co. Pag.

El sobre del paciente contiene:

- Las placas radiográficas del paciente tomadas en simulación.
- Contornos del paciente de la zona de localización del tumor.
- Tomografía Axial computarizada de la parte afectada del paciente.

Cuando el paciente cuenta con una tomografía Axial computarizada no es necesario que se le extraigan contornos, aunque algunas veces se trabaja con ambas cosas.

Tomografía Axial Computarizada (TAC).-

En primera instancia la TAC sirve para determinar si el paciente fue desarrollado o no tumores cancerígenos. En caso positivo se define la ubicación del tumor y se delimita su volumen en el interior del cuerpo de la persona afectada.

El Sr. Pacheco contaba con una TAC de todo su cuello donde se notaba claramente la presencia del tumor y la diseminación de las células cancerígenas hacia los ganglios y base de la lengua, parte que también se necesitaba irradiar; kuegi de la TAC se saco el contorno principal o sea centrado en el eje de los campos y también se obtuvo los contornos de partes internas que era necesario considerar en la planeacion como: tumor, ganglios afectados, espina dorsal y medula, esto se ilustra en los contornos trazados en el plater por el sistema teraplan.

El contorno central fue introducido al computador por medio de la mesa digitizadora desde la TAC especificado la escala de la TAC y aceptandola a la escala del computador.

Un modo directo, automático y de mayor presición de entrar los contornos de los pacientes al computador es por medio del equipo lector de las cintas de las tomografías (KENNEDY 9G10), el cual al momento se encuentra averiguada. Cuando de emplea este equipo, todo lo que se debe hacer es poner las cintas de la tomografía del paciente y lo que se debe hacer es poner la cinta de la tomografía del paciente y el KENNEDY 9610 se encarga de

transmitir estos datos al procesador central, con lo cual se obtienen los contornos del paciente con mayor precisión y con mayor número, esto da como resultado cálculos más precisos debido a que el computador puede reproducir una forma más real del paciente al contar con una gran cantidad de cortes en la zona afectada.

Utilización de los contornos.-

Cuando no se cuenta con una TAC, los contornos necesarios deben ser trazados en la etapa de simulación. Cuando el campo se aplica sobre el volumen más o menos regular del cuerpo, solamente se utiliza un contorno central; para volúmenes irregulares, por lo menos se necesita 3 contornos lo cual permite al computador realizar cálculos precisos.

Un segundo contorno fue tomado al paciente con un offset de -3.8 con el cual fue explicado en la etapa de simulación. Este corte está a la altura del maxilar inferior interiormente muestra: la base de la lengua, el hueso maxilar inferior, la médula y la espina dorsal. Para entrar de contorno al computador empleando al digitalizador, el eje de la mesa digitalizadora debe estar perfectamente alineado con el eje del contorno y con la orientación como si la cabeza del paciente entra a la mesa. El contorno tiene las dimensiones reales del paciente, luego la escala escogida fue $1 = 1$.

Placas Radiográficas.-

Los datos principales de las películas que deban ser registrado son:

- Nombre del paciente
- Fecha en que se tomo la película
- Historia Clínica del Paciente.
- Distancia frente a Película DFp
- distancia frente a Eje,
- # de campo
- Dimensión del campo.
- Espera del cuerpo del paciente en la zona a tratar.
- Angulación del Gamby.
- Angulacion del colimador
- Angulacion de la mesa
- Distancia frente película.

Prácticamente las películas contienen dos tipos de información importante que la planeacion.

1.- Las películas tiene definido la forma de los campos los niveles pueden ser irregulares si se emplean prácticamente para órganos sensibles a la radiación. Se puede verificar en las placas radiográficas si las protecciones están debidamente colocadas para cumplir su cometido o si hay que considerar un reposicionamiento e la protección. Todas estas observaciones se deben realizar antes de que se fabriquen los muebles según el campo especificado en las películas.

Igual que los contornos, la forma de los campos también se lo suministra al computador por medio de la mesa digitalizadora, teniendo siempre cuidado

de que la salida que la salida sea ubicada tal que el eje del campo indicado con el eje de la mesa digitalizadora.

& = Las películas anterior y posterior comportamiento con los literales sirven para recordar los órganos internos del cuerpo que se encuentran dentro de la zona cubierta por el campo, ya sea con fines de protección o para determinar la dosis exacta, médula, etc, según la zona a tratar.

Cabe señalar que el paciente se lo irradiaba X 2 blancos separadamente los rayos laterales cubrían los 2/3 partes superiores del cuello, para describir la forma de estos campos), se toma la película derecha, la cual se utiliza para introducir al computador a continuación

La segunda correspondía a 1/3 inferior al cuello y muestra el campo. La segunda película incorporada al 1/3 infección del cuello muestra el campo con las protecciones aplicadas a las clavículas, esto se ilustra en la siguiente figura.

FASE FINAL DE LA PLANEACION CON EL SISTEMA THERAPLAN

Una vez que se ha introducido los contornos y la forma y ubicación de los campos, es posible comenzara a interactuar con los datos de los rayos para obtener la distribución isodosis apropiada para la eliminación de los tumores malignos . Los parámetros se pueden variar para obtener diferentes distribuciones isodosis son:

- Añadir cuñas de diferentes ángulos a cualquiera de los campos.
- Variar las peras de cada uno de los rayos para que la contribución de cada uno de ellos sea diferente.

Usualmente las cuñas se emplean para compensar el tejido cuando la superficie es curvada, con esto se logra mantener las curvas isodosis planos perpendiculares al eje central del rayo en el interior del paciente, siempre y cuando la orientación que tengan las cuñas implique que el mayor espesor de la cuña corresponda a la zona de menor tejido (mermar espesor del paciente) de la zona tratada. En nuestro caso no fue necesario utilizar cuñas para lograr la distribución de claves adecuada.

Normalmente las peros que se asignan a cada rayo son iguales ; fijar peros diferentes a cada rayo implicas que cada campo contribuirá con dosis proporcionales a un pero con el objeto de completar la dosis prescrita por el radioterapeuta, a mayor pero, mayor contribución del campo a la dosis total.

Será el caso de dos campos paralelos y opuestos anterior y posterior, donde el campo anterior tiene mayor pero que el posterior, da como resultado un desplazamiento de las curvas isodosis hacia la parte posterior del paciente como indica en la figura.

En la planeación de nuestro paciente la distribución isodosis apropiada, se obtuvo sin utilizar cuñas en ninguno de los rayos a aplicarse, también los peros para cada rayo lateral fueron idénticos, iguales a 1.

Una distribución isodosis determinada la zona del blanco especificando por el médico y proteger los órganos críticos, sino también, obtener un gradiente de dosis pequeño, con lo cual uno asegura primeramente que la zona interior del paciente cubierta por una curva isodosis percibida en los puntos de esa curva isodosis. Similarmente, para las zonas exteriores a la curva isodosis escogida para el tratamiento, con un gradiente pequeño se asegura una rápida caída de la dosis a distancias pequeñas (1 cm) de esa curva isodosis, en síntesis un gradiente pequeño equivale a tener curvas isodosis bien apegadas.

Cuando después de varios ensayos se ha logrado la distribución isodosis que más se ajusta al propósito del tratamiento, se llama al médico para que apruebe la planeación y escoja la curva isodosis con la cual se va a realizar los cálculos del tiempo de tratamiento. El Dr. Nuñez, radioterapeuta del Sr.

Pacheco seleccionó la curva del 31% para irradiar el tumor de cáncer de laringe.

CALCULO DEL TIEMPO DE TRATAMIENTO POR SECCION.

El programa TIHICAL del sistema Theraplan ejecuta el cálculo del tiempo de tratamiento por sesión para cada rayo, solicitándose para tal efecto el conocimiento por parte del operador de los siguientes datos adicionales a los ya procesados y enfocados anteriormente:

- Dosis absorbida por el blanco (especificada por el médico)
- Número de fracciones las que se va a decidir el tratamiento.
- Curva Isodosis seleccionada para el tratamiento por el médico.
- Factor de cuña (En caso de ser curado de lo contrario el factor es igual a 1)
- Factor de Parrilla. (si se aplica protecciones al paciente)

Complementariamente el programa TIMCAL recupera de su base de datos la información obtenida por mediciones directas con la máquina de tratamiento (Máquina de Co Theratronics en el caso de SOLCA) realizadas por el oficial de Seguridad Radiológica encargado de la calibración y mantenimiento de la máquina, entre otros los principales datos son:

- Razón de Dosis de Calibración
- Factores de salida relativa para diferentes tamaños de campo. (Factor de abertura del Colimador).
- Tablas de razones dispersión - aire
- Tablas de razones tejido - aire

- Tablas de razones tejido - funtomas → plantomas

La teoría aplicada para el cálculo del tiempo de tratamiento y la descripción de los términos enunciados se explica a continuación tomando como ejemplo el paro tomado para este proyecto.

HOJA DE CALCULO

$$D'_{\text{calib}} = 91,30 \text{cGy/min}$$

que es la salida calculada en 80,5cm: Fecha 14 de Noviembre de 1995

$$D'_{\text{calib}} = \text{Razón de dosis de calibración}$$

$$\text{RDF} = 1,009$$

que es factor de dosis relativo, para tamaño de campo 11 x 12cm

$$\text{RDF} = \frac{\text{Dosis de Referencia o Normalización}}{\text{Dosis de calibración}}$$

$$1) D'_{\text{norm}} = D'_{\text{calib}} \times \text{RDF} \times \text{WF} \times \text{TF} \times \text{TAR}$$

$$\text{WF} = \text{Factor de Cuña} = 1,000 \quad (\text{no se usa cuña})$$

$$\text{TF} = \text{Factor de Parrilla} = 0,949 \quad (\text{existe protecciones para el paciente})$$

$$\text{TAR} = \text{Razón tejido-aire} = 1,039 \quad (\text{toma en cuenta la forma irregular del campo debido a las protecciones y de la superficie del paciente})$$

$$D'_{\text{norm}} = 91,30 \text{cGy/min} \times 1,009 \times 1,000 \times 0,949 \times 1,039$$

$$D'_{\text{norm}} = 90,8333 \text{cGy/min}$$

$$D'_{\text{norm}} = \text{Razón de dosis de normalización}$$

$$D'_{\text{target}} = D'_{\text{norm}} \times G_{\text{presc}} \times G_{\text{target}}$$

$$G_{\text{target}} = \frac{\text{Dosis del blanco}}{\text{Dosis de normalización}} = 1$$

$$G_{\text{presc}} = \frac{\text{Curva de dosis escogida}}{\text{Curva de normalización}} = \frac{91\%}{100\%} = 0,910$$

$D'_{\text{target}} = \text{Razón de dosis de blanco}$

$$D'_{\text{target}} = 90,83 \text{ cGy/min} \times 0,910 \times 1,000$$

$$D'_{\text{target}} = 82,66 \text{ cGy/min}$$

$$t = \frac{D_{\text{target}}}{D'_{\text{target}}} = \frac{120,6 \text{ cGy}}{82,66 \text{ cGy/min}}$$

$$t = 1,46 \text{ min}$$

2) Cálculos para el campo anterior.-

$$D_{\text{target}} = 200 \text{ cGy (cálculo a profundidad de 3cm)}$$

$$D'_{\text{calib}} = 91,30 \text{ cGy/min}$$

$$\text{RDF} = 0,996 \text{ para tamaño de campo } 23 \times 6 \text{ cm}$$

$$\text{WF} = 1,000$$

$$\text{TF} = 0,949$$

$$\text{TAR} = 1,034$$

$$D'_{\text{norm}} = (91,30) (0,996) (1,000) (0,949) (1,034) = 89,253 \text{ cGy/min}$$

Curva de % de Profundidad de dosis que pasa por un punto a 3 cm bajo la piel del paciente en la dirección del eje del rayo es de 86,830%.

$$G_{\text{target}} = 1,000$$

$$D'_{\text{target}} = D'_{\text{norm}} \times P(d, F, W, K_v) \times G_{\text{target}}$$

$$D'_{\text{target}} = (89,253) (86,830/100) (1,000) = 77,5 \text{ cGy/min}$$

donde:

$$d = 3\text{cm}$$

$$F = 80\text{cm}$$

$$W = 23 \times 6 \text{ cm}$$

$$Kv = \text{Co-60}$$

$$t = \frac{D_{\text{target}}}{D'_{\text{target}}} = \frac{200 \text{ cGy}}{77,5 \text{ cGy/min}} = 2,58 \text{ min}$$

Los contamos conjuntamente con la distribución de las curvas isodosis el sistema Theraplan las traza por medio un plotter y la hoja de planeación resumiendo los datos, parámetros y resultados de los cálculos se imprimen en la impresora margarita (poner marca)

TRATAMIENTO CON LA MÁQUINA DE Co-60 THERATRON 780-C

Los tecnólogos médicos que operan la máquina de Co reciben las cartillas del paciente de la cual ellos revisan los siguientes datos para iniciar el tratamiento al paciente:

- Descripción del posicionamiento del paciente sobre la mesa para la aplicación de cada campo (igual que en circulación).
-
-
-
-

-
- Distancia Fuente piel (DFP)
- Tamaño de los campos
- \angle del brazo, la cabeza y el colimador
- Verificar si el paciente tiene protección pormenorizada y el número de parrilla sobre la cual se fijan las protecciones.
- Angulaciones de las cuñas (en caso de ser curadas)
- Puntos de centraje de los rayos a ser aplicar, los cuales se encuentran marcados sobre la piel del paciente.
- El dato principal que en el tiempo de aplicación de cada raya

El proceso de aplicación de cada campo consiste de los siguientes pasos:

- Posicionamiento del paciente sobre la mesa igual que en simulación
- Setear los parámetros de la máquina: \angle del gantry, \angle de la cabeza, \angle del colimador y tamaño de campo, observando que el eje del rayo coincida con el punto tatuado sobre la piel del paciente. Esto se ejecuta para cada campo a aplicarse.
- Colocación de parrillas con protecciones y cuñas.
- Setear el tiempo de aplicación del campo en el panel de operación y control de la máquina de Co. que se encuentra fuera del Brenker
- Encendido de la máquina.
- El pagado de la máquina es automático una vez cumplido el tiempo seteado.

El proceso se repite para todos los rayos que tienen que darse al paciente en cada sesión de tratamiento.

El Sr. Pacheco asiste diariamente al departamento de Radioterapia y cada día se le aplica los 3 campos por 1 tiempo calculado en la sección anterior, durante 20 días con los cuales recibirá una dosis acumulada de 4000 Gg, después de ello se procederá a la reducción de los campos para proteger la médula.

HOJA DE TRATAMIENTO Co. 60

No. Hist. Clin. Hosp 951682

Simulación: 13/Nov/95

Apellidos: Pacheco Alvarez Fausto

Tratamiento: 15/Nov/95

Edad: 60 años

Dirección: Guasmo

Precimulación

Hospitalizado **Piso:** Sala Cama

Localización

T3 Tamaño del tumor menor de 3 cm

Diagnóstico Histiológico: Cáncer de Laringe.

Clarificación Clínica: T3 N+ M?

N + Ganglio positivo

Tratamiento No.

M? Metástasis no determinado.

Médico Radioterapeuta

Tipo de Tratamiento: RT exclusivo

Curativo

Preoperatorio

Paliativo

Post-operatorio

Adyuvante

Químico provado

Ciclo

No. de Ciclos

PLAN DE TRATAMIENTO

No.	Volumen Blanco	Dosis Total	Dosis Sección	Fracción semanal	Isodosis Referencial	Observaciones
I	Cara 2/3	7000	200			91%
II	sup. de cuello					
III	1/3 inf. de cuello	4000	200			3cm

No.	Descripción del campo	Fraccionamiento	No.	Descripción del Campo	Fraccionamiento
I	Localización Anat; Posición; Lat. izq.	Diario Alternativo	II	Localización Anat: posición: Lat. Derecho	Diario Alternativo
III	Localización Anat: Posición: Directo 1/3 Inf. de cuello	Diario Alternativo Otro			

Fecha de Inicio de Tratamiento:

Hora: 17H00

Fecha Fin de Tratamiento

(ver anexo)

RESUMEN

Volumen Blanco	I	II	III	IV
Dosis Sección				
Dosis Total				
No. Fracciones				
Duración				
Intervalos				
TDF				

FECHA	OBSERVACIONES Y CONTROLES DURANTE EL TRATAMIENTO	LOCALIZACION
	4000cGy SACAR MEDULA	-Paciente en decúbito dorsal - D.H.M. (Distancia horquilla mentón = 12) - Sócalo 3 - Punto de centraje anterior en la horquilla lateral - Centrajes laterales 3.5 cm hacia abajo del pabellón de la oreja y 1.5cm hacia adelante. - Solo protección auricular de campos

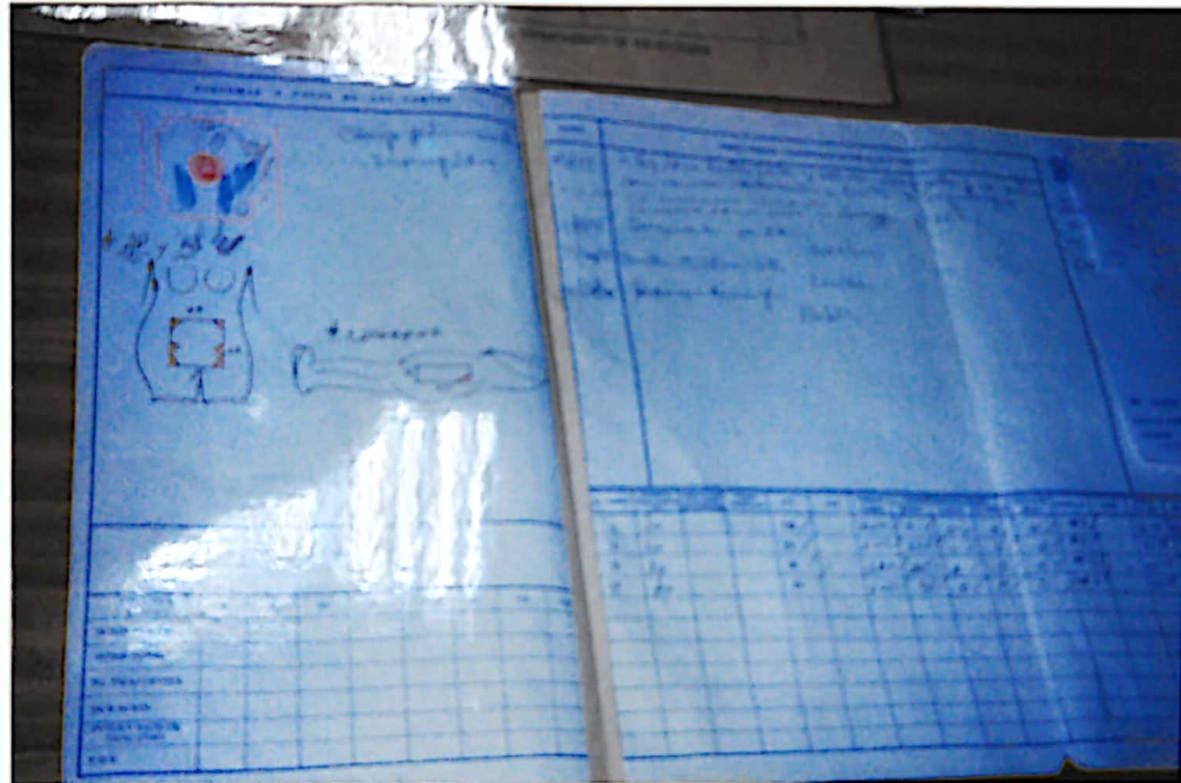
No. campo	Tecn. Trat.	lim. Ang	Val. Ang	D F P	D F E	Tamaño de campo	Brazo	Cabeza	Colimador	Rot. Mesa	Parri-lla	C u ñ a	D' REF cGy/min	Fecha	Dp (cGy)	Ce (cm ²)	t (min)	Resp.
I	Fija			80		11*12	270°	0°	0°		0.949		91.30	95.11.14		11.5	1,46	
II	Fija			80		11*12	90°	0°	0°		0.949		91.30	95.11.14		11.5	1,46	
III	Fija			80		23*6	0°	0°	0°		0.949		91.30	95.11.14	0.996	9.5	2,58	
														86.8% Porcentaj e de profundi dad de dosis en el blanco.				

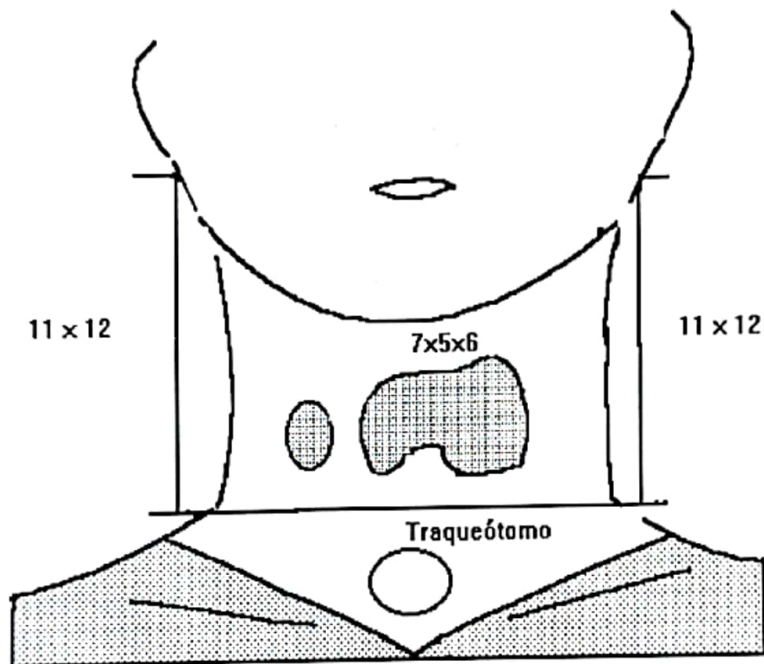
* DFP = Distancia frente a piel.

* Dp(cGy)= Factor de abertura del colimador

Fecha	No. Dias	No. campo	Dosis Pico	D.P. a-cumula-da	Dosis Tumor	D.T. a-cumula-da	No. campo	Dosis Pico	D.P. a-cumula-da	Dosis Tumor	D. T. a-cumula-da	No. campo	Dosis Tumor	D. T. a-cumula-da
Nov.10.95	1	I			100	100	II			100	200	III	200	200
Nov. 16.95	2	I			100	300	II			100	400	III	200	400
Nov.17.95		I			100	500	II			100	600	III	200	600

EJEMPLO :





CONCLUSIONES

Después de haberse realizado el curso de radiación en la Facultad de Ciencias en la Universidad de Granada, se ha observado que el nivel de conocimientos adquiridos es el típico de Granada, es por esto que el trabajo se realiza desde los principios más importantes de lo que es el cáncer hasta llegar a la planeación con el paciente. Debido a que el diagnóstico y tratamiento requiere un conocimiento previo de lo que son las respuestas de toda el área de Radioterapia, esto fue incluido en la planeación con el paciente.

En lo que se refiere al paciente, éste sigue un tratamiento semejante al indicado en los libros de oncología de Radiación, pero se lo ha personalizado. La evolución del paciente tratado con Co-60 será visible en dos meses por lo que no se puede aún dar un diagnóstico definitivo.

En el curso se han tratado la cantidad de pacientes con cáncer de bazo por lo que los 4 pacientes al año los mismos que nunca se presentan de vida se producen por complicaciones del cáncer de 3 años. Claro está que el propósito dado es para pacientes con estadios avanzados (III y IV). Considerando en los estadios más bajos una recuperación satisfactoria, se recomienda en el chequeo médico constante después del tratamiento.

CONCLUSIONES

Durante la realización de este trabajo se ha tratado de abarcar en lo más posible los conocimientos adquiridos en el Tópico de Graduación, es por esto que el trabajo contiene desde los principios más importantes de lo que es el cáncer hasta llegar a la planeación con un paciente real. Debido a que tal planeación y tratamiento requiere un conocimiento previo de lo que son las máquinas de toda el área de Radioterapia, esto fue incluido en la aplicación con el paciente.

En lo que se refiere al paciente, éste sigue un tratamiento semejante al indicado en los libros de oncología de Radiación, pero se lo ha personalizado. La evolución del paciente tratado con Co-60 será visible en dos meses por lo que no se puede aún dar un diagnóstico definitivo.

En el último lustro la cantidad de pacientes con cáncer de laringe promedia los 9 pacientes al año los mismos que tienen un promedio de vida sin problemas por complicaciones del cáncer de 3 años. Claro está que el promedio dado es para pacientes con estadíos avanzados (III y IV), detectándose en los estadíos más bajos una recuperación satisfactoria, sin descuidarse en el chequeo médico constante después del tratamiento.

BIBLIOGRAFIA

UICC. TNM ATLAS. Editorial Springer - Verlag . 3era Edición

CANCER: Principios y Práctica de Oncología. Editorial SALVAT. Tomo I
Vincent T. De Vita, Jr.
Samuel Hellman
Steven A. Rosenberg

Principles and Practice of Oncology Radiation. Editorial SALVAT
Carlos A. Pérez

Nueva Enciclopedia Planeta. Editorial Planeta Internacional, S.A

Protección Radiológica: Radioterapia. Editora: Ministerio de Sanidad y Consumo (1988)

Cáncer: Principles and Practice of Oncology. Editorial J.B.Lippincott Company. Volumen I . 4ta Edición.
Vincent T. De Vita, Jr.
Samuel Hellman
Steven A. Rosenberg

Manual AECL Medical: Theratronics/Theraplan

Manual AECL Medical: Theratronics/ Theratron 780-C

Manual SIMULADOR KERMATH - XY

Manual de Equipo de Fabricación de moldes Huestis- Former

ANEXOS

PLAN : SUPRACLAVICULAR

Patient Name : Pacheco A. F. Supraclav. Date: 14-NOV-95 Time: 03:51:12

PRESCRIPTION DATA:

Target Absorbed Dose: 4000 cGy
Fractions: 20
Beams: 1
Target Dose/Fraction: 200.cGy

Calculated By:

Checked By:

Computed times should be considered suspect and confirmed by manual calculation.

TITLE SUPRACLAVICULAR

UNIT Therat.780C SSD

RADIATION COBALT 60

TECHNIQUE Fixed SSD

BEAM Irregular

DISTANCE 80.0 SSD

100% DEPTH 0.5

FIELD SIZE 23.0 W 6.0 L

DOSE/FRACT 200.0 cGy.

WEIGHT 1.000

FRACTIONS 20/ 20

COLLIMATOR

SETTING 23.0 W 6.0 L

GANTRY

ANGLE

CALCULATED 91.30 cGy./min.

OUTPUT AT 80.5 Exposure

INVERSE][1.000

EQUIVALENT

SQUARE 9.5

OUTPUT (The Relative Exposure or Relative Dose Factor)

FACTOR 0.996

WEDGE/BAR 0 / 0

FACTOR 1.000

TRAY FACTOR 0.949

TAR/TPR 1.034

DOSE (The normalization Dose Rate for the 100% isodose)

RATE 89.253

TARGET

DEPTH 3.0 cm.

TARGET DOSE (The Percent Depth Dose at the Target point)

ADJUSTMENT 86.830

ANY OTHER (Any other Target dose rate modifying factor)

FACTOR 1.000

SET TIME 2.58 min.

COMMENTS

PLAN : Lateral derecho Lateral Izq.

Patient Name	: Pacheco A. Fausto LARING	Date:	14-NOV-95	Time:	04:25:27
PRESCRIPTION DATA:			DISTRIBUTION DATA:		
Target Absorbed Dose:	4000 cGy.	Normalization:	165.8%		
Fractions:	20	TAD:	91.0%		
Beams:	2	Prescribed:	91.0%		
Target Dose/Fraction:	200. cGy.				

Calculated By: _____ Checked By: _____
 Computed times should be considered suspect and confirmed by manual calculation.

TITLE	Lateral derecho	Lateral Izq.
UNIT	Therat.780C SSD	Therat.780C SSD
RADIATION	COBALT 60	COBALT 60
TECHNIQUE	Fixed SSD	Fixed SSD
BEAM	Irregular	Irregular
DISTANCE	80.0 SSD	80.0 SSD
100% DEPTH	0.5	0.5
FIELD SIZE	11.0 W 12.0 L	11.0 W 12.0 L
DOSE/FRACT	120.6 cGy.	120.6 cGy.
WEIGHT	1.000	1.000
FRACTIONS	20/ 20	20/ 20

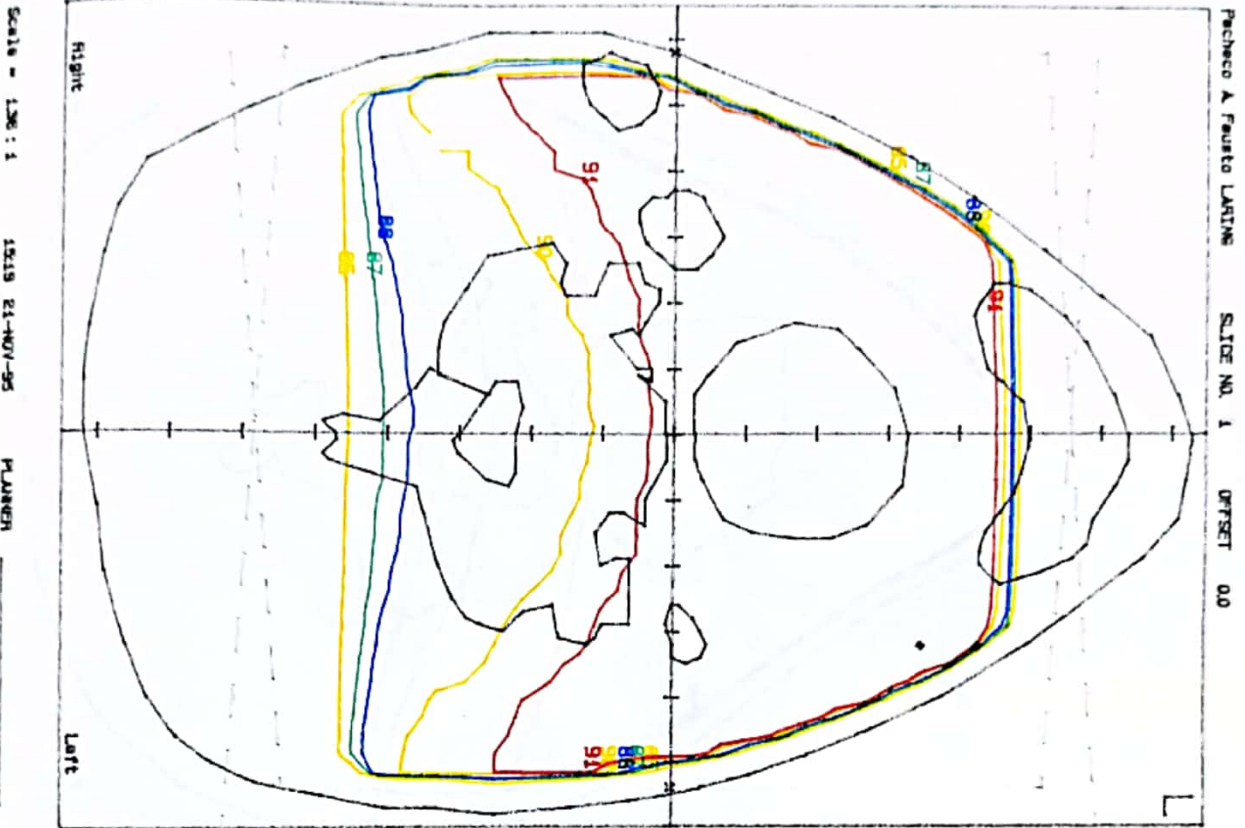
COLLIMATOR		
SETTING	11.0 W 12.0 L	11.0 W 12.0 L
GANTRY		
ANGLE	-90.	90.
CALCULATED	91.30 cGy./min.	91.30 cGy./min.
OUTPUT AT	80.5 Exposure	80.5 Exposure
INVERSE][1.000	1.000

EQUIVALENT	
SQUARE	11.5 11.5
OUTPUT (The Relative Exposure or Relative Dose Factor)	
FACTOR	1.009 1.009
WEDGE/BAR	0 / 0 0 / 0
FACTOR	1.000 1.000
TRAY FACTOR	0.949 0.949
TAR/TPR	1.039 1.039
DOSE (The normalization Dose Rate for the 100% isodose)	
RATE	90.882 90.882

TARGET	
DEPTH	0.5 cm. 0.5 cm.
TARGET DOSE (The ratio of the Prescribed to Normalization %)	
ADJUSTMENT	0.910 0.910
ANY OTHER (Any other Target dose rate modifying factor)	
FACTOR	1.000 1.000

SET TIME	1.46 min.	1.46 min.
----------	-----------	-----------

COMMENTS



Isodoses
 91
 90
 88
 87
 85

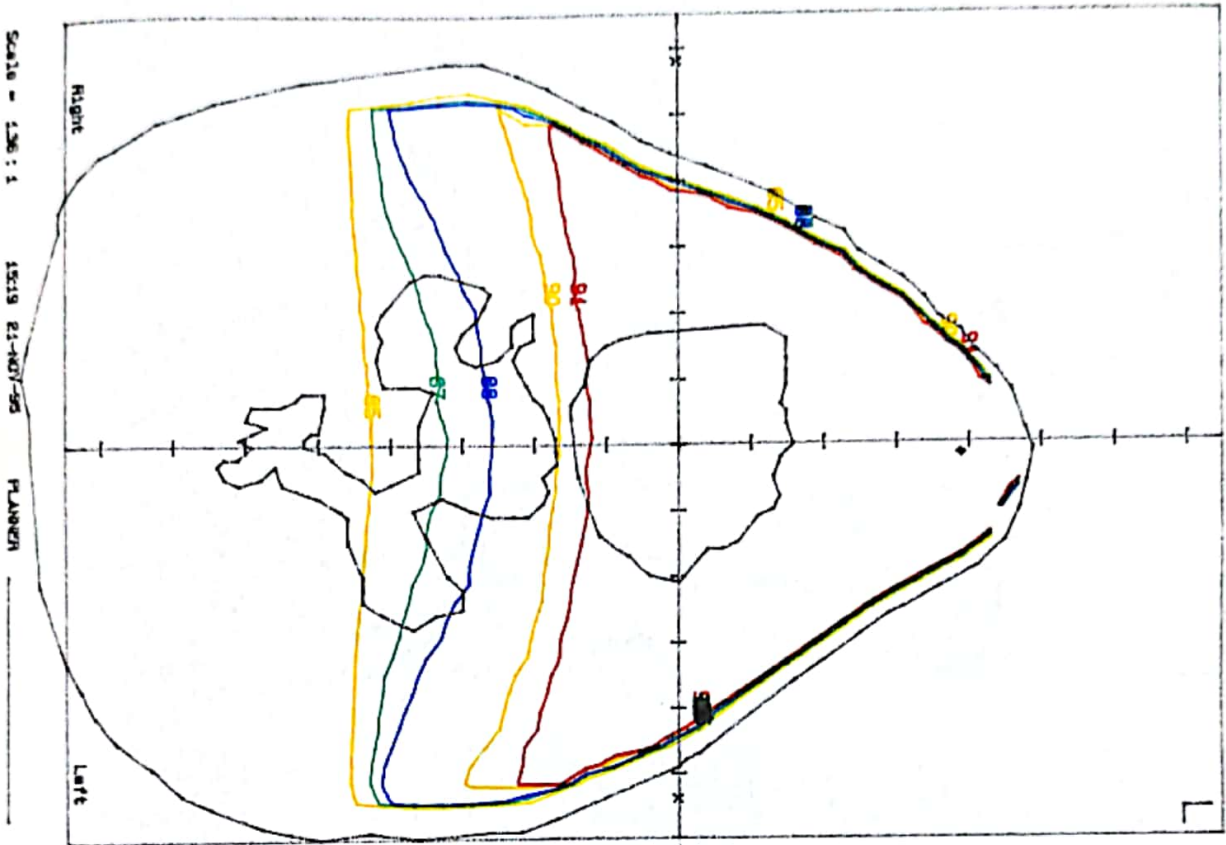
#	TITLE	TYPE	UNIT	SSD	100% WIDE	LONG	ENTRY	COLLM	STRT-STOP	X	Y	Z	WDG	BAR	WEIGHT	TAR
1	Lateral denacho	IFP	Therat.780C	SSD	80.0	0.5	11.0	12.0	-90	0	-8.8	0.0	0.0	0	0	0.500 1.039
2	Lateral Ize	IFP	Therat.780C	SSD	80.0	0.5	11.0	12.0	90	0	8.4	0.0	0.0	0	0	0.500 1.039

Max: 785 (85%) at X= 3.2 Y= 3.5 100%= 829

THERAPLAN V05B

Pacheco A FORTIO LATINS SLICE NO. 2 OFFSET -3.8

Isodoses
91
90
88
87
85



Scale = 1:1

15:19 21-NOV-95

PLANNED

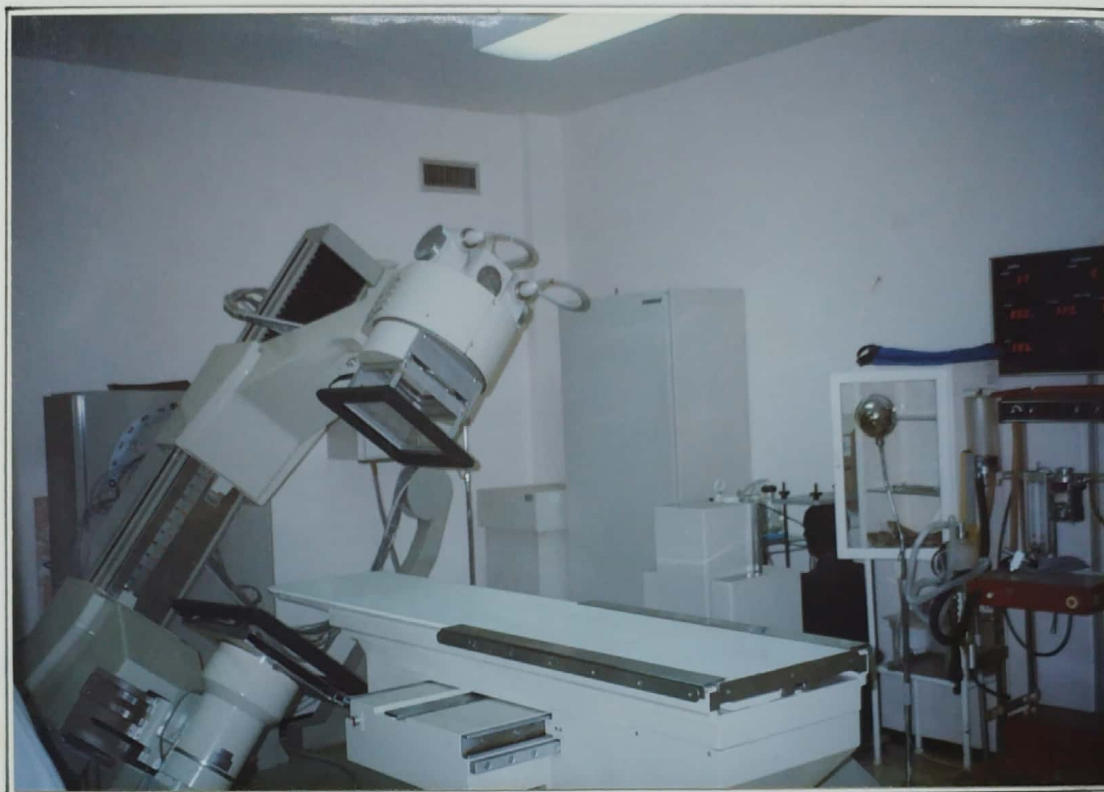
APPROVED

Max: 829 [100K] wt X= 0.2 Y= 3.9 100%- 829

7

THERAPLAN V05B

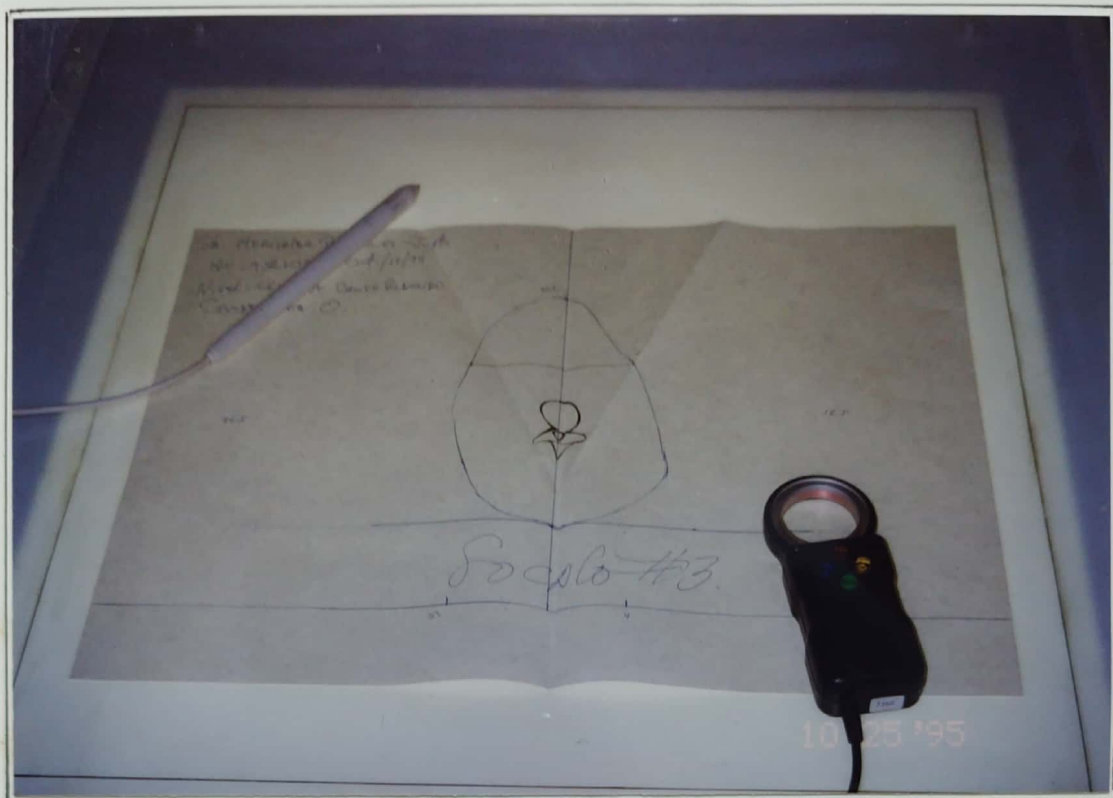
SIMULACION





PLANEACION







MOLDES

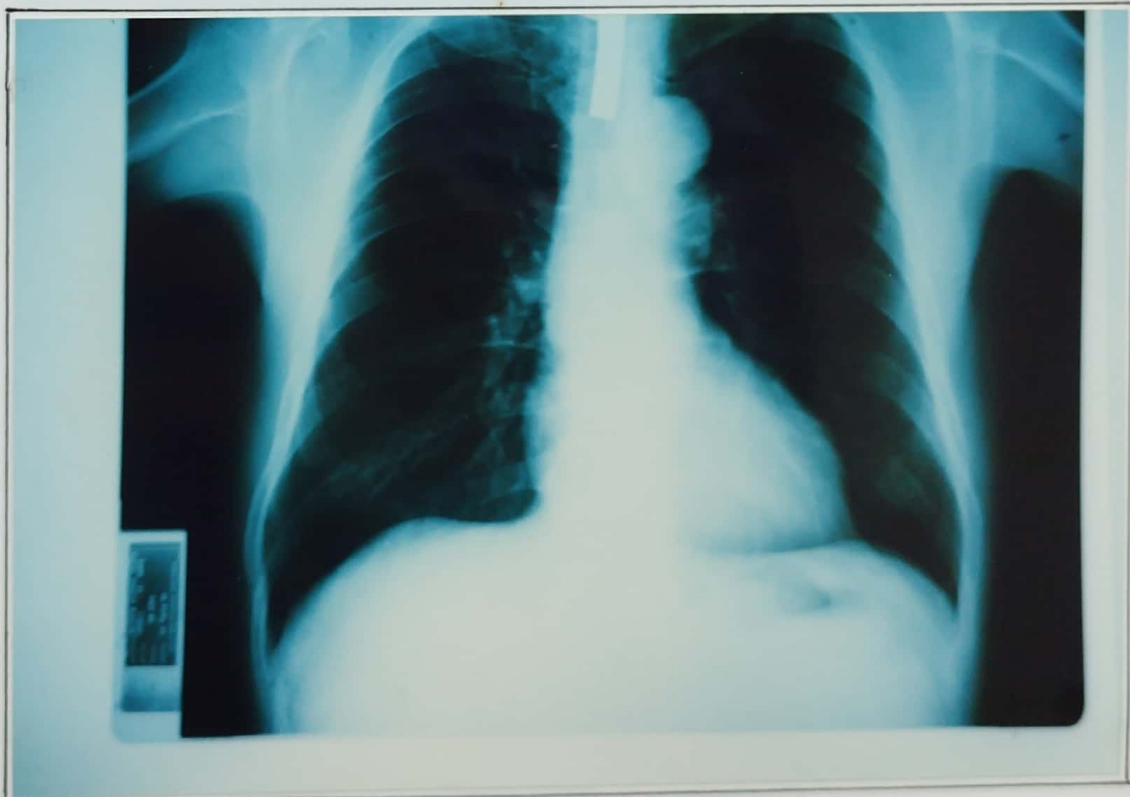


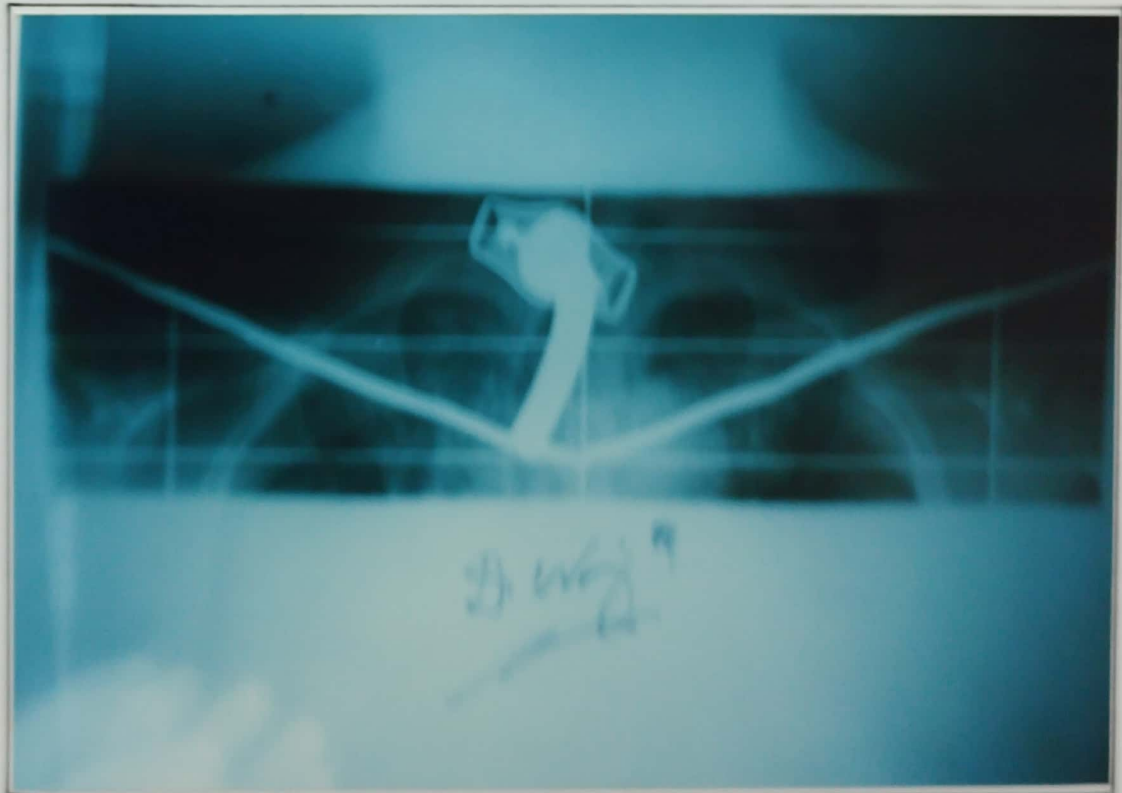
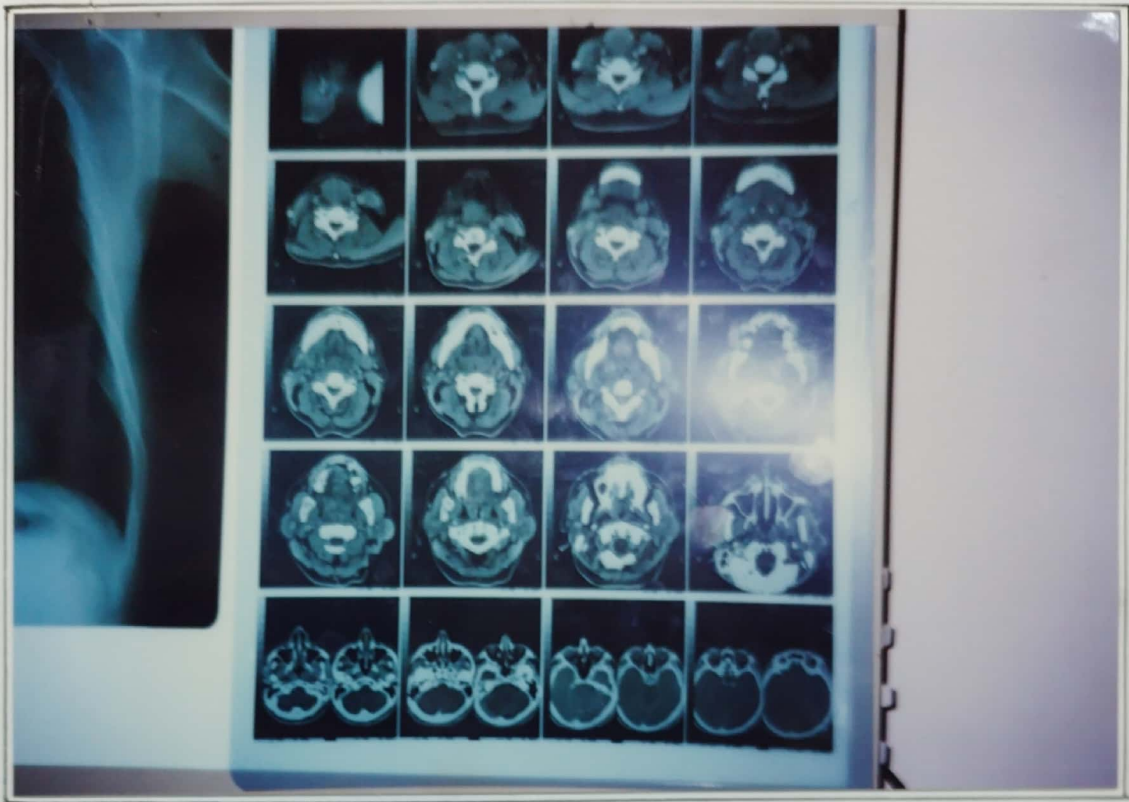
COBALTOTERAPIA

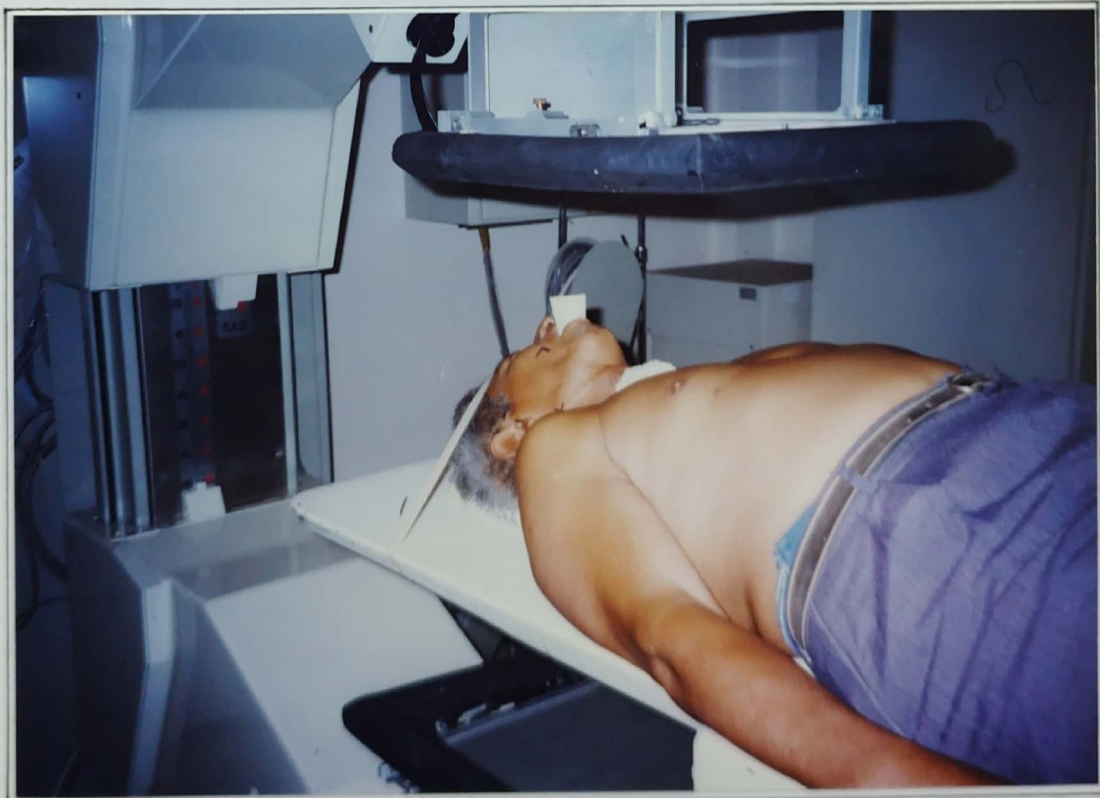
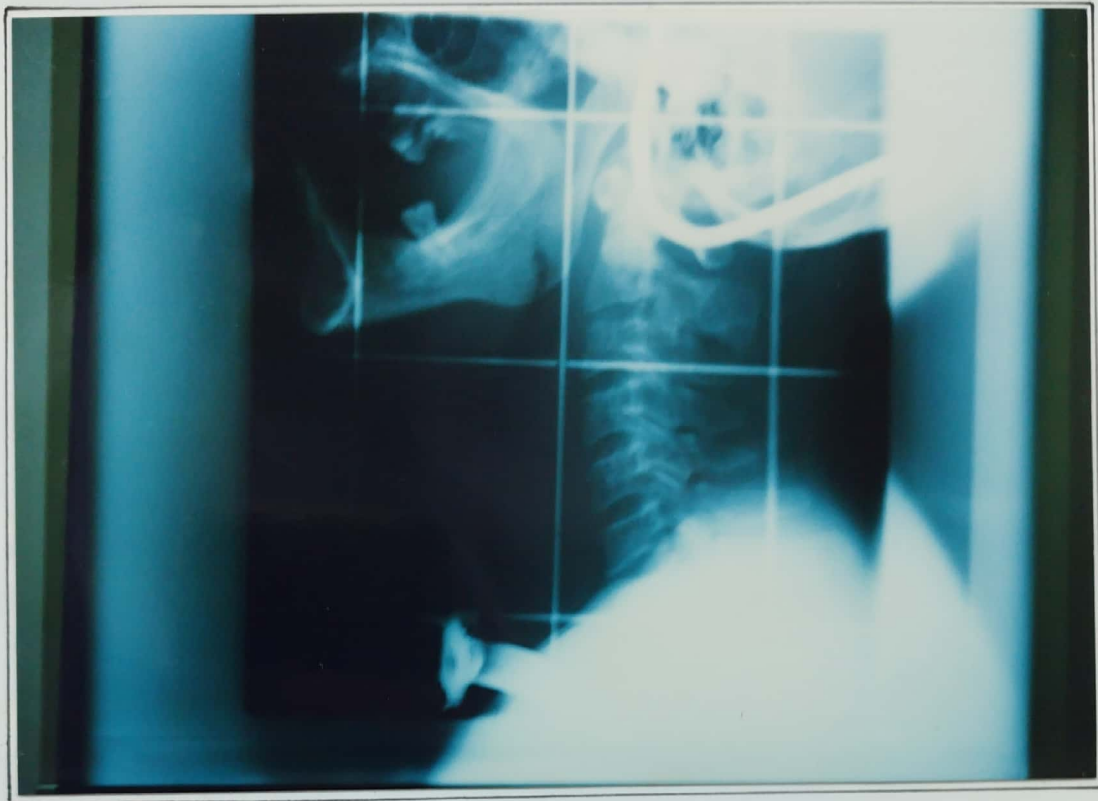


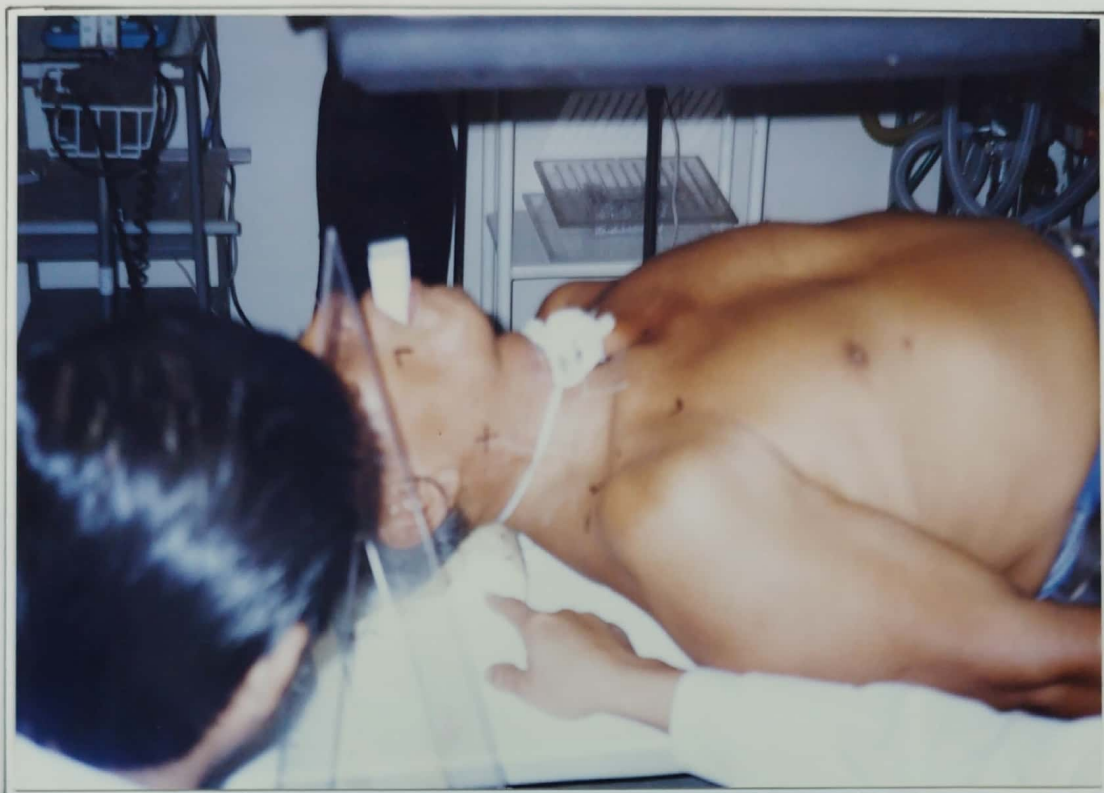


SIMULACION : PACIENTE









TRATAMIENTO DEL PACIENTE

