
6

Radioterapia

MARÍA DOLORES SOLER GÓMEZ



Introducción

A finales del siglo XIX tienen lugar hallazgos trascendentales en el campo de la física que cambiarán la historia de la medicina moderna. Los descubrimientos del radio (1898) y de los rayos X y rayos gamma (1895) propiciaron posibilidades terapéuticas y diagnósticas por imagen hasta entonces imposibles de imaginar. Se trata de ondas electromagnéticas producidas por la emisión de electrones internos del átomo, extraordinariamente penetrantes, que atraviesan ciertos cuerpos y originan imágenes (1). A su vez, las radiaciones electromagnéticas también son una herramienta terapéutica para el tratamiento de tumores, malignos o no.

Radioterapia es el término que describe el tratamiento de las enfermedades neoplásicas mediante la utilización de rayos X o gamma a partir de una fuente de material radiactivo para detener la proliferación de células malignas, disminuyendo la tasa de mitosis o im-

pedir la síntesis de ADN (2). Su eficacia está basada en la interacción de las radiaciones con la materia, en este caso el cuerpo humano. Para ello se dispone de un aparato de alta tecnología, el acelerador, que a partir de material radiactivo, habitualmente cobalto, emite radiaciones ionizantes cuya capacidad de penetración en los tejidos está vinculada a la energía del equipo que se utiliza, actuando a la profundidad deseada para radiar el órgano enfermo. Las radiaciones tienen la propiedad de perder energía mientras recorren el espacio hasta que llegan al punto de destino, donde alcanzan el nivel más alto. A su vez, este punto se puede modular de forma que la máxima eficacia se concentra en la profundidad deseada mediante una técnica de alta precisión y se destruye así la materia, ya sean células cancerosas u otras alteraciones (3) (Ver Tabla 1).

La radioterapia es un tratamiento local y constituye el tercer pilar básico de aplicación clínica en oncología, junto con la cirugía y la quimioterapia, hasta tal punto que más de la mitad de los pacientes afectados de cáncer son subsidiarios de tratamiento radioterápico.

TABLA 1 ♦ Material radiactivo utilizado en radioterapia

Fuente radiactiva	Símbolo	Tipo de radiación
Radium	226Ra	Gamma
Cobalto	60Co	Gamma
Cesio	137Cs	Gamma
Iridio	192Ir	Gamma
Yodo	125I	Gamma
Estroncio	89Sr	Beta
Estroncio	90Sr	Beta
Yodo	131I	Gamma
Oro	198Au	Mixta

Fuente: Chacón et al (9)

En la última década, de forma paulatina pero constante, han aumentado los conocimientos acerca de los efectos de la radiación ionizante sobre los tejidos humanos y especialmente sobre los tumores malignos. En esa progresión han intervenido diversos factores: las mejoras tecnológicas de los aparatos de radiación, que se adaptan a la anatomía humana con mayor precisión, la curación lograda con el menor daño posible sobre los tejidos sanos y la inclusión de la radioterapia de forma concomitante con otras terapias para obtener mejores resultados (4,5).

Por fortuna, existen en este ámbito tecnológico políticas de detección precoz del cáncer lo que, unido a la eficacia de la tecnología actual para el tratamiento locorregional mediante radioterapia, permite aventurar el papel preponderante de esta modalidad en el abordaje de tumores malignos con resultados definitivos en términos de curación/efectos sobre la calidad de vida (5), ya que la meta que se persigue es la erradicación del tumor y la preservación de la estructura y la función de los tejidos adyacentes no afectados (6).

Aplicación de radioterapia

La primera publicación existente sobre el uso terapéutico de las radiaciones se refiere a un carcinoma de mama y data de 1896. En 1899 se trata con éxito el primer carcinoma epidermoide de piel y desde 1908 se generalizan los tratamientos con fuentes radiactivas (7). En sus inicios, el tratamiento con radioterapia aplicaba dosis elevadas en una sola sesión, con las consiguientes complicaciones derivadas de la necrosis y con importantes efectos secundarios. Desde mediados del siglo XX (1940), y tras estudios que revelaban el efecto de las radiaciones sobre los tejidos circundantes al tumor, se instaura el concepto de *fraccionamiento de las dosis* y se aplica la dosis total de radiaciones en varias sesiones y en días sucesivos (8).

El desarrollo de la energía nuclear con motivo de la Segunda Guerra Mundial promueve la fabricación de equipos que contienen en su interior una fuente radiactiva (cesio o cobalto), permitiendo tratar a los pa-

cientes a distancia (1950). Aparece también el acelerador lineal de partículas (7).

La aplicación terapéutica de la radioterapia actual no tiene, por fortuna, nada que ver con sus inicios. Aunque los fundamentos siguen siendo los mismos, se ha modificado esencialmente la posibilidad de tratar tumores profundos con excelentes respuestas clínicas y con menores efectos secundarios. A ello han contribuido diversos factores: el uso de ordenadores y la perfección técnica alcanzada por los equipos utilizados, que permiten una radiación mucho más localizada y potente sobre la diana tumoral que se desea erradicar; los conocimientos que actualmente se poseen sobre la interacción de la radiación con la materia viva y sus efectos sobre las células y, por último, la integración en la práctica clínica de diversas especialidades médicas que combinan estrategias terapéuticas para lograr un efecto exponencial sobre la enfermedad: el comité de tumores, integrado por anatomopatólogos, oncólogos, cirujanos oncológicos y oncólogos radioterapeutas, lo que permite aplicar protocolos combinados y tratamientos adyuvantes, concomitantes, neoadyuvantes o paliativos (Ver Tabla 2).

Principios de la radioterapia

En el organismo, la población celular se mantiene en un número estable gracias a un comportamiento fisiológico compensatorio denominado *cinética celular*. Las pérdidas celulares provocadas por agresiones externas o por muerte celular son compensadas con la producción de nuevas células. Como se describió en el Capítulo 1, “El cáncer: definición y generalidades”, según sea la fase del ciclo celular, dicha población se halla en un momento u otro de su proceso: nacimiento, crecimiento y diferenciación, reposo o proliferación y muerte y se dividen en:

- ◆ Células muertas.
- ◆ Células en reposo o fase G0.
- ◆ Células en actividad mitótica o proliferativa, en fase S.

Esta situación es dinámica y las células en reposo pueden incorporarse al ciclo celular activo en función de la demanda del organismo y de las necesidades tisulares del órgano en que se encuentren (7). En los tejidos tumorales la proliferación celular es más rápida

TABLA 2 ◆ Aplicación de tratamientos de radioterapia

Terapia profiláctica	Como método exclusivo (tumores estadio inicial)	Adyuvante	Concomitante	Paliativa
Profilaxis cerebral en la leucemia del niño	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tumores cutáneos epiteliales ◆ Tumores de ORL ◆ Próstata ◆ Cérvix ◆ E. Hodgkin ◆ Vesical ◆ Conducto anal 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Mama ◆ Cabeza y cuello ◆ Pulmón ◆ Colon-recto ◆ Esófago ◆ Vesical ◆ Sarcoma de tejidos blandos 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Colon-recto ◆ Microcítico de pulmón ◆ Linfoma ◆ Esófago 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Metástasis óseas ◆ Síndrome de la vena cava superior ◆ Compresión medular ◆ Metástasis cerebral ◆ Hemorragia ◆ Metástasis hepática ◆ Obstrucción esofágica

Fuente: Iwamoto (8)

y responde a una demanda creciente de células, por otra parte muy indiferenciadas.

La irradiación de la materia viva genera una serie de procesos en cascada que alteran la cinética celular. La radiación ionizante destruye la capacidad de las células en actividad mitótica para reproducirse; son las más sensibles aquéllas que se hallan en fase S o de síntesis proteica, en la que los elementos destruidos son difícilmente recuperables. Sin embargo, las células en fase G0 son prácticamente insensibles a la radiación. Este fenómeno es de suma importancia en la aplicación de tratamientos de radioterapia, teniendo en cuenta que las células de un tejido irradiado tienden a incorporar a la mayoría de células en fase de reposo G0, como acción compensatoria, de tal manera que si se administra la radioterapia en dosis fraccionadas la repetición de las dosis logrará una mayor destrucción celular y una erradicación más efectiva del tumor (7).

Los tejidos circundantes al tumor se comportan de forma similar al recibir radiación. Sin embargo, su capacidad de recuperación es mayor, por lo que los efectos a largo plazo son menores y más tolerables que en el tejido tumoral (7).

Las radiaciones ionizantes provocan destrucción celular, en algunos casos mediante impacto directo de los electrones acelerados sobre la molécula de ADN, aunque son más las células que se ven dañadas por un efecto indirecto. Cuando los rayos penetran en el núcleo celular e interaccionan con las moléculas de agua, ocasionan la formación de radicales de oxígeno. Estos radicales inestables lesionan el ácido desoxirribonucleico y rompen la cadena cromosómica. Como consecuencia se produce un daño irreparable y la muerte celular inmediata. Algunas células logran sobrevivir, pero son incapaces de subdividirse y mueren durante la mitosis o se degeneran lentamente (7,8,9).

La reacción provocada en los tejidos irradiados se denomina radiosensibilidad, entendida ésta como el efecto deseado para lograr la erradicación del tumor y “la probabilidad de que una célula muera al intentar la división, independientemente del tiempo que tarde en iniciar la división” (7) (Ver Tabla 3).

La radiosensibilidad depende de diversos factores:

- ◆ Tipo de tejido: los tejidos de proliferación celular rápida (tejido hematopoyético y criptas intestinales) con células muy indiferenciadas son altamente ra-

TABLA 3 ◆ Tipos de tumores y radiosensibilidad

Tumor	Radiosensibilidad
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Linfoma ◆ Leucemia ◆ Seminoma 	Alta
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Tumores ORL ◆ Vesical ◆ Epitelial ◆ Cérvix ◆ Tracto digestivo ◆ Hepatoma ◆ Páncreas ◆ Renal ◆ Sarcoma 	Media
Rabdomiosarcoma	Baja

Fuente: Iwamoto (8)

diosensibles. Los de proliferación celular lenta y muy diferenciados (neuronas) tardarán más tiempo en manifestar los efectos de la radiación. Este hecho explicaría los efectos secundarios agudos en los tejidos de proliferación rápida y los efectos secundarios a largo plazo que pueden producir lesiones crónicas (7,8).

- ◆ **Oxigenación:** se refiere a las características del medio que condicionan la posibilidad de recuperación celular tras la radiación. Las células bien oxigenadas son más radiosensibles que las hipóxicas. El tejido tumoral está formado por células de crecimiento rápido y desordenado que pueden estar situadas a distancia de los vasos nutrientes y que, al no recibir el oxígeno necesario, se sitúan en fase G0 de reposo y, por lo tanto, son poco sensibles a la radiación. Sin embargo, al destruir las células bien oxigenadas cercanas a los vasos, éstas ocuparán su lugar, pasando a fase S; serán destruidas con la siguiente fracción de radiación recibida (7,8).

Estos aspectos, entre otros, son tenidos en cuenta para ajustar las dosis de tratamiento y apoyan la teoría del fraccionamiento de dosis como más eficaz para erradicar los tumores porque permite:

- ◆ La *reparación* de las células tumorales y de los tejidos sanos en el intervalo entre cada radiación, con la particularidad de que los tejidos sanos están mejor oxigenados y su reparación se logra con mayor eficacia que la de las células tumorales. Este mecanismo, además, se acrecienta a medida que aumenta la dosis de radiación recibida, lo que permite destruir el tejido tumoral con lesiones “aceptables” de los tejidos sanos. Disminuyen los efectos agudos de la radiación y se logra una mejor tolerancia al tratamiento (9).
- ◆ La *reoxigenación* de las células del tejido tumoral aumenta con las dosis recibidas, lo que mejora su radiosensibilidad y el efecto terapéutico. Por otra parte, la citólisis también tiene el efecto de liberar vasos hasta entonces comprimidos por el tumor, con lo que aumentan el aporte sanguíneo y la oxigenación de las células (9).
- ◆ La *repoblación* de las células tumorales está demostrada en el cáncer de vejiga, en el melanoma, en

el cáncer cutáneo, en el cáncer inflamatorio de mama y en los tumores de cabeza y cuello. Este fenómeno se tiene en cuenta al planificar el tratamiento, no se prolongará la duración total del mismo más tiempo del estrictamente necesario y se evitarán las interrupciones por reacciones agudas en lo posible. Por último, los tumores de crecimiento rápido deben ser tratados rápidamente (9).

- ◆ La *redistribución* es otro fenómeno que contribuye a lograr el efecto terapéutico que se desea. Ya se ha descrito que las células tienen una mayor radiosensibilidad si se encuentran en fases activas de mitosis, hecho que se produce casi de forma simultánea en el tejido tumoral cuando se captan células G0 hasta ese momento en reposo, para compensar la destrucción que produce la radiación (9).

Clasificación de los tratamientos de radioterapia

Cada vez que un paciente se expone a un haz de radiación se dice que ha recibido una sesión de tratamiento. Recibe irradiación sobre la zona tumoral y sobre el área ganglionar cercana y cada una de ellas se trata con haces de radiación de diferentes incidencias, lo que se denomina campo de tratamiento. La dosis absorbida se mide en Gray (Gy) y se expresa habitualmente en centésimas de Grays o centigrays (cGy). El tratamiento convencional consiste en aplicar dosis fraccionadas cinco días a la semana, de 180 a 200 cGy/día, con lo que se obtiene un alto índice terapéutico de respuesta tumoral con los menores efectos secundarios posibles (7).

Según su finalidad, los tratamientos radioterápicos se consideran (Ver Tabla 2):

- ◆ **Radioterapia de intención profiláctica:** administra radiaciones sobre un órgano considerado con alto porcentaje de recidivas, al que no es posible alcanzar con el uso de otros tratamientos convencionales de cirugía o quimioterapia (por ejemplo, el cerebro en la leucemia aguda linfoblástica del niño).

- ◆ **Radioterapia con finalidad curativa como método exclusivo:** los tumores en estadio inicial son tratados con radioterapia radical, se obtienen resultados curativos del 75% y se conserva la estructura anatómica del órgano (10).
- ◆ **Radioterapia adyuvante y concomitante:** el tratamiento radioterápico es aplicado tras la cirugía o la quimioterapia con la finalidad de completar el control sobre la enfermedad, con lo que disminuye el riesgo de recidiva local. La tendencia actual a conservar la máxima anatomía y funcionalidad de un órgano ha introducido la asociación de diversas estrategias terapéuticas con la intención de erradicar posibles restos tumorales subclínicos que pudieran haber sido resistentes a tratamientos previos de cirugía o quimioterapia. El cáncer de pulmón, el de mama y el de colon-recto han obtenido excelentes resultados de estas asociaciones (10).

La radioterapia concomitante se basa en la aplicación de sesiones de radiación simultaneadas con la infusión de un esquema quimioterápico. Dicha asociación potencia el efecto terapéutico de ambas opciones y contribuye al aumento de la supervivencia en cáncer avanzado de colon-recto, pulmón y esófago.

La aplicación de radioterapia adyuvante y concomitante ha permitido un mejor control de la enfermedad cancerosa en muchos tumores, toda vez que contribuye a mejorar la calidad de vida de los pacientes y convierte en excepcionales las amputaciones radicales.

Se denomina neoadyuvante en el caso de que se utilice en esquemas preoperatorios con la finalidad de reducir la masa tumoral y, por tanto, la cirugía mutilante y las secuelas tardías para el paciente (10).

- ◆ **Radioterapia paliativa:** se aplica tratamiento con fines paliativos en un 30% de los pacientes tratados con radioterapia (7,10). Se logra la desaparición o mejoría de los síntomas en un 75% de los casos. Está indicada en el control de síntomas de:
 - Dolor por metástasis óseas: existe una elevada incidencia de metástasis ósea en el cáncer de

mama, de próstata y de pulmón. La localización más frecuente es la parrilla costal, la columna vertebral, la pelvis-sacro y los huesos largos. El tratamiento logra aliviar el dolor de forma rápida y eficaz (7,10).

- Metástasis hepática: la radioterapia contribuye a un mejor control del dolor, a la normalización de la función hepática y a mejorar el índice de Karnofsky (7).
- Metástasis cerebrales: la sintomatología clínica de cefalea, déficits motores, confusión, síndrome comicial, etc., es consecuencia del edema cerebral producido por el tumor. Es frecuente en tumores avanzados de mama, pulmón, melanoma y colon-recto. El tratamiento radioterápico pretende mejorar la función neurológica y se obtiene un alivio de los síntomas en la mayoría de los pacientes. La supervivencia está en torno a los 3-5 meses. Durante la irradiación se mantiene el tratamiento esteroideo y anticomicial (7).
- Hemorragia: en la hematuria de origen tumoral, la metrorragia de los cánceres ginecológicos y la hemoptisis masiva por invasión tumoral, la irradiación mejora el control de síntomas y disminuye los requerimientos transfusionales (7,10).
- El síndrome de vena cava superior: aparece cuando se obstruye el flujo sanguíneo de la vena cava superior por invasión tumoral. Se asocia al cáncer de pulmón y al linfoma. La clínica es muy característica y se considera una urgencia en radioterapia, que será el tratamiento de elección. Se logra el control de síntomas en un alto porcentaje de pacientes (7).
- La compresión medular: un pequeño porcentaje de pacientes (5%) con metástasis óseas vertebrales evoluciona hacia un síndrome de compresión medular, cuya complicación da lugar a parálisis irreversible o a la pérdida de control de esfínteres. Las manifestaciones clínicas de dolor de espalda de características radiculares, las alteraciones sensitivas y/o los trastornos esfinterianos precisan tratamiento urgente (7).
- Obstrucción esofágica: en estadios avanzados del cáncer de esófago se utiliza la radiación con

el propósito de mejorar la sintomatología del paciente, aunque el alivio de los síntomas no excede los seis meses (7).

El tratamiento radioterápico también prevé la posibilidad de aplicarse de diferentes maneras, además de las combinaciones terapéuticas ya comentadas: preoperatorio, postoperatorio, concomitante (que corresponderían a la clasificación de adyuvante o neoadyuvante) e intraoperatoria.

- ◆ **Radioterapia intraoperatoria:** permite visualizar y tratar directamente los tumores durante el acto quirúrgico. Se administra una dosis única de radiación alta (10-20 Gy) en áreas de mayor riesgo de recidiva local: partes irsecables del tumor, márgenes de la resección, etc. Se utiliza con más frecuencia en tumores de localización pelviana (recto, vejiga y ginecológicos), en tumores de localización abdominal (páncreas, vía biliar, gástrico y sarcoma retroperitoneal) y, así mismo, en tumores torácicos y sarcomas (8,10).

Tecnología utilizada

Según la tecnología empleada, la radioterapia se administra de dos maneras: externa o interna (Ver Tabla 4).

Radioterapia externa o teleterapia

La radiación con haces externos utiliza equipos que se colocan a distancia del cuerpo del paciente, distancia que varía de unos centímetros a más de un metro, según la tecnología empleada. Los pacientes reciben la radiación de forma fraccionada y sin que se requiera su ingreso. Existen tres tipos de equipos (7,8,10):

- ◆ Unidades de kilovoltaje: generadas por un tubo de rayos X, emiten energía muy baja y tienen una capacidad de penetración de unos centímetros bajo la piel. Por ese motivo se emplean sólo en el tratamiento de tumores muy superficiales, como los de piel. Actualmente están siendo sustituidas por los aceleradores lineales.
- ◆ Acelerador lineal de partículas: se trata de equipos altamente sofisticados de manejo complicado y de elevado precio. Sin embargo, su utilidad en los tratamientos de alta precisión los hace insustituibles en la radioterapia actual. Tienen la posibilidad de generar radiación corpuscular (electrones) o electromagnética (fotones). Según el tipo de energía y las características del haz empleado permite tratar tumores superficiales (con electrones) o profundos (con fotones) (Ver Imagen 1).
- ◆ Unidades de cobalto 60: contienen isótopo radiactivo (cobalto 60) alojado en el cabezal de la unidad

TABLA 4 ◆ Unidades de tratamiento radioterápico

Unidades de radioterapia externa	Unidades de braquiterapia
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Unidades de kilovoltaje ◆ Unidades de cobalto 60 ◆ Acelerador lineal 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Fuente de emisión gamma: <ul style="list-style-type: none"> - Cesio 137 - Iridio 192 - Yodo 125 ◆ Fuente de emisión de rayos beta: <ul style="list-style-type: none"> - Estroncio 90 - Itrio 90

Fuente: Hernández y Ruiz (3)



Imagen 1. Acelerador lineal. Máscara de inmovilización para radioterapia externa

que emite radiación gamma. Su poder de penetración permite tratar tumores profundos.

Braquiterapia o curiterapia

Se usan isótopos radiactivos en contacto directo con los tejidos tumorales o se sitúa la fuente radiactiva en la cavidad anatómica en la que se localiza el tumor (10). De esta forma se logran administrar dosis altas de radiación en periodos cortos de tiempo (de uno a siete días), sin daño para el tejido circundante. El procedimiento de inserción quirúrgica de la fuente radiactiva se denomina implante (7). El paciente requiere ingreso y aislamiento en condiciones extremas de radioprotección. Una de las características de esta modalidad de tratamiento es la posibilidad de suministrar dosis altas de radiación en los tejidos que estén muy próximos a la fuente radiactiva y de hacer caer bruscamente la dosis al separarse de la fuente unos milímetros, lo que permite un menor daño sobre los tejidos adyacentes (10).

Existen diversas modalidades de braquiterapia:

- ◆ Braquiterapia intersticial: las fuentes radiactivas atraviesan literalmente el tejido tumoral. Se emplea en tumores superficiales de implante quirúrgico muy accesible, como los labios, la cavidad oral, la mama, la piel, la vulva o el sarcoma de partes blandas. El isótopo más utilizado es el iridio 192 (10).
- ◆ Braquiterapia endocavitaria: la fuente radiactiva se implanta en la cavidad, orificio o conducto natural más próximo al tumor. Los tumores más comúnmente tratados con esta modalidad son los ginecológicos y los urológicos. Los isótopos más utilizados son el cesio 137 y el cobalto 60 (10).

La radioterapia externa y la braquiterapia pueden ser usadas alternativamente en un mismo paciente; la braquiterapia se reserva para el tratamiento de zonas con mayor carga tumoral o mayor probabilidad de recidiva, por ejemplo, el cáncer de lengua, de cervix y de mama.

Sustancias radiactivas por vía oral o IV

Existe una tercera forma de administración de sustancias (procedentes de fuentes sin sellar), por vía oral

o inyectadas por vía venosa, para obtener un efecto sistémico. Las sustancias radiactivas se desplazan a la zona del cuerpo que requiere tratamiento: yodo radiactivo (yodo 131) en comprimidos orales para el tratamiento del cáncer tiroideo o isótopos radiactivos que inyectados en el torrente sanguíneo localizan las células cancerosas. Son terapias de diseño configuradas como anticuerpos que son atraídos por antígenos específicos de las células tumorales sin que afecten a las células de los tejidos normales.

Planificación del tratamiento de radioterapia

La indicación terapéutica de aplicar radioterapia se realiza, como ya se ha dicho al inicio del capítulo, en el comité de tumores: se elige esta modalidad como tratamiento único o adyuvante según quede establecido en la clasificación tumoral y en el estudio de extensión. Esta pauta terapéutica entraña el diseño de un plan de tratamiento específico para cada paciente (Ver Imagen 2). El proceso, por su complejidad técnica, exige la coordinación de diversos especialistas que intervendrán en el plan terapéutico para evitar demoras, desajustes o errores y para ofrecer una secuencia bien integrada de principio a fin (8,10).

La simulación

Consiste en la preparación y elección de la técnica más apropiada para administrar la radioterapia. Se utiliza para ello un aparato de rayos X denominado simulador que reproduce la escena de tratamiento, simula la posición y el movimiento del equipo y define los campos de irradiación mediante escopia, con lo que acota el tamaño del campo de tratamiento, la distancia de la fuente a la piel, las rotaciones del aparato, etc.

Una vez delimitados los campos, se obtienen radiografías para introducir protecciones en las zonas que no se desea irradiar. La zona de tratamiento se delimita con dispositivos hechos de plomo o aleaciones de alta densidad que ayudan a minimizar el riesgo de exposición de las zonas adyacentes.

El simulador lleva incorporado una tomografía axial computarizada (TAC) para obtener cortes axiales de la anatomía del paciente, lo que permite definir con exquisita precisión el volumen diana, a la vez que se obtiene información de los órganos críticos más cercanos a la zona que se desea irradiar. La tecnología del simulador permite obtener información precisa de la zona de tratamiento y de los haces de radiación (8,10).

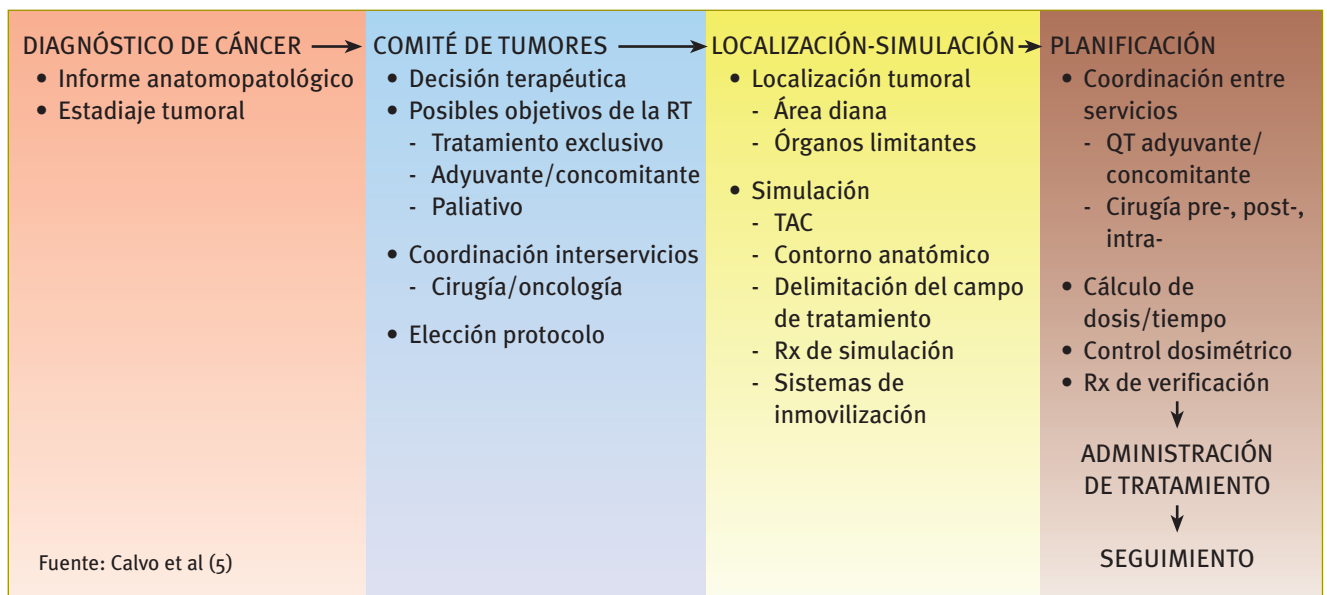


Imagen 2. Secuencia del plan de tratamiento de radioterapia externa

Los sistemas de inmovilización

La simulación permite fabricar moldes, marcas y sistemas de inmovilización correspondientes. Todo ello de modo que se pueda colocar al paciente en la posición precisa durante cada sesión de tratamiento, con lo que se evita el daño de la radiación sobre órganos críticos.

Los dispositivos más utilizados son las máscaras termoplásticas adaptadas a la anatomía del paciente (frecuentemente usadas en niños y tumores del sistema nervioso central o de cabeza y cuello), los moldes de yeso o material sintético y las cintas adhesivas o elementos de sujeción que impiden los movimientos involuntarios del paciente.

La inmovilización se complementa con marcas anatómicas y referencias que ayudan a corregir posibles errores en la colocación diaria para recibir cada sesión: ángulo de la mandíbula, ángulo orbitomeatal, altura de la mesa de tratamiento, etc. (8,10).

Administración del tratamiento

El paciente realiza una sesión de tratamiento diaria, cinco días por semana, durante un tiempo que oscila entre los quince días y las ocho semanas, según sean las dosis de radiaciones y la pauta establecida. Mediante esta aplicación fraccionada la dosis que recibe es la misma cada día (Ver Tabla 5).

La sesión tiene una duración de dos a cinco minutos, sin contar el tiempo de colocación e inmovilización en la mesa de tratamiento.

Seguimiento

Durante la duración del tratamiento, el paciente es sometido a controles periódicos de su estado general: hemograma semanal, bioquímica, radiografías y otras exploraciones, si se considera necesario. También se valoran la técnica de irradiación y sus efectos para prevenir posibles cambios en el campo de radiación (Ver Imagen 3).

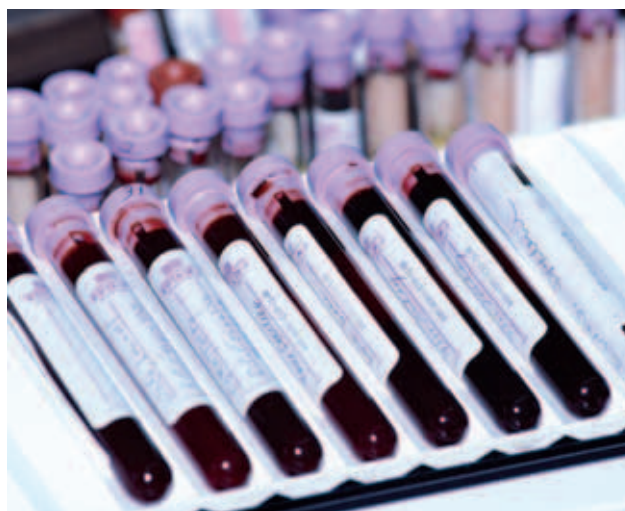


Imagen 3. Durante el tratamiento hay que someter al paciente a controles periódicos, como hemogramas semanales

TABLA 5 ♦ Dosis máximas tolerables

Órgano	Dosis máxima tolerable (cGy)
Médula ósea	450
Hígado	4.000
Estómago	5.500
Intestino	5.500
Cerebro	6.000
Pulmones	3.500
Riñones	2.000

Fuente: Iwamoto (8)

La tolerancia clínica y la detección precoz de posibles efectos tóxicos es uno de los aspectos fundamentales del seguimiento. La potencial toxicidad del tratamiento sobre la piel, las mucosas, el estado general, el patrón respiratorio y la mielosupresión debe ser conocida por la enfermera oncológica, que instaurará medidas educativas que favorezcan un me-

jor control del proceso al paciente y a su familia. Tampoco hay que olvidar que el tratamiento con radioterapia provoca además inseguridad, ansiedad, miedo e incluso fobias que requerirán de intervenciones enfermeras para apoyar la mejor adaptación al proceso y disminuir en lo posible el sufrimiento emocional. ♦

Resumen

- ◆ La radioterapia constituye, junto con la cirugía y la quimioterapia, el tercer pilar básico entre los instrumentos disponibles para tratar el cáncer. Consiste en la administración de radiaciones ionizantes aplicadas de forma local, para lo que se utilizan diversos métodos y tecnologías.
- ◆ En la última década es llamativo el avance logrado en términos de administración del tratamiento radioterápico. La eficacia de los resultados que se están obteniendo es fruto de una progresión imparable en la que han intervenido diversos factores: las mejoras tecnológicas de los aparatos de radiación, que se adaptan a la anatomía humana con mayor precisión, el efecto curativo logrado con el menor daño posible sobre los tejidos sanos y la inclusión de la radioterapia de forma concomitante con otras terapias.
- ◆ En el presente capítulo se describen las diversas formas de aplicación del tratamiento utilizando estrategias únicas o combinadas y se explican los principios básicos de la radioterapia y sus efectos sobre el organismo. Se realiza una clasificación de los diversos tipos de tratamiento según sean administrados con intención profiláctica, curativa, adyuvante, concomitante o paliativa y según diversas técnicas de aplicación: radioterapia externa, braquiterapia o sustancias por vía oral o intravenosa.
- ◆ El tema incluye la secuencia para diseñar y planificar el proceso de aplicación de tratamiento radioterápico.

Bibliografía

1. Real Academia Española. Diccionario de la Lengua Española. Vol. II. 22ª ed. Madrid: Espasa Calpe; 2001.
2. Diccionario Mosby. Medicina, Enfermería y Ciencias de la Salud. 5ª ed. Madrid: Harcourt; 2000.
3. Prats J. José Bernabéu: impulsor del futuro centro de física médica de Valencia. *El País* 2005; 22 de mayo.
4. Calvo Manuel FA. Principios de radioterapia. En: AAVV. Oncología médica. Guía de presentaciones. Madrid: SmithKline Beecham; 2000. p. 3-30.
5. Calvo Manuel FA. Radioterapia. En: Díaz-Rubio E, García-Conde J (eds.). Oncología clínica básica. Madrid: Arán; 2000. p. 269-288.
6. Gómez Bernal A. Tratamiento multidisciplinario del cáncer. Cirugía, radioterapia y quimioterapia: principios generales. En: Cruz JJ (ed.). Lecciones de oncología clínica. 2ª ed. Madrid: Arán; 1998. p. 70-74.
7. Hernández Martín A, Ruiz Alonso A. Radioterapia paliativa. En: Gómez Sancho M (ed.). Avances en cuidados paliativos. Las Palmas: Gafos; 2003. p. 229-255.
8. Iwamoto R. Radioterapia. En: Otto SE (ed.). Enfermería oncológica. 3ª ed. Madrid: Harcourt Brace; 1999. p. 512-538.
9. Chacón JL, Serrada A, González M. Principios de radioterapia (I). En: González Barón M. Oncología clínica. 2ª ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 1998. p. 329-339.
10. Calvo FA, González C, Santos JA. Principios de radioterapia (II). En: González Barón M. Oncología clínica. 2ª ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 1998. p. 341-355.