

**Técnico Superior
en Radioterapia
y Dosimetría**

Tratamientos con teleterapia

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. 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 de Radioterapia en el Institut Bonanova de Barcelona

Autores

Meritxell Arenas Prat

Directora del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Universitari Sant Joan de Reus. Tarragona. Profesora Asociada del Grado de Medicina. Universitat Rovira i Virgili. Tarragona. Profesora de Técnicos Especialistas en Radioterapia. Institut Cal·lípolis. Tarragona

Jaume Fernández Ibiza

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

Jordi Flores Flores

Técnico Superior en Radioterapia. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Parc de Salut Mar. Barcelona. Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia. Escuela San Antonio María Claret. Barcelona

Palmira Foro Arnalot

Jefe de Sección. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Parc de Salut Mar. Barcelona. Profesor Asociado de los Grados de Medicina y de Biología Humana. Universidad Pompeu Fabra. Barcelona

David Gómez Gómez

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

Iván Henríquez López

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

Rafael Jiménez Lahuerta

Técnico Superior en Radioterapia. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Parc de Salut Mar. Barcelona. Supervisor de Técnicos. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Parc de Salut Mar. Barcelona

Sergi Madirolas García

Técnico Superior en Radioterapia. Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica. Hospital Vall d'Hebrón. Barcelona. Profesor del Módulo de Técnico Especialista de Radioterapia. Institut Bonanova. Barcelona

Iván Márquez Gil

Técnico Superior en Radioterapia. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Parc de Salut Mar. Barcelona. Profesor del Módulo de Técnico Superior en Radioterapia. Escuela San Antonio María Claret. Barcelona

Ángela Matías Pérez

Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Universitario de Salamanca. Salamanca

Adelaida Nieto Palacios

Médico Adjunto. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Universitario de Salamanca. Salamanca

Òscar Pera Cegarra

Radiofísico Adjunto. Sección de Física del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Parc de Salut Mar. Barcelona. Profesor del Módulo de Técnico Especialista de Radioterapia. Institut Bonanova. Barcelona

Luis A. Pérez Romasanta

Jefe del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Universitario de Salamanca. Salamanca

Miguel Prieto Carballo

Técnico Especialista en Radioterapia. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Parc de Salut Mar. Barcelona

Jaume Quera Jordana

Responsable de la Sección de Física del Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Parc de Salut Mar. Barcelona. Profesor Asociado de los Grados de Medicina, Biología Humana y Bioingeniería. Universidad Pompeu Fabra. Barcelona

Anna Reig Castillejo

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

Victoria Reyes López

Médico Adjunto. Servicio de Oncología Radioterápica. Hospital Vall d'Hebrón. Barcelona. Profesor del Módulo de Técnico Especialista de Radioterapia. Institut Bonanova. Barcelona

Nuria Rodríguez de Dios

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

Xavier Sanz Latiesas

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

Agradecimientos

Queremos agradecer a los Servicios de Oncología Radioterapia y Radiofísica de los Hospitales San Joan de Reus, Universitario de Salamanca, Quirón, Vall D'Hebron y Parc de Salut Mar la cesión de la mayor parte de la iconografía.

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

Índice

Capítulo 1

Caracterización de los equipos empleados en radioterapia externa	17
1. Características y funcionamiento de los aceleradores lineales	18
2. Características y funcionamiento del equipo de cobaltoterapia	39
3. Descripción de los protocolos de mantenimiento y control de calidad en función de los equipos.....	43
4. Controles diarios en los equipos de tratamiento.....	50
5. Sistemas informáticos de verificación y control del tratamiento	54
6. Avances tecnológicos en los equipos de tratamiento.....	64

Capítulo 2

Caracterización de las instalaciones de radioterapia externa	83
1. Aspectos generales del diseño de las instalaciones con aceleradores lineales de electrones y unidades de cobalto.....	84
2. Sistemas de seguridad para la protección frente a la radiación	87
3. Procedimientos operativos especiales para las unidades de cobalto	94
4. Sistemas auxiliares	96
5. Equipos de protección radiológica	99
6. Emergencias en radioterapia externa.....	101

Capítulo 3

Identificación y descripción de las técnicas de tratamiento en radioterapia externa	113
1. Radioterapia conformada en 3D con campos fijos.....	114
2. Radioterapia conformada en 3D con campos móviles.....	118
3. Radioterapia guiada por la imagen	118
4. Radiocirugía.....	123
5. Radioterapia estereotáctica fraccionada: intracraneal y extracraneal.....	126
6. Radioterapia de intensidad modulada	128
7. Hadronterapia.....	130
8. Radioterapia intraoperatoria	131
9. Irradiación corporal total.....	132

Capítulo 4

Aplicación de tratamientos con radioterapia externa de los tumores del sistema nervioso central	143
1. Tumores del sistema nervioso central sensibles a la radioterapia	144
2. Radioterapia conformada en 3D en los tumores del sistema nervioso central.....	155
3. Radioterapia de intensidad modulada en los tumores del sistema nervioso central	160
4. Radiocirugía y radioterapia estereotáctica fraccionada	160
5. Efectos secundarios del tratamiento	162

Capítulo 5

Aplicación de tratamientos con radioterapia externa de los tumores situados en la región torácica	171
1. Cáncer de mama.....	172
2. Radioterapia en el cáncer de mama.....	182
3. Cáncer de pulmón.....	192
4. Radioterapia en el cáncer de pulmón.....	200
5. Cáncer de esófago	204
6. Radioterapia en el cáncer de esófago: técnica de tratamiento habitual con radioterapia conformada en 3D	212
7. Tratamiento con radioterapia del síndrome de compresión de la vena cava superior	214

Capítulo 6

Aplicación de tratamientos con radioterapia externa en los tumores situados en abdomen y pelvis	223
1. Cáncer de estómago y páncreas.....	224
2. Radioterapia en cáncer de estómago y páncreas. Técnica de tratamiento habitual con radioterapia conformada en 3D.....	232
3. Cánceres ginecológicos	234

4. Radioterapia en los tumores ginecológicos: cérvix, endometrio, vagina y vulva. Técnica de tratamiento habitual con radioterapia conformada en 3D ...	243
5. Cáncer colorrectal y de vejiga	249
6. Radioterapia en el cáncer colorrectal y de vejiga: técnica de tratamiento habitual con radioterapia conformada en 3D	255
7. Cáncer de próstata	258
8. Tratamiento en el cáncer de próstata con radioterapia externa: técnica de tratamiento habitual con radioterapia conformada en 3D	262

Capítulo 7

Aplicación de tratamientos con radioterapia externa de los tumores de cabeza y cuello	271
1. Radioterapia en los tumores de la cavidad oral	272
2. Tumores de nasofaringe, orofaringe e hipofaringe	277
3. Radioterapia en los tumores de laringe	286
4. Radioterapia de los tumores de la cavidad nasal y los senos paranasales	291
5. Técnica de tratamiento habitual con radioterapia conformada en 3D y de intensidad modulada	293
6. Tratamiento de las cadenas ganglionares	301

Capítulo 8

Aplicación de tratamientos con radioterapia externa en los tumores hematológicos, linfoides, sarcomas óseos y de partes blandas	311
1. Radioterapia en los linfomas	312
2. Irradiación corporal total con fotones en el acondicionamiento previo al trasplante de médula ósea en los tumores hematológicos	324
3. Radioterapia en los sarcomas de huesos y partes blandas: técnica de tratamiento habitual con radioterapia conformada en 3D	328
4. Tratamiento urgente en el síndrome de compresión de la médula espinal	338
5. Tumores malignos en niños	340

Capítulo 9

Enfermedades benignas	361
1. Concepto de la irradiación en la enfermedad no oncológica	362
2. Mecanismos fisiopatológicos en los que puede intervenir la radioterapia en las enfermedades benignas	363
3. Generalidades del tratamiento: técnica y dosis	364
4. Enfermedades benignas del sistema osteomuscular	365
5. Enfermedades benignas de los vasos	367
6. Otros	369
7. Seguimiento y toxicidad crónica	371

Soluciones “Evalúate tú mismo”	379
---	-----

capítulo

I

CARACTERIZACIÓN DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN RADIOTERAPIA EXTERNA

Jaume Quera Jordana

Sumario

1. Características y funcionamiento de los aceleradores lineales
2. Características y funcionamiento del equipo de cobaltoterapia
3. Descripción de los protocolos de mantenimiento y control de calidad en función de los equipos
4. Controles diarios en los equipos de tratamiento
5. Sistemas informáticos de verificación y control del tratamiento
6. Avances tecnológicos en los equipos de tratamiento



En este capítulo se estudia el **funcionamiento de los equipos emisores de radiación utilizados en radioterapia externa**. Se describe el funcionamiento de los **aceleradores lineales** desde la generación del haz hasta los sistemas que hacen posible su utilización para el tratamiento. Aunque con un menor uso, se describen las **unidades de cobaltoterapia** que incorporan un isótopo radiactivo como fuente emisora de radiación, por ser dispositivos aún utilizados en nuestro país. Todas las unidades emisoras de radiación deben someterse a una serie de **verificaciones y controles periódicos** enunciados en este capítulo. Se estudian las características de los **sistemas informáticos utilizados en radioterapia**: estructura de la base de datos, tipos de datos y forma de verificar el correcto tratamiento del paciente. Finalmente, se describen los **últimos avances en radioterapia externa**.



Figura 1. Acelerador lineal (imagen cortesía de Elekta).

I. CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS ACELERADORES LINEALES

Los aceleradores lineales son **equipos capaces de producir haces de radiación** de diferentes energías de electrones y fotones de rayos X. Esto los convierte en herramientas muy versátiles para el tratamiento de un gran número de tumores (Figura 1). La tasa de dosis suministrada por los aceleradores lineales es alta y, según las necesidades del tratamiento, puede variarse.

Los aceleradores lineales pueden ser:

- 】 **Monoenergéticos:** producen haces de fotones de una sola energía, de 4 o 6 MV.
- 】 **Multienergéticos:** producen haces de fotones de diferentes energías, normalmente dos de entre 4 y 23 MV, y haces de electrones de diferentes energías.

Las **partes** de las que se compone **un acelerador lineal** son: **estativo, brazo, modulador, mesa de tratamiento y zona de control** (Figura 2). El estativo se fija al suelo y sustenta el brazo giratorio que permitirá hacer el tratamiento.



RECUERDA QUE

Los aceleradores lineales de electrones son las unidades de tratamiento más utilizadas desde 1990.

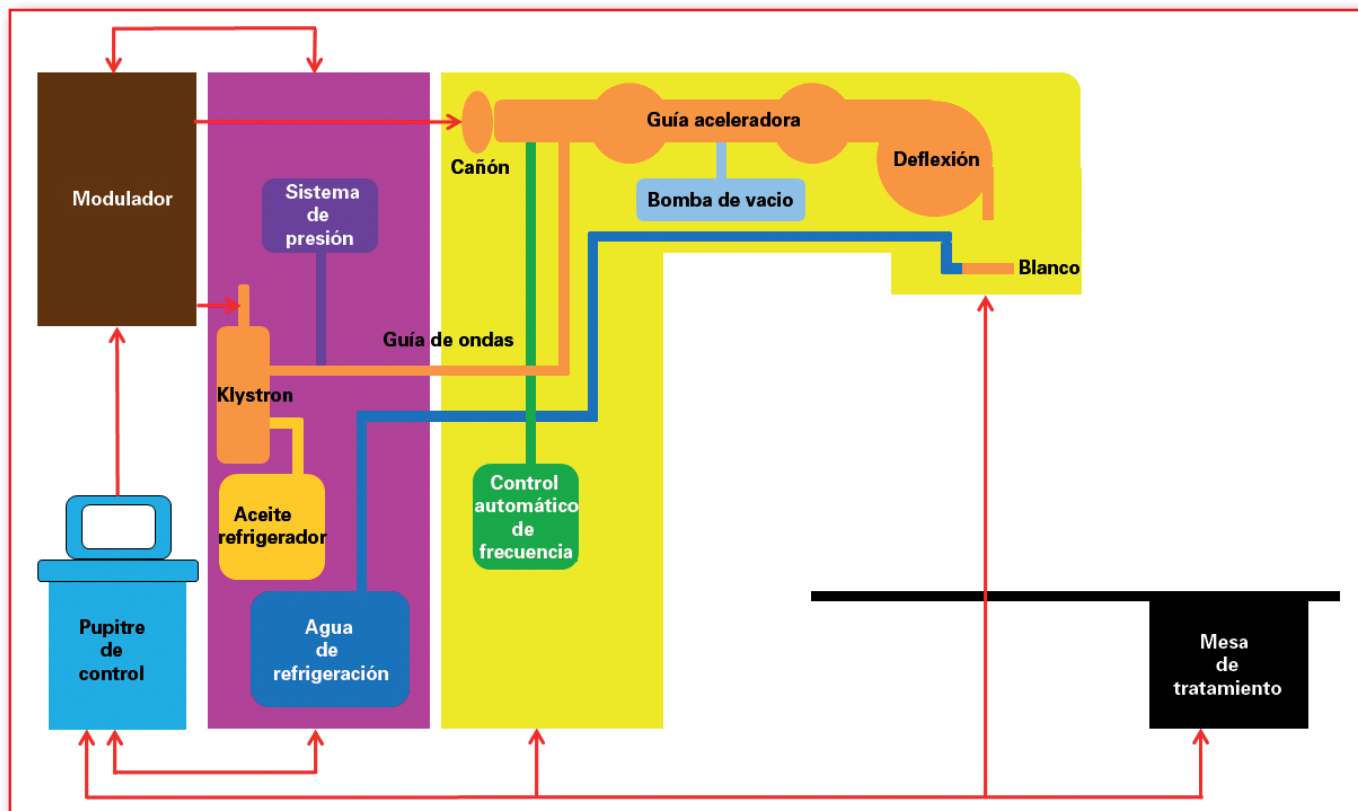


Figura 2. Esquema de un acelerador lineal. En azul se muestra la zona de control, en marrón el modulador, en púrpura el estativo, en amarillo el brazo y en negro la mesa de tratamiento. Las flechas en rojo indican el camino de las señales de control.

La **generación del haz de radiación** se realiza mediante un conjunto de sistemas: **generador de radiofrecuencia (RF), modulador, inyección, guía aceleradora, transporte del haz y colimación.**

A continuación veremos cómo actúa cada sistema.



<https://www.youtube.com/watch?v=jSgnWfbEx1A>

1.1. Sistema generador de radiofrecuencia

La generación de la RF se puede hacer mediante dos tipos diferentes de fuentes de energía: el magnetrón o el klystron (Figura 3).

- » El magnetrón puede generar microondas de hasta 2 MW de potencia, mientras que las generadas por el klystron pueden llegar hasta 5 MW e incluso 7 MW.
- » El magnetrón tiene la ventaja de que puede montarse en el brazo, mientras que el klystron es más voluminoso y debe montarse en el estativo. Además, el klystron trabaja a mayor voltaje, por lo que debe aislarse mediante un tanque de aceite.



<https://www.youtube.com/watch?v=hy9atKAqA4>



<https://www.youtube.com/watch?v=k27PZCUPeiE>

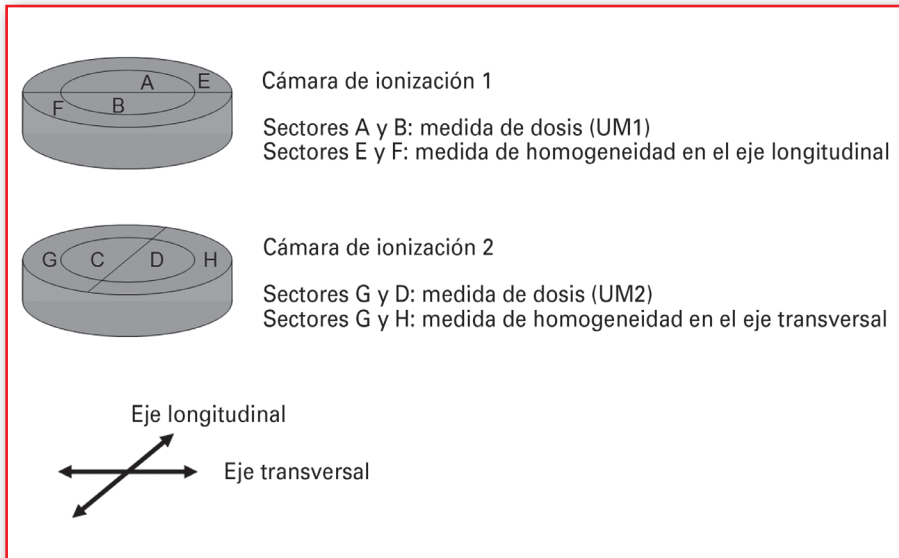


Figura 28. Cámaras monitoras para el control de la dosis y de la homogeneidad del haz de radiación.

1.9. Sistemas auxiliares

Otros sistemas que permiten la creación de los haces de tratamiento son:

- » Sistema de vacío, que permite tener un vacío del orden de 13 Pa en el interior de los sistemas por los que circula el haz estrecho de electrones: cañón de electrones, guía aceleradora y desviación del haz de electrones.

- » Sistema de refrigeración para enfriar la guía aceleradora, el blanco y el generador de RF (Figura 29).
- » Sistema de presión mediante freón para la guía de ondas que conduce las microondas hasta la guía aceleradora.
- » Otros sistemas de seguridad para controlar el haz de radiación, el correcto posicionamiento de los conos aplanadores y los filtros dispersores de las cámaras de ionización y de otros componentes (Figura 30).



Figura 29. Bomba de agua para la refrigeración (imagen cortesía del Parc de Salut Mar).

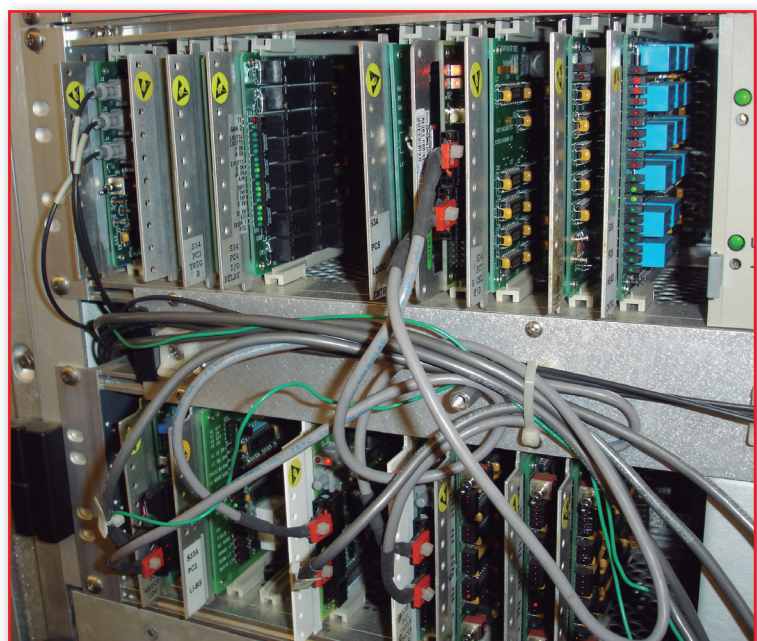


Figura 30. Conjunto de tarjetas para el control de señales (imagen cortesía del Parc de Salut Mar).

VERIFICACIONES DE LA ENERGÍA DEL HAZ, DEL SISTEMA MONITOR Y DEL CAMPO DE RADIACIÓN		
Prueba	Periodicidad	Tolerancia
Energía del haz de radiación		
D _{15 cm} o D _{20 cm} en haces de fotones	Mensual	2 %
R50 en haces de electrones	Mensual	2 mm (o el 4 %)
Desviación de la energía con la orientación del brazo	Mensual	2 %
Sistema monitor		
Dosis absorbida en condiciones de referencia	Mensual	2 %
Factores de campo	Anual	Estado de referencia
Repetibilidad del sistema monitor	Mensual	0,5 %
Estabilidad con el tiempo	Semestral	2 %
Linealidad	Mensual	1 %
Dependencia con el giro del cabezal	Mensual	3 %
Campo de radiación		
Homogeneidad y simetría (una energía cada mes)	Anual	3 %
Dependencia con el giro del cabezal	Mensual	3 %

3.1.4. Características mecánicas y geométricas

(Figuras 42 y 43)

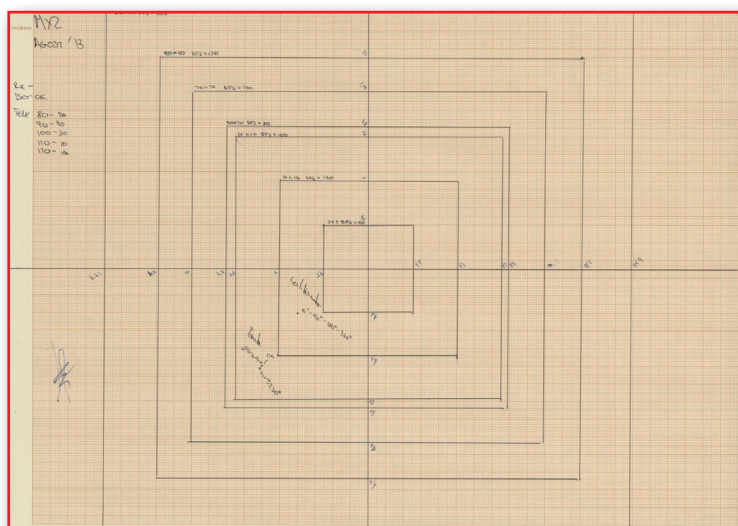


Figura 42. Comprobaciones mecánicas: telémetro, tamaño del campo de radiación, giro isocéntrico del colimador y giro isocéntrico de la mesa (imagen cortesía del Parc de Salut Mar).

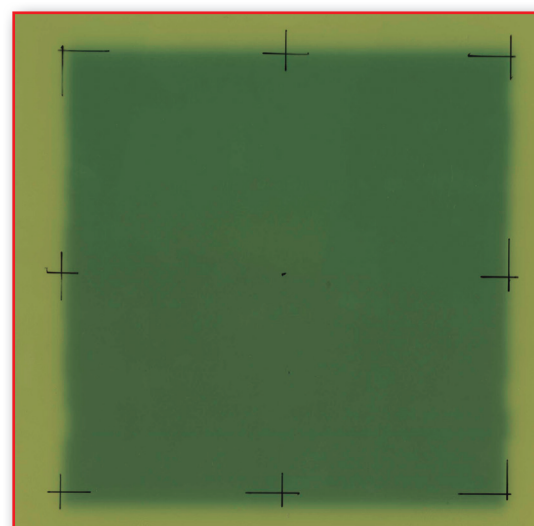


Figura 43. Comprobación de la coincidencia entre el campo luminoso y el campo de radiación mediante película radiocrómica (imagen cortesía del Parc de Salut Mar).



Los datos están organizados según una estructura jerárquica en la que el paciente está al principio y los datos de los haces de tratamiento al final.

5.2. Tipos de datos

Los datos que controlan los sistemas de R&V son de diferentes tipos.

5.2.1. Datos de prescripción (Figuras 49 y 50)

› Dosis acumulada en puntos y en volúmenes de prescripción.

Antes de cada sesión el sistema de R&V comprueba que la dosis acumulada, más la que se va a administrar en la siguiente sesión, no exceda el valor prescrito. En caso de que vaya a ser así, el sistema de R&V avisa de esta situación.

› Dosis por fracción. El sistema R&V suma la contribución de todos los campos de tratamiento a la dosis en un punto prescrito. Los

Cód	Inicio	Estado
	26/09/2013	A 27/9/2013 XS
11 - TINT - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ
12 - TINT2 - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ
13 - TEXT - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ
14 - TEXT2 - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ
21 - QAE - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ
22 - PDST - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ
31 - Ant - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ
32 - OPD - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ
33 - OPD2 - 6X MLC	14/10/2013	A 27/9/2013 JQ

Figura 49. Prescripción de tratamiento dividida en tres planes de tratamiento. En cada plan de tratamiento se identifican los volúmenes que se van a tratar, la dosis total prescrita, la dosis por fracción, los campos de tratamiento y las energías de los haces. Cada plan de tratamiento está aprobado por el oncólogo radioterápico responsable y cada campo de tratamiento por el radiofísico responsable. También indica la fecha de inicio de cada plan y campo de tratamiento (imagen cortesía del Parc de Salut Mar).

Campo	UM	Dosis	Vol.:1 MAMA D+N1 Previa:0	Vol.:SC+N2+N3 Previa:0	Vol.:TUMOR Previa:0	Total tumor Previa:0
11 TINT	111	102	1.000			1.000
12 TINT2	8	8	1.000			1.000
13 TEXT	100	83	1.000			1.000
14 TEXT2	8	7	1.000			1.000
21 QAE	162	133		1.000		
22 PDST	87	67		1.000		
31 Ant	35	29			1.000	1.000
32 OPD	16	14			1.000	1.000
33 OPD2	8	7			1.000	1.000

Figura 50. Dosimetría de los planes de tratamiento en la que se indica la contribución de cada campo de tratamiento a los diferentes planes de tratamiento (imagen cortesía del Parc de Salut Mar).

RESUMEN

- ✓ Existen **diferentes equipos que permiten realizar los tratamientos de radioterapia externa** basados en una fuente emisora de radiación situada a cierta distancia del paciente. Los más utilizados en la actualidad son los **aceleradores lineales de electrones**, que consiguen acelerar los electrones hasta velocidades cercanas a las de la luz y suministrarles energía suficiente para producir haces de electrones o de fotones útiles para los tratamientos radioterápicos.
- ✓ El sistema de inyección o **cañón de electrones** inyecta paquetes de electrones en la guía aceleradora. A su vez, la guía aceleradora recibe, de forma simultánea y sincronizada con la inyección de electrones, las microondas producidas en el generador de radiofrecuencia de alta potencia. Estas microondas son las que van a acelerar los electrones. El modulador suministra pulsos de alta frecuencia tanto al cañón de electrones como al generador de radiofrecuencia, para su sincronización. Los electrones introducidos en la guía aceleradora adquieren la energía de los pulsos de microondas. Una vez que los electrones han alcanzado la energía requerida, existen dos opciones: si se hacen incidir contra un elemento de alto Z llamado blanco o *target* se producirá un haz de **fotones** de rayos X. Si, por el contrario, dejamos salir los electrones por la ventana del cabezal, formarán un haz de **electrones**.
- ✓ Las **unidades de cobaltoterapia** contienen una fuente de ^{60}Co emisora de radiación gamma.
- ✓ Las **unidades de radiación**, y en particular los aceleradores lineales, se caracterizan por la complejidad tecnológica que incorporan para crear el haz de radiación, para verificar la correcta posición del paciente y controlar su adecuado funcionamiento. Por todo ello es necesario un exhaustivo **control de calidad de estos dispositivos**, para asegurar un correcto tratamiento del paciente. Este consta de una serie de verificaciones periódicas que incluyen la energía, la dosis, la tasa de dosis, la homogeneidad del campo de radiación y las comprobaciones mecánicas y geométricas del cabezal y del colimador. Los sistemas informáticos permiten un control sobre todo el proceso radioterápico. Se basan en una base de datos con una

estructura jerarquizada que permite el traspaso de datos desde el simulador y el planificador hasta la unidad de tratamiento, la comprobación de los parámetros del tratamiento y registrar todos los eventos sucedidos a lo largo del tratamiento completo del paciente.

- ✓ Las unidades de tratamiento evolucionan rápidamente desde un punto de vista tecnológico. Esto permite la introducción de **nuevas técnicas de tratamiento** cada vez más rápidas y precisas: **IGRT, IMAT, SRT, gating y tracking**.

G L O S A R I O

Arcoterapia: técnica de tratamiento en la que el brazo del acelerador lineal gira alrededor del paciente en un arco predeterminado mientras emite radiación.

Arcoterapia de intensidad modulada (IMAT): técnica de tratamiento que combina arcoterapia e IMRT.

Bendingmagnet: conjunto de electroimanes situados en el cabezal del acelerador lineal que desvían la trayectoria del haz estrecho de electrones una vez salen de la guía aceleradora.

Cámara de ionización: instrumento de medida que permite conocer la cantidad de radiación en su interior a partir de la cantidad de ionización que el haz produce en el gas que contiene. Puede ser abierta o cerrada. Si es abierta, la relación entre cantidad de radiación y cantidad de ionización depende de las condiciones ambientales.

Colimador primario: bloques de plomo, tungsteno o uranio empobrecido que permiten la salida de la radiación en una sola dirección y que limitan el tamaño máximo del campo de radiación, en general de 40 x 40 cm².

ABREVIATURAS Y SIGLAS

DRR: radiografía reconstruida digitalmente, del inglés *digitally reconstructed radiography*.

FFF: sin filtro aplanador, del inglés *free flattening filter*.

IGRT: radioterapia guiada por la imagen, del inglés *image guided radiation therapy*.

IMAT: arcoterapia de intensidad modulada, del inglés *intensity modulated arctherapy*.

IMRT: radioterapia de intensidad modulada, del inglés *intensity modulated radiation therapy*.

kV: kilovoltaje.

MLC: colimador multiláminas, del inglés *multileaf collimator*.

RF: radiofrecuencia.

R&V: registro y verificación, del inglés *record and verify*.

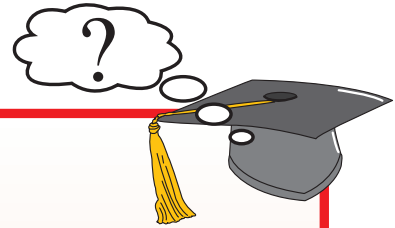
SRT: radioterapia estereotáctica.

TC: tomógrafo computarizado (unidad de adquisición de imágenes) o tomografía computarizada (serie de imágenes adquiridas en el tomógrafo computarizado).

TC 4D: tomógrafo computarizado en cuatro dimensiones que permite obtener imágenes tomográficas en diferentes fases del ciclo respiratorio.

UM: unidades de monitor.

Z: número atómico, número de protones en el núcleo.



EJERCICIOS

- › E1. Haz un esquema con las distintas partes que forman un acelerador lineal.
- › E2. Indica las diferencias entre una guía aceleradora de onda estacionaria y una guía aceleradora de ondas progresiva.
- › E3. Haz una tabla indicando las características comunes y las diferenciales entre los aceleradores lineales y las unidades de telecobaltoterapia.
- › E4. Describe un equipo de terapia helicoidal.
- › E5. Establece un plan de tratamiento para un sistema de R&V de un tratamiento de radioterapia con un campo de radiación en el que se incluyan los parámetros del paciente, del plan de tratamiento y del campo de tratamiento.
- › E6. Discute sobre las técnicas de corrección de movimiento de los órganos.

EVALÚATE TÚ MISMO



1. Los aceleradores multienergéticos emiten:

- a) Únicamente haces de fotones de diferentes energías.
- b) Únicamente haces de neutrones de diferentes energías.
- c) Haces de fotones y de electrones de diferentes energías.
- d) Haces de fotones y de protones de diferentes energías.

2. Indica cuál es la afirmación verdadera:

- a) El cañón acelera los electrones hasta velocidades cercanas a las de la luz.
- b) La guía aceleradora consta de una serie de cavidades en las que se crea un campo eléctrico oscilante.
- c) La deflexión del haz de electrones se produce en el estativo.
- d) Los fotones se crean en el cono aplanador.



SOLUCIONES
EVALÚATE TÚ MISMO



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

