

LA RADIOTERAPIA PASO A PASO DESDE CERCA

CRISTINA URDIALES GARCÍA, INÉS CORDERO GAGO, NATALIA GÓMEZ FERNÁNDEZ, RAQUEL BARREALES LÓPEZ, REBECA MARTÍNEZ ARIAS, TT.EE.RR.TT. COMPLEJO ASISTENCIAL DE ZAMORA

INTRODUCCIÓN

La radioterapia es una modalidad que emplea las radiaciones ionizantes en el tratamiento de enfermedades principalmente oncológicas. Anteriormente, los equipos de tratamiento de radioterapia externa eran equipos de rayos X de alta energía, seguidamente, estos fueron sustituidos por equipos de cobaltoterapia con rayos gamma de alta energía emitida por algunos isótopos, en este caso el **Co-60**, radioisótopo que reúne las características adecuadas para este tipo de terapia. Estos equipos están siendo sustituidos por **aceleradores lineales** (la llamada terapia moderna) dispositivo que utiliza ondas electromagnéticas de alta frecuencia (con diferentes energías de fotones y electrones).

Su objetivo es administrar una dosis de radiación al volumen tumoral, suficiente para destruirlo, respetando al máximo el tejido sano circundante. Para conseguirlo es necesario una serie de pasos dosimétricos previos que podemos agrupar en dos grandes etapas:

- Dosimetría física, controles para mantener el buen estado de la máquina.
- Dosimetría clínica, que es el cálculo del tratamiento en sí.

Diferentes etapas del proceso radioterápico. Una vez **diagnosticada** la lesión y decidido el tratamiento a seguir, el paciente es derivado a radioterapia si así está indicado. El paciente llega a la unidad de radioterapia con un estudio clínico completo y preciso que contendrá el tamaño, extensión, estadio e histología del tumor. Seguidamente, se **decide qué proceso radioterápico** seguirá, ya sea radioterapia externa o braquiterapia en todas sus modalidades, y qué *finalidad* tendrá el tratamiento, ya que ésta puede ser:

- **Radical y complementaria**, ambas con intención curativa o para mejorar la supervivencia, por ejemplo un tumor de cerviz no metastásico.
Radical se le llama cuando sólo se utiliza la irradiación para la eliminación completa del tumor mientras que la *complementaria* utiliza otros métodos

terapéuticos como la cirugía o la quimioterapia complementando la radioterapia.

- **Paliativa**, su intención es mejorar los síntomas o incapacidades del paciente (calidad de vida) por ejemplo irradiación de una metástasis vertebral.

En otras ocasiones, la radioterapia se utiliza para el tratamiento de lesiones benignas, como es el caso de una dermatosis.

Es importante definir la finalidad del tratamiento radioterápico (paliativa o radical) ya que de ello depende la elección del volumen a tratar, la dosis, y la técnica de tratamiento. De forma habitual el tratamiento paliativo supone una técnica más sencilla.

Una vez decidido que el tratamiento se va a realizar con radioterapia externa (ya que en éste artículo nos centramos en esta modalidad) el paciente es citado para la **simulación del tratamiento** de dónde se obtendrá la información necesaria para delimitar los volúmenes a tratar. Una vez se haga la **delimitación de volúmenes** se iniciará la **planificación del tratamiento** que engloba elección de la técnica, cálculo, distribución de dosis, optimización e informe dosimétrico.

Finalizado todo el proceso de la planificación y aprobado por el radioterapeuta, el paciente ya puede ser citado para la **puesta en marcha del tratamiento**. A lo largo del tratamiento radioterápico que tendrá una duración aproximada de un mes dependiendo de la lesión, se realizarán **verificaciones y seguimientos** de la validez de dicho tratamiento.

Al acabar la terapia se realiza un análisis de resultados, y el paciente seguirá un control periódico por su médico radioterapeuta.

En este artículo trataremos de mostrar el circuito que realiza el paciente en radioterapia, en el que el papel del técnico es muy importante por su implicación, tanto en la unidad de clínica como de física.

SIMULACIÓN

La simulación consiste en definir y localizar el volumen de tejido a irradiar para cada paciente, que será decisión del Oncólogo Radioterapeuta, el cual, depen-

diendo de la modalidad de simulación que seguidamente explicaremos, estará presente o no. También decidirá cuando citar al paciente para dicha simulación.

Existen dos modalidades de simulación utilizadas actualmente:

SIMULACIÓN CONVENCIONAL:

Este tipo de simulación tiende a desaparecer. Consiste en la **delimitación** de los campos de tratamiento en una máquina, que reproduce con exactitud la geometría de las máquinas de tratamiento, que emiten Rx de diagnóstico. En este caso, la información es obtenida a través de imágenes fluoroscópicas realizadas con una máquina de rayos con movimientos y geometría similares a los del equipo de terapia. Así se obtiene información en 2D.

El médico que ha de estar presente junto a los técnicos durante la simulación, es el que decide la entrada de los haces y el tamaño de campo guiándose por las referencias anatómicas óseas del paciente, así como del tipo de tumor y su estadio. Para facilitar la dosimetría se pueden hacer tres cortes de T.C. marcando los límites y el centro del campo. Hay casos en que la medida del diámetro del paciente es suficiente.

Es necesaria la utilización de *tres láseres* para alinear al paciente y conseguir así un origen que nos ayudará a encontrar el isocentro del tratamiento. Este origen se señalará utilizando marcas radiopacas para que puedan ser vistas en las imágenes de T.C., posteriormente pueden ser tatuadas o pintadas para la colocación del paciente diariamente en la mesa de tratamiento. Esto coincide con la simulación virtual que explicaremos a continuación.

SIMULACIÓN VIRTUAL:

La simulación virtual es un proceso crítico a la hora de asegurar la precisión y eficacia de los tratamientos de Radioterapia. Este tipo de simulación está sustituyendo a la convencional.

Está basada, sobre todo, en conseguir imágenes de T.C. y proporciona mucha mayor información acerca del tamaño y localización del tumor (el tejido tumoral se puede identificar en las imágenes gracias a la información tridimensional, además de poder visualizar mejor los tejidos blandos).

Lo más importante es conseguir la reproducción del posicionamiento del paciente diariamente y con exactitud en la máquina de tratamiento.

El procedimiento a seguir en la simulación para conseguir imágenes de T.C. útiles en radioterapia es el siguiente:

- Se necesita un equipo de tomografía computerizada en cuya sala se encontrará presente el **T.E.R.T.**, sólo en casos especiales deberá estar presente el médico o el físico y en algunos casos, si se necesita contraste o algún cuidado de enfermería, el enfermero responsable.

- En el equipo de T.C. debe haber un **tablero rígido** similar al de la máquina de tratamiento, bien sujeto, donde se colocará al paciente en diferentes posiciones según la zona a tratar. Se van a utilizar distintos tipos de **inmovilizadores**. Uno de los más utilizados es la **máscara** que es de un material termoplástico; ésta se introduce en un baño de agua caliente, que permite hacerla flexible y adaptable a la cabeza de cada paciente y así, inmovilizarlo para reproducir su posición diaria en el tratamiento. Otros inmovilizadores se utilizan para otras zonas como piernas, brazos, mamas (como el plano inclinado), etc.

- Seguidamente de haber posicionado al paciente correctamente hay que alinearlos con un sistema de **láseres** (por lo general son tres externos a la máquina: dos en los laterales de la pared y uno en el techo) y así conseguir unos puntos de referencia (origen).

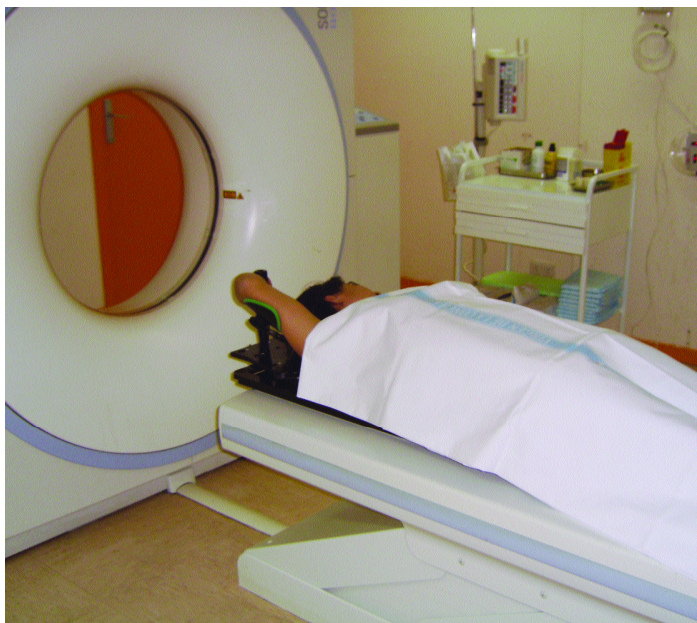
- Se usan **marcadores radiopacos** que se colocan en las intersecciones de los láseres con la piel del paciente, como referencia visual. Se marca así un origen de coordenadas que será utilizado por los dosimetristas desde los cortes de T.C. para definir el **isocentro** de los haces (a partir de desplazamientos respecto de este origen de coordenadas).

Antes de comenzar se le explicará al paciente lo que se le va hacer durante todo el proceso. Ha de tener claro que lo más importante es que no se mueva y que esa **posición** la tendrá que **reproducir durante el tratamiento**.

Todo este proceso nos va a dar la información necesaria para realizar la **planificación**.



Paciente colocada en mesa de TC con inmovilizador de mama



Paciente colocada en mesa de TC con inmovilizador de mama

PLANIFICACIÓN

Toda ésta etapa se lleva a cabo en la unidad de Radiofísica, dónde se cuenta con ordenadores (planificadores) que tienen unos programas específicos para la planificación.

La planificación se basa en la **dosimetría clínica** que es una técnica que estudia la distribución de la dosis en los tejidos. Para determinar como se distribuye la dosis se utilizan las curvas de isodosis, éstas varían según el tipo de radiación y la energía elegida. La dosimetría clínica variará según **la planificación sea convencional o virtual**, puesto que la virtual es mucho más precisa, ya que podemos tener en cuenta todos los órganos de riesgo gracias a las imágenes de T.C. (3D), mientras que en la convencional la localización de los órganos de riesgo se hace tomando como referencia las estructuras óseas. Una vez llegan estas **imágenes del T.C.**, el médico radioterapeuta debe definir los contornos del PTV (volumen a tratar) y los órganos de riesgo (O.R.).

El **PTV**, propiamente dicho, es el volumen blanco de planificación, es decir, el volumen que va a recibir la dosis prescrita por el médico. Es considerado como la suma del *tumor macroscópico* (GTV), *los márgenes de enfermedad subclínica* (CTV) y los márgenes que se dan para el *posicionamiento paciente-haz*, incluyendo también las *variaciones de estructuras internas* (estómago, vejiga...).

Al delimitar el PTV hay que tener en cuenta la presencia de órganos cercanos a dicho volumen, que son tejido sano y especialmente sensible a la radiación, pudiendo influenciar significativamente en la planifica-

ción del tratamiento y en la dosis prescrita. Dichos órganos se denominan **órganos de riesgo (O.R.)**.

Una vez el médico ha delimitado los volúmenes y ha prescrito la dosis, se comienza a planificar, teniendo en cuenta que la planificación virtual es diferente de la convencional, en esta última los haces están definidos por el médico en la simulación.

La planificación consiste en poner haces dirigidos hacia el PTV (tumor + márgenes) teniendo en cuenta su forma, extensión y los O.R. que se puedan interponer en el haz, ya que si el haz incide sobre un O.R. la dosis recibida por este nos impedirá seguir adelante con el tratamiento. Cuando se pone un haz se define el giro de gantry, el de colimador, el tamaño del campo y compensadores de la dosis.

Respecto al **tamaño de campo** dependiendo de la máquina que se disponga para dar el tratamiento se puede hacer un *campo regular*, es decir, cuadrado o rectángulo, si la máquina define el tamaño de campo con mordazas. En otros casos, el tamaño del campo puede estar ajustado al volumen y será de forma irregular, en los aceleradores que cuentan con un dispositivo de multiláminas (MLC) a la salida del haz (se trata de unas mordazas divididas en láminas que poseen movimientos independientes entre sí). En los aceleradores que no dispongan de este dispositivo, los campos irregulares se realizan mediante **la conformación de bloques** para proteger aquellos órganos innecesarios de tratar consiguiendo un *campo irregular* ajustado a la dosis prescrita. Estos bloques son de cerrobend, se colocan a la salida del haz y están compuestos por plomo, estaño y bismuto.

La función de los **compesadores** es modular la intensidad del haz y se colocarán sobre la piel del paciente en la zona a tratar. Pueden ser *cuñas* que tienen como función conseguir una distribución de la dosis más homogénea o *bolus* (material de composición orgánico equivalente a la densidad del agua) cuya función es conseguir mayor dosis en piel y reducirla en profundidad.

Una vez definidos los haces y conformados los campos se debe comprobar que el PTV (volumen a tratar) está cubierto por la **isodosis** deseada. Según el ICRU REPORT 50-62 el volumen tiene que recibir una dosis comprendida entre la máxima del 107% y la mínima del 95% de la prescrita por el especialista. A su vez, se tiene que comprobar que ningún O.R. reciba una dosis excesiva, y que los **puntos calientes** (aquellos que reciben una dosis excesivamente mayor a la del resto del volumen tratado), no comprometan el tratamiento por los efectos secundarios. En cualquier caso, para que un nivel de dosis sea incluido como un máximo en el informe debe afectar a un volumen significativo de tejido (>15mm).



T.E.R.T. en los planificadores

Las isodosis se pueden comprobar a lo largo de los cortes de T.C. (3D), donde se observa como está distribuida la dosis de una forma más exacta. Es necesario también comprobar los **HDV**, histogramas, que son unos gráficos que relacionan el % de volumen y la dosis absoluta, en ellos se ve si todo el volumen a tratar recibe la dosis necesaria y que los órganos de riesgo no se vean comprometidos. Con todo esto ya se puede decidir si la **planificación** puede o no ser **válida**.

La planificación puede ser realizada tanto por el técnico especialista en radioterapia (dosimetrista) como por un radiofísico, en cualquier caso, este último dará el visto bueno para proponérselo al radioterapeuta de ese paciente, quién decide si dicha planificación puede ser llevada a tratamiento.

EL INICIO DEL TRATAMIENTO

Una vez realizada la simulación y los cálculos para el tratamiento del tumor con la llamada planificación, es citado el paciente para comenzar la terapia.

Cuando el paciente acude el primer día de tratamiento se le dan las instrucciones necesarias para el cuidado de la zona que va a ser irradiada y toda la información acerca del tratamiento (lo que tiene que hacer, lo que se le va a realizar, la duración del tratamiento, etc...) y sobre todo, se le da una cierta confianza para que se sienta seguro, ya que el bienestar anímico es muy importante.

Dependiendo de la localización y tipo de lesión tumoral, variará la duración del tratamiento, siendo en días seguidos o alternos con los días de descanso correspondientes, los cuales suelen coincidir con el fin de semana.

La primera sesión de tratamiento se suele denominar **puesta o inicio del tratamiento**. Suele ser una sesión más larga de lo que será habitualmente, porque hay que hacer comprobaciones que no se harán todos los días; coincidencia de datos del paciente, colocación del paciente según las indicaciones de la hoja de simulación,



Pantalla de planificador dividida en 4 ventanas; 1 PTV en rojo, 2 corte transversal con haces de radiación, 3 corte coronal, 4 corte sagital.

verificación de datos dosimétricos y campos de tratamiento mediante la captura de imágenes (tipo placas de rayos x) que con los aceleradores lineales de nueva generación se realizan con sistema de **imagen portal** que se encuentra incorporado en la propia máquina y utiliza el mismo haz de radiación que el de tratamiento. Todo ello es necesario para que el tratamiento sea totalmente correcto.

Es el momento de conocer a los dos técnicos de radioterapia, que serán los encargados de aplicar todas las sesiones de tratamiento y de comunicar las incidencias que vayan surgiendo en el mismo a los médicos o a los físicos.



T.E.R.T. en la sala de control de tratamiento, con pantallas de imagen portal, monitores de T.V. de circuito cerrado, pantallas y teclado del acelerador lineal para tratamiento.

EL TRATAMIENTO

Después de la primera sesión ("puesta o inicio") el resto de *sesiones* de tratamiento son mucho más cortas ya que el primer día se ha comprobado que todo queda bien. Lo más frecuente es que sean diarias excepto sábados y domingos. La duración media de una sesión está entre 10 y 20 minutos, dependiendo de la complejidad del tratamiento. La mayor parte de este tiempo se emplea en la colocación del paciente en la mesa, su alineación con los láseres, la comprobación de distancias y la colocación de protecciones y compensadores correctamente ("bloques" o "bolus") y siendo menor el tiempo que se emplea en la propia irradiación. Una vez a la semana se realizan capturas de imágenes del tratamiento de todos los pacientes y se verifica su coincidencia con lo planificado, teniendo que ser aceptado por el médico.

Es importante que el paciente mantenga la posición en que ha sido colocado en la mesa de tratamiento por los T.E.R.T. y siga las instrucciones que le van dando. En el momento en que se vaya a administrar la terapia, los



Monitores del acelerador del tratamiento.



T.E.R.T. colocando al paciente con inmovilizador de cabeza (máscara).

técnicos salen del búnker y controlan al paciente a través de un circuito cerrado de audio y televisión, verificando que no se mueve y que no tiene ningún problema.

Durante la sesión el paciente no nota nada, sólo escucha unos sonidos coincidentes con la radiación.

A medida que el tratamiento va avanzando y se acumula la dosis recibida, pueden aparecer *efectos secundarios*, de los que el técnico tendrá que estar muy pendiente e interesarse diariamente. Algunos son muy comunes (molestias o cambios de color en la piel de la zona tratada) y otros son variables dependiendo de cada persona, tipo de tratamiento y la localización.

Antes de comenzar la terapia se le dará al paciente la información suficiente como para comprender sus síntomas y no preocuparse si estos aparecen.

La *revisión semanal* de los pacientes en tratamiento está prevista para evaluar el tratamiento y detectar posibles efectos secundarios. Además los pacientes han de consultarnos si tienen alguna molestia.

LA TERMINACIÓN DEL TRATAMIENTO Y EL SEGUIMIENTO

Al finalizar la terapia, el médico entrega al paciente un *informe* sobre el tratamiento realizado, que debe guardar para su propia información o entregarlo a su médico de atención primaria u otro especialista que lo requiera. En este informe aparecen también las recomendaciones y tratamientos que debe seguir el paciente en el caso que lo precise.

El *seguimiento* tiene como finalidad comprobar el resultado del tratamiento radioterápico, los posibles efectos secundarios a largo plazo y secuelas del mismo; así como diagnosticar las posibles recidivas y metástasis de la enfermedad. Éste varía mucho de unas instituciones a otras. En general, es el Oncólogo Radioterapeuta quien realiza el seguimiento de los pacientes tratados con radioterapia y la petición de las pruebas necesarias para ello. No obstante, en los Comités Oncológicos se decide el tipo de tratamiento que recibe cada paciente, así como quién es el especialista que realiza la petición de las pruebas de seguimiento, intercambiando la información entre los distintos servicios y especialidades.



T.E.R.T. colocando al paciente con inmovilizador de cabeza (máscara).



T.E.R.T. colocando al paciente con inmovilizador de cabeza (máscara).

Este artículo se ha centrado en la radioterapia externa aunque no debemos olvidar que el campo de la radioterapia es mucho más amplio. Con esto pretendemos dar una visión general de ésta modalidad radioterápica y que todos los lectores conozcan más este área sanitaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Ignacio Petschen Verdaguer (AERO), Bonifacio Tobarra González (SEFM). **IV Curso sobre Física de las Radiaciones aplicadas a la Radioterapia Clínica.** Páginas de la 25 a la 51 y de la 123 a la 131.
- **ICRU REPORT 50.** Desde la página 2 a la 19 y de la página 30 a la 39.
- **ICRU REPORT 62.** Desde la página 3 a la 22.
- De Vita V, Jr, Hellmann S, Rosemberg S. **Cancer. Principles ant Practice of Oncology.** Lippincott Raven. Philadelphia 1997.
- Mazon J J. Locoche T. Maugis A. **Tecnicas d` irradiation des cancers.** Virgot. 1992.
- **Nuestra propia experiencia técnica y con la colaboración de médicos y físicos de este servicio.** (Complejo Asistencial de Zamora).