

Técnico Superior
en Radioterapia
y Dosimetría

Tratamientos con braquiterapia

Coordinador

Manuel Algara López

ARÁN

Autores

Coordinador

Manuel Algara López

Jefe del Servicio de Oncología Radioterápica del Parc de Salut Mar de Barcelona.
Profesor Asociado de los Grados de Medicina, Biología Humana y Bioingeniería de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona.
Coordinador de Diagnóstico por la Imagen y Radioterapia del Grado de Medicina, de Diagnóstico por la Imagen del Grado de Biología y de Sistemas de Imagen Biomédica del Grado de Bioingeniería de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona.
Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia en el Institut Bonanova de Barcelona

Autores

Jaume Fernández Ibiza

Médico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Quirón. Barcelona.
Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia. Institut Bonanova. Barcelona

David Gómez Gómez

Médico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Universitari Sant Joan de Reus. Tarragona. Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia. Institut Cal·lípolis. Tarragona

Benjamín Guix Melcior

Director Médico del Institut Mèdic de Onco-Radioterapia. Barcelona. Profesor Titular de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona

Iván Henríquez López

Médico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Universitari Sant Joan de Reus. Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia. Institut Cal·lípolis. Tarragona

Ismael Membrive Conejo

Médico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Parc de Salut Mar. Barcelona

Víctor Manuel Muñoz Garzón

Jefe del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Meixoeiro-CHUVI de Vigo. Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia en la Escuela Universitaria de Enfermería Povisa. Vigo

Enrique Puertas Calvo

Médico adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Quirón. Barcelona. Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia. Institut Bonanova. Barcelona

Anna Reig Castillejo

Médico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Parc de Salut Mar. Barcelona

Victoria Reyes López

Médico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Vall d'Hebron. Barcelona. Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia. Institut Bonanova. Barcelona

Matías Riera Sendra

Radiofísico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Institut Mèdic de Onco-Radioterapia. Barcelona

Nuria Rodríguez de Dios

Médico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Parc de Salut Mar. Barcelona. Profesora Asociada de los Grados de Medicina y de Biología Humana. Universidad Pompeu Fabra. Barcelona

Xavier Sanz Latiesas

Médico Adjunto del Servicio de Oncología Radioterápica. Parc de Salut Mar. Barcelona. Profesor Asociado de los Grados de Medicina y de Biología Humana. Universidad Pompeu Fabra. Barcelona

José Ignacio Tello Luque

Responsable de Radiofísica del Servicio de Oncología Radioterápica del Institut Mèdic de Onco-Radioterapia de Barcelona. Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia. Institut Bonanova. Barcelona

Agradecimientos

Queremos agradecer a los Servicios de Oncología Radioterápica de los hospitales de Meixoeiro de Vigo, San Joan de Reus, Institut Català d'Oncologia de l'Hospital del Llobregat, Institut Mèdic d'Oncologia Radioteràpica de Barcelona y al Parc de Salut Mar de Barcelona la cesión de la mayor parte de la iconografía.

Finalmente agradecer a nuestros alumnos su permanente tesón e interés; sin ellos, este libro nunca se habría escrito.

Índice

Capítulo 1

Historia y futuro de la braquiterapia	15
1. Breve historia de la braquiterapia.....	16
2. Nacimiento de la braquiterapia.....	19
3. Futuro de la braquiterapia	19
4. Sostenibilidad de la braquiterapia.....	22

Capítulo 2

Caracterización de los tipos de braquiterapia	27
1. Braquiterapia según los lugares de inserción de las fuentes radiactivas	28
2. Braquiterapia en función de la forma de insertar las fuentes radiactivas.....	31
3. Braquiterapia según la tasa de dosis administrada	33
4. Braquiterapia según la duración del implante radiactivo	35
5. Formas de presentación de las fuentes radiactivas	37
6. Aplicadores	40
7. Equipos de carga automática	44

Capítulo 3

Caracterización de las instalaciones de braquiterapia	53
1. Aspectos generales del diseño de la instalación.....	54
2. Instalaciones de braquiterapia de baja tasa de dosis	59
3. Instalaciones de braquiterapia de alta tasa de dosis	64

4. Instalaciones de braquiterapia metabólica	65
5. Sistemas auxiliares	69
6. Equipos de protección radiológica	71
7. Detectores de radiación empleados en la dosimetría de área y personal.....	73

Capítulo 4

Aplicación de procedimientos de manipulación de las fuentes radiactivas...	87
1. Características de las fuentes radiactivas empleadas en braquiterapia	88
2. Adquisición, recepción y almacenamiento de las fuentes radiactivas	92
3. Registros y control de las fuentes radiactivas.....	93
4. Procedimientos operativos en la manipulación de las fuentes radiactivas	95
5. Vigilancia de la radiación	98
6. Gestión de los residuos radiactivos	100

Capítulo 5

Aplicación de tratamientos de braquiterapia intracavitaria y endoluminal ...	111
1. Instrumentación y equipos.....	112
2. Tratamientos combinados con teleterapia y quimioterapia.....	115
3. Braquiterapia intracavitaria en tumores ginecológicos: vagina, cérvix y endometrio.....	116
4. Braquiterapia en tumores quísticos recurrentes intracraneales con fósforo-32 ...	122
5. Braquiterapia endobronquial, esofágica y endovascular	123

Capítulo 6

Aplicación de tratamientos de braquiterapia intersticial y superficial	133
1. Instrumentación y equipos	134
2. Braquiterapia de tumores ginecológicos de vulva y vagina	135
3. Braquiterapia prostática	138
4. Braquiterapia de mama.....	140
5. Braquiterapia en la esfera otorrinolaringológica (ORL): lengua, paladar, amígdalas y mejillas	141
6. Braquiterapia de ano y recto	145
7. Braquiterapia de pene.....	148
8. Braquiterapia de tumores cutáneos y oculares	149
9. Braquiterapia intraoperatoria.....	152

Capítulo 7

Caracterización de los tratamientos con braquiterapia metabólica	161
1. Características de la braquiterapia metabólica	162
2. Aplicaciones clínicas de la terapia metabólica.....	166
3. Procedimientos operativos durante la terapia metabólica	172
4. Procedimientos operativos posteriores a la terapia metabólica.....	175
5. Prestación asistencial al paciente hospitalizado en la unidad de terapia metabólica.....	177
6. Urgencias en terapia metabólica.....	177

Soluciones “Evalúate tú mismo”	186
---	-----

capítulo

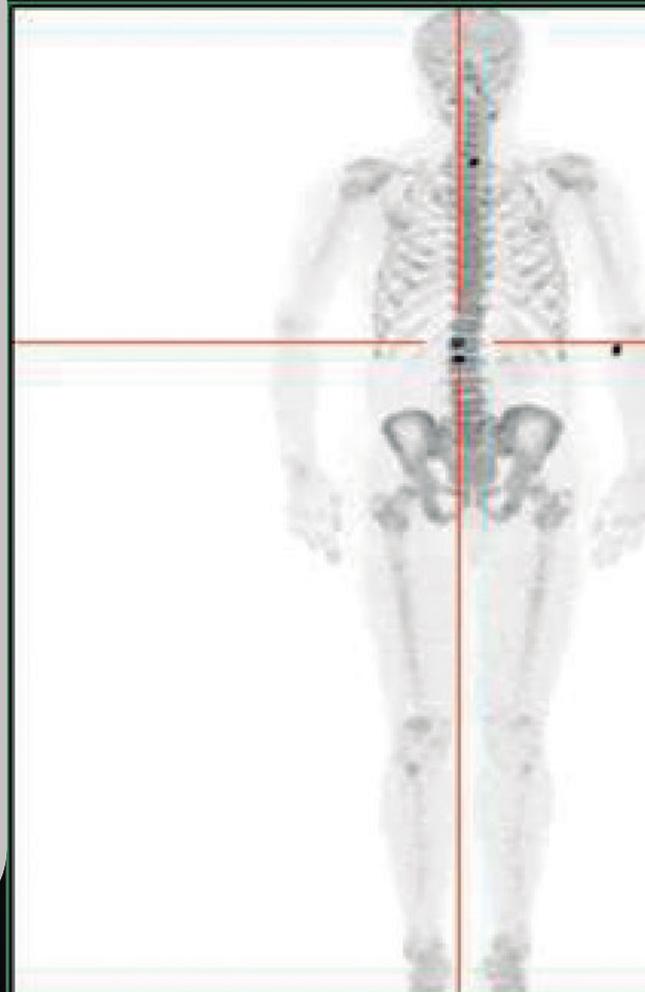
7

CARACTERIZACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS CON BRAQUITERAPIA METABÓLICA

*David Gómez Gómez,
Iván Henríquez López,
Nuria Rodríguez de Dios,
Xavier Sanz Latiesas*

Sumario

1. Características de la braquiterapia metabólica
2. Aplicaciones clínicas de la terapia metabólica
3. Procedimientos operativos durante la terapia metabólica
4. Procedimientos operativos posteriores a la terapia metabólica
5. Prestación asistencial al paciente hospitalizado en la unidad de terapia metabólica
6. Urgencias en terapia metabólica



La braquiterapia metabólica es un proceso terapéutico que utiliza fuentes radiactivas no encapsuladas en forma de radiofármacos. Aunque es un procedimiento seguro, conlleva una serie de riesgos (contaminación, exposición) que hacen imprescindibles un diseño adecuado de las instalaciones, una preparación estricta de los procedimientos y una educación del paciente para su actividad previa, durante y posterior al tratamiento. Las aplicaciones clínicas más utilizadas son el **tratamiento de las enfermedades tiroideas y el tratamiento de las metástasis óseas**, pero en este capítulo comentaremos también otros procesos terapéuticos menos habituales y sus vías de administración.

I. CARACTERÍSTICAS DE LA BRAQUITERAPIA METABÓLICA

I.1. ¿Qué es la braquiterapia metabólica?

Consiste en el uso de sustancias radiactivas no encapsuladas con fines terapéuticos. **La fijación de estas fuentes radiactivas al órgano diana o región que se va a tratar depende de la afinidad de su interacción con procesos metabólicos propios del organismo** (por ejemplo, la absorción de yodo por el tiroides) o de la vía de administración (inyección intraarticular de radiofármacos). La cantidad de radiación depositada varía en función de la dosis/cantidad de fármaco administrada. Para obtener esta finalidad terapéutica se utilizan radioisótopos emisores de partículas beta y energías altas con un elevado poder de irradiación local.

La braquiterapia metabólica tiene diversas aplicaciones muy específicas (Tabla 1), aunque el procedimiento más habitual es el tratamiento de las enfermedades tiroideas. Su campo de aplicación pertenece de forma general a la especialidad de medicina nuclear.



RECUERDA QUE

Una partícula beta (β) es un electrón que sale despedido de una desintegración beta. No tiene capacidad para atravesar una hoja de papel de aluminio.

I.2. Radionúclidos y radiofármacos

Un radionúclido es un átomo radiactivo y el elemento clave en la actividad terapéutica de la braquiterapia metabólica. Para que puedan ser aplicados en la práctica clínica es preciso disponer de radionúclidos de fácil acceso hospitalario, seguros para el paciente y que tengan capacidad para concentrarse en la zona objetivo de tratamiento para evitar así una irradiación más generalizada y afectar diferentes órganos de riesgo. Los radionúclidos, por sí solos, muy pocas veces presentan la afinidad deseada por el órgano diana por tratar (excepto el yodo-131 por el tiroides). Para que cumplan esta condición se procede a la unión con moléculas que sí tengan afinidad por esa zona, obteniendo así un **radiofármaco**.

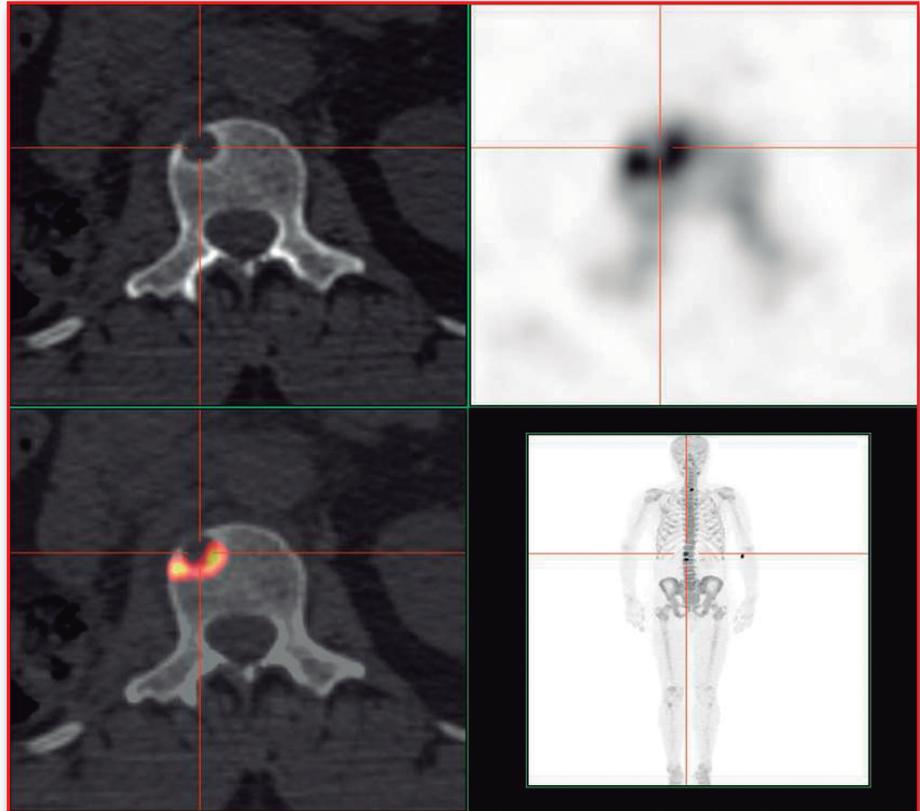


Figura 1. PET-TC SCAN que objetiva metástasis óseas tras inyección de 18-FDG.

】 **Dosis absorbida:** es el cociente entre la energía media depositada y la masa del volumen. La unidad de dosis absorbida es el Gray (Gy), que equivale a 1 J/kg.

Los efectos del tratamiento, en términos de respuesta y toxicidad, son dependientes de la dosis absorbida más que del nivel de la actividad administrada.

Resulta impensable que un paciente reciba un tratamiento de radioterapia externa o braquiterapia sin una planificación previa, y que la prescripción sea hecha en términos de dosis absorbida por el volumen diana y los órganos de riesgo. La terapia metabólica tiene en común con la braquiterapia el hecho de que la fuente radiactiva está situada en el interior del cuerpo del paciente. Pero en el tratamiento metabólico esta fuente es difusa y normalmente se administra como un radiofármaco por vía endovenosa u oral.

En esta modalidad terapéutica, la distribución de la dosis depende de diversos factores (que son los elementos necesarios para hacer la estimación de la dosis absorbida) como son:

】 **Tipo de radiofármaco** (energía liberada, tiempo de vida media, vía de administración y velocidad de eliminación del organismo).

› **Actividad administrada.**

› **Características del paciente** (edad, sexo, altura, peso, patologías intercurrentes, medicación activa...).

› **Fracción de energía liberada** absorbida por los diferentes órganos y su contribución en la irradiación del órgano diana.

Para llevar a cabo la estimación de dosis en un paciente se utilizan de forma más habitual dos sistemas:

› **ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica).**

› **MIRD (*Medical Internal Radiation Dosimetry*).**

La metodología y ecuaciones de ambos sistemas son equivalentes, aunque presentan diferencias en su nomenclatura.

Publicaciones de la ICRP presentan los datos biocinéticos y dosimétricos necesarios para los cálculos de estimación de dosis de los diferentes radiofármacos. La Tabla 2 muestra, como ejemplo, las diferentes dosis absorbidas por órgano en función de la edad del paciente objetivadas y utilizadas para el cálculo dosimétrico del radiofármaco cromo EDTA.



www.icrp.org

Dosis absorbida por unidad de actividad administrada (mGy/MBq) por órgano en función de la edad del paciente para el cromo EDTA

TABLA 2

Órgano	Adulto	15 años	10 años	5 años	1 año
Pared vejiga	2,3E-02	3,2E-02	4,6E-02	7,0E-02	1,3E-01
Mama	5,6E-04	5,6E-04	8,3E-04	1,3E-03	2,6E-03
Pared gástrica	7,3E-04	8,4E-04	1,3E-03	2,1E-03	3,6E-03
Intest. delgado	1,1E-03	1,4E-03	2,1E-03	3,3E-03	5,8E-03
Riñones	1,8E-03	2,2E-03	3,2E-03	4,6E-03	8,1E-03
Hígado	6,8E-04	8,3E-04	1,3E-03	2,1E-03	3,8E-03
Pulmones	5,7E-04	7,2E-04	1,1E-03	1,7E-03	3,2E-03
Ovarios	1,6E-03	2,0E-03	3,0E-03	4,5E-03	7,6E-03
Testículos	1,2E-03	1,6E-03	2,8E-03	4,2E-03	7,8E-03
Tiroides	5,3E-04	7,3E-04	1,2E-03	1,9E-03	3,5E-03
Médula ósea	8,7E-04	1,0E-03	1,5E-03	2,1E-03	3,5E-03

2.1.1. Vía de administración y dosis

El **yodo-131 es administrado por vía oral** y está disponible en forma de cápsulas o en forma de solución líquida. La **terapia ablativa** se define como la administrada inmediatamente después de la cirugía radical. La dosis varía entre 1 y 4 GBq de I-131 dependiendo del volumen del tejido residual, el nivel de tiroglobulina y la información de las pruebas de imagen. La dosis administrada para metástasis ganglionares son del orden de 3,7-6,47 GBq de I-131, en los tumores que se extienden a través de la cápsula tiroidea y que han sido resecados de forma incompleta son tratados con dosis entre 3,7-7,4 GBq y para las metástasis a distancia se requieren dosis de 7,4 GBq, excepto en caso de afectación difusa pulmonar, que se trata con 5,5 Gbq como máximo para evitar la toxicidad pulmonar. Después del tratamiento (1-3 días) se debe realizar un rastreo corporal de I-131 para documentar la fijación del fármaco y la extensión de la enfermedad (Figura 2).

2.1.2. Efectos secundarios

Los efectos secundarios tempranos incluyen mucositis oral, náuseas, vómitos ocasionales, sialadenitis, pérdida o alteración del gusto. Las dosis altas (5,55-7,4 GBq) pueden producir un descenso transitorio de las plaquetas y los glóbulos blancos. Los efectos secundarios crónicos son alteraciones en la fertilidad, xerostomía por daño permanente a las glándulas salivales y de forma excepcional, xeroftalmia.

2.1.3. Utilidad en patología tiroidea benigna

La braquiterapia con yodo puede estar indicada en enfermedades benignas del tiroides como: enfermedad de Graves (hipertiroidismo autoinmune), bocio multinodular tóxico, nódulo hiperfuncionante solitario, bocio multinodular no tóxico o el bocio recurrente tras cirugía. La dosis administrada varía entre 3-8 MBq por gramo de tejido tiroideo estimado. Como preparación previa al tratamiento, se debe suspender la medicación antitiroidea 5-7 días antes.

2.2. Tratamiento paliativo de las metástasis óseas

El objetivo de la terapia metabólica en el tratamiento de las metástasis óseas es el de aliviar el dolor, reducir la necesidad de analgésicos y mejorar la calidad de vida del paciente. El requisito para



Figura 2. Rastreo corporal al tercer día de la administración de I-131 en paciente con cáncer de tiroides.

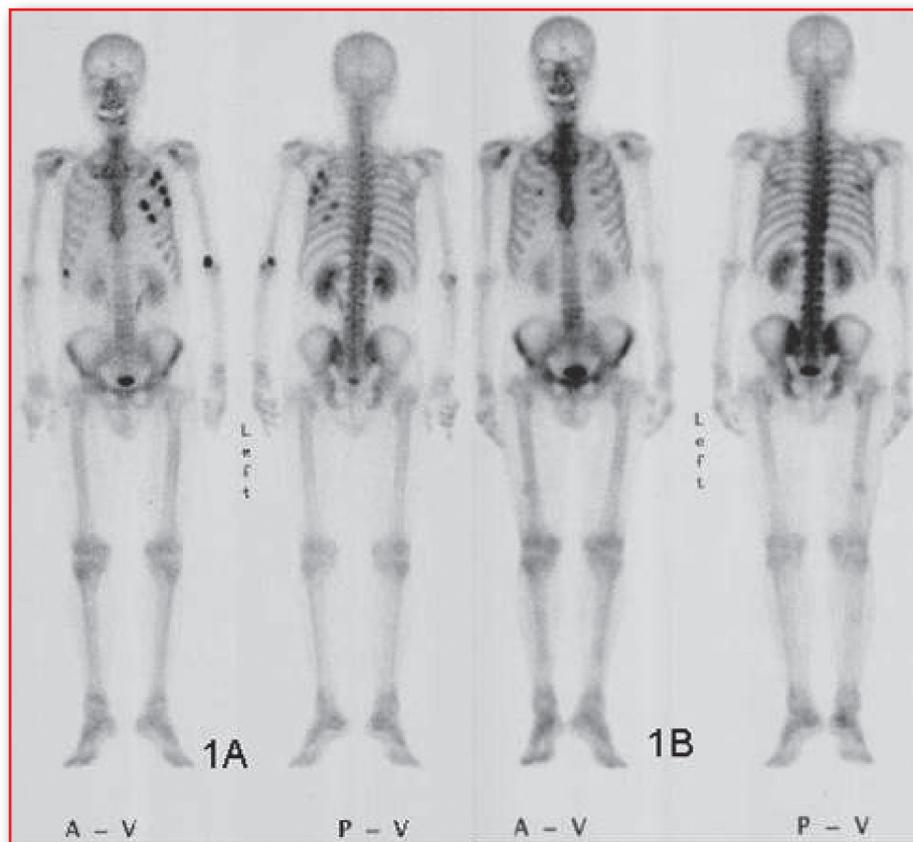


Figura 3. Gammagrafía ósea que muestra metástasis óseas en múltiples localizaciones.

este tratamiento es la demostración de lesiones óseas hipercaptantes de TC-99 en la gammagrafía ósea y que sean concordantes con las zonas dolorosas.

Los principales tumores primarios son **carcinomas de mama, próstata y pulmón**. Se han obtenido resultados similares con la aplicación de P-32 (fósforo 32 fosfato), SR-89 (estroncio 89 cloruro) y Sm-153 (samario 153 leixidronam). Entre el 60 y el 75 % de los pacientes presentan una buena respuesta a estos tratamientos, la duración de la respuesta varía entre 6 y 24 semanas (con una media de 12 semanas). Una proporción significativa de los pacientes que responden al tratamiento (40-50 %) deja de necesitar analgésicos, mientras que el resto requiere dosis moderadas de analgésicos orales para estar libre de dolor. En la mayoría de metástasis óseas de forma simultánea a la destrucción del tejido hay procesos de nueva formación. Los radiofármacos indicados presentan una rápida acumulación en las zonas de reparación ósea.

La indicación es el **tratamiento del dolor** secundario a metástasis óseas con afectación de múltiples localizaciones (Figura 3). Las contraindicaciones absolutas serían el embarazo o lactancia y las relati-

sidades con una capacidad secretora, y determinan la cantidad y la composición del fluido sinovial que lubrica la articulación. En la artritis inflamatoria y en las variedades reumatológicas, los cambios inflamatorios conllevan a un incremento en la vascularización que desemboca en una proliferación de la capa sinovial, infiltración linfocitaria, fibrosis derrames articulares. El objetivo de la sinoviortesis es la destrucción de esta proliferación y de la capa sinovial inflamada mediante la radiación directa, esperando que la sinovial regenerada se desarrolle libre de enfermedad. Los cambios histológicos incluyen la reducción de las infiltraciones celulares y, en ocasiones, la esclerosis de la sinovial.

Las indicaciones para la radiosinovectomía son la artritis reumatoide (con derrames articulares persistentes), otras enfermedades articulares inflamatorias, sinovitis **vellonodular** pigmentaria, enfermedad articular por hemofilia, artropatía crónica por pirofosfatos, derrame articular persistente tras prótesis de rodilla, quiste de Baker, artropatía activada y la poliartrosis de las articulaciones de los dedos. Como en los casos anteriores las contraindicaciones absolutas son el embarazo o la lactancia y, en este caso las relativas son la sepsis periarticular, la celulitis subyacente, la bacteriemia, la articulación inestable, la fractura intraarticular y la articulación séptica.

La radiosinovectomía puede ser indicada en pacientes con mal control de su enfermedad después de 6 meses con tratamiento con corticoides. Algunas de las indicaciones anteriores pueden ser tratadas alternativamente con técnicas de radioterapia externa (ver capítulo 9 del libro *Tratamientos con teleterapia*). Actualmente el radioisótopo más utilizado es el Itrio-90, en su forma de coloide Y-90 citrato.



Figura 4. Inyección intraarticular en la rodilla.

2.3.1. *Vía de administración y dosis*

La inyección intraarticular consigue una distribución uniforme en toda la superficie articular (Figura 4). Simultáneamente a la inyección del radiofármaco se administra también dentro de la cavidad articular un corticoide de larga actividad y al finalizar se aplica un vendaje compresivo. Se recomienda el reposo de la extremidad durante 48 horas.



Figura 5. Gorro, mascarilla y gafas protectoras.

protectora de un solo uso, mascarilla, gafas especiales y polainas para el calzado (Figura 5).

- › Las fuentes no encapsuladas o los viales radiactivos **pueden ser manipuladas mediante pinzas especiales, para reducir la irradiación de las manos**; siguiendo la ley del inverso del cuadrado de la distancia, por la que si se dobla la distancia a la fuente se reduce la intensidad de la radiación por un factor 4.
- › **Es obligatorio manipular siempre las fuentes con un blindaje apropiado** (Figuras 6 y 7).



Figura 6. Jeringa para inyección de radiofármaco y blindaje.



Figura 7. Transporte plomado para jeringas con material radiactivo.

RESUMEN

- ✓ La **braquiterapia metabólica** es un procedimiento terapéutico que utiliza fuentes radiactivas no encapsuladas en forma de radiofármacos. La distribución del radiofármaco y su efecto en el organismo depende de la interacción con procesos metabólicos naturales (absorción de yodo por el tiroides, resorción ósea) o de la vía de administración (inyección intraarticular, embolización arterial). Los **radionúclidos** utilizados emiten partículas beta, con poca penetrancia pero con alta energía y poder de irradiación local.
- ✓ La braquiterapia metabólica tiene muchas aplicaciones, en patología benigna y tratamiento del cáncer, pero globalmente el procedimiento más frecuente es el **tratamiento del cáncer de tiroides**.
- ✓ Igual que en otras modalidades de radioterapia, es imprescindible la realización de una **dosimetría** previa al tratamiento, para predecir los resultados terapéuticos y la toxicidad del procedimiento. Los efectos dependerán de la dosis absorbida más que de la actividad administrada. Esta dosis absorbida promedio depende de factores biológicos, energía liberada por el radionúclido y de la fracción de energía emitida que es absorbida por el blanco. En todos estos procedimientos es de vital importancia garantizar unas **medidas de seguridad** que deben cumplir la **instalación**, el **personal sanitario** y los **pacientes**.
- ✓ Tras la administración de un tratamiento con radionúclidos, y en función de la actividad radiactiva residual, se deben mantener de forma estricta (durante el periodo de ingreso y al alta hospitalaria) las **medidas que garanticen la menor exposición posible y contaminación del paciente y su entorno**. Estas medidas incluyen entre otras el mantenimiento de una distancia de seguridad, el uso de ropa y cubiertos desechables, medidas de higiene, etc. La **contraindicación absoluta** para la **braquiterapia metabólica** es el **embarazo**, que siempre debe ser descartado de forma activa. Se recomienda un periodo de 6 meses antes de una nueva gestación.

G L O S A R I O

ALARA, as low as reasonably achievable: “tan bajo como sea razonablemente alcanzable”. Este es uno de los principios básicos para establecer cualquier medida de seguridad radiológica. Para lograr esto hay que cumplir tres criterios básicos: distancia, blindaje y tiempo.

Bacteriemia: presencia de bacterias en la sangre.

Hemoperfusión: procedimiento de filtrado de la sangre a través de una columna de carbón activado o resina de intercambio.

Linfedema: edema producido por una obstrucción en los canales linfáticos del organismo. Se produce por la acumulación del líquido linfático en los espacios intersticiales, dentro del tejido celular subcutáneo. Se produce por fallo o insuficiencia del sistema linfático, y se manifiesta con el aumento del volumen de las zonas afectas.

Membrana sinovial: fina capa de tejido que recubre la parte interna de la cápsula articular (estructura que envuelve las articulaciones móviles de los animales vertebrados). Tiene la función de producir el líquido sinovial, que se encuentra en el interior de las articulaciones y sirve para facilitar los desplazamientos de los extremos óseos mediante su lubricación, además aporta nutrientes a los cartílagos que recubren la superficie de los huesos.

Mucositis: inflamación dolorosa de la mucosa, es decir, de la membrana que reviste las cavidades del cuerpo en contacto con el exterior (cavidad oral, tracto gastrointestinal...). Normalmente se asocia como efecto secundario de los tratamientos de quimio y radioterapia.

Sepsis: es la respuesta sistémica del organismo huésped ante una infección.

Sialadenitis: inflamación de las glándulas salivales.

Tiroglobulina: proteína sintetizada por el tiroides como precursora de las hormonas tiroideas.

Xeroftalmia: sequedad permanente de la conjuntiva ocular. Los síntomas de la xeroftalmia son escozor o quemazón de ojos, sensación de cuerpo extraño, picor o prurito, legañas y enrojecimiento conjuntival.

Xerostomía: sequedad de boca por disfunción de las glándulas salivales.



EJERCICIOS

- › E1. Diseña una unidad de braquiterapia metabólica.
- › E2. Representad en grupo las medidas de protección que se siguen durante el ingreso tras la administración de un tratamiento con I-131. Se deberán dividir los papeles dentro del grupo de trabajo en pacientes, personal sanitario y familiares.
- › E3. Representad en grupo las medidas de protección que se siguen al alta domiciliaria tras la administración de un tratamiento con I-131. Se tiene que mostrar la vida en el domicilio y las implicaciones en el lugar de trabajo.



EVALÚATE TÚ MISMO

1. La radiación de la braquiterapia metabólica procede de:

- a) Fuentes radiactivas encapsuladas.
- b) Acelerador lineal.
- c) Fuentes radiactivas no encapsuladas.
- d) Ninguna de las anteriores.

2. ¿Cuál de las siguientes no es una vía de administración utilizada en braquiterapia metabólica?:

- a) Oral.
- b) Inhalatoria.
- c) Intraarterial.
- d) Endovenosa.

3. El número de desintegraciones por segundo de un radionúclido es:

- a) La dosis.
- b) La radiación absorbida.
- c) La actividad.
- d) La energía.



SOLUCIONES
EVALÚATE TÚ MISMO



http://www.aranformacion.es/_soluciones/index.asp?ID=22



ISBN 978-64-16141-74-6



9 788416 141746