

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN BRAQUITERAPIA

CLASIFICACIÓN DE ZONAS EN BRAQUITERAPIA

La propuesta de señalización para una instalación de **Braquiterapia** de baja tasa de dosis (**LDR**) sería:

Zona controlada: Gammateca y acceso habitaciones.

Zona de permanencia limitada: habitaciones con pacientes portadores de fuentes.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS EN BRAQUITERAPIA

Para **Braquiterapia** de alta tasa de dosis (**HDR**) con la **unidad fuera de funcionamiento** sería:

Zona controlada: interior de la sala de tratamiento.

Zona vigilada: sala de control.

CLASIFICACIÓN DE ZONAS EN BRAQUITERAPIA

Para **Braquiterapia** de alta tasa de dosis (**HDR**) con la **unidad en funcionamiento** sería:

Zona controlada: sala de control

Zona de acceso prohibido: interior de la sala de tratamiento.



ZONA CONTROLADA



ZONA DE PERMANENCIA LIMITADA



ZONA DE ACCESO PROHIBIDO

P.R. EN BRAQUITERAPIA

A los PE les será abierto un historial médico en el que deberá constar la naturaleza de su empleo, su historial dosimétrico personal, así como los exámenes médicos que se realicen a los mismos tanto inicialmente como de forma periódica. Dicha vigilancia deberá ser llevada a cabo por el Servicio de Prevención de Riesgos Laborales correspondiente al centro de trabajo y el mismo desde el punto de vista médico podrá clasificar al PPE como APTO (si puede realizar actividades que impliquen riesgo de exposición asociado al puesto de trabajo), como APTO EN DETERMINADAS CONDICIONES (aquellos que pueden realizar las actividades que implican el riesgo de exposición asociado al puesto de trabajo, siempre que se cumplan las condiciones que al efecto se establezcan en base a criterios médicos) o como NO APTO (aquellos que deben mantenerse separados de puestos que implican un determinado riesgo de exposición).

RIESGO RADIOLÓGICO EN BRAQUITERAPIA

En una unidad de Braquiterapia existen los siguientes tipos de riesgos radiológicos:

- 1. Irradiación externa:** es el riesgo más habitual, puede afectar a la totalidad del organismo.
- 2. Riesgo de contaminación:** en el caso de braquiterapia Metabólica. En la actualidad este riesgo se considera despreciable ya que era originado como consecuencia del uso de fuentes de Radio²²⁶ que hoy día está prohibido.

Dicho riesgo viene derivado de los emisores Beta y Gamma utilizados en Braquiterapia que pueden encontrarse en la gammateca, radioquirófano, salas de tratamiento en HDR y área de hospitalización en LDR.

RIESGO RADIOLÓGICO EN BRAQUITERAPIA

Acceso a zona controlada:

El acceso a las zonas controladas estará restringido a trabajadores expuestos adscritos a ese lugar y con conocimiento de las normas a aplicar y del riesgo existente en el mismo. A los pacientes que deban ser objeto de tratamientos se les dará toda la información y medios necesarios para que no se irradien accidentalmente por motivos ajenos al acto médico del que van a ser protagonistas.

- 1. Trabajo en zona controlada:** debe realizarse de modo que se cumplan estrictamente las instrucciones contenidas en los procedimientos de trabajo incluidos en los Programas de Garantía de Calidad de las distintas unidades asistenciales, con objeto de reducir la exposición a radiaciones ionizantes, evitar la contaminación radiactiva y prevenir y limitar la probabilidad y magnitud de accidentes radiológicos así como sus consecuencias: Estos procedimientos de trabajo deben de estar a disposición del trabajador en las diferentes unidades.

RIESGO RADIOLÓGICO EN BRAQUITERAPIA

Cada trabajador conocerá todos los procedimientos relacionados con su trabajo y con la Protección Radiológica. La zona debe de contar con instrumentos adecuados para identificar los riesgos. Deben comprobarse periódicamente los dispositivos de seguridad tales como enclavamientos, filtros, etc. Si existe riesgo de contaminación se cumplirán estrictamente las normas en cuanto a utilización de ropa, guantes plomados, calzado especial y todas aquellas medidas destinadas a prevenir este riesgo.

El personal que trabaja en esta zona, obligatoriamente, debe llevar dosímetro personal.



Dosímetro personal de solapa

RIESGO RADIOLÓGICO EN BRAQUITERAPIA

Salida de zona controlada:

En situación normal y en áreas con riesgo de contaminación deben tomarse las siguientes precauciones al abandonarlas:

Con detectores adecuados se realizará un control de contaminación superficial de manos, pies y ropa. Se procederá a la descontaminación si fuera necesario. En la Unidad de Braquiterapia, y siempre que se haya cortado, preparado o manipulado alguna fuente de pequeño tamaño, se debe controlar la posible contaminación del trabajador y del área antes de abandonarla.

Acceso y trabajo en zonas vigiladas:

Las zonas vigiladas estarán delimitadas adecuadamente y señalizadas de forma que quede claramente indicado el riesgo de exposición existente en las mismas. El acceso a las zonas vigiladas estará limitado a las personas autorizadas. En el interior de las zonas vigiladas se establecerán procedimientos de trabajo adaptados al riesgo radiológico existente.

RIESGO RADIOLÓGICO EN BRAQUITERAPIA

Equipamiento y material:

En la zona controlada existirán a disposición de los trabajadores expuestos:

Los medios necesarios para detección y medida de la radiación y/o contaminación.

Medios de protección adecuados para evitar en lo posible la irradiación externa.

Ropa y calzado adecuado cuando los trabajadores puedan estar sometidos a un riesgo de contaminación.

Material específico que sea necesario para resolver una emergencia.

El titular del Centro es el responsable de que se cumpla lo establecido y de que esto se realice con la supervisión del jefe del SPR, o en su defecto, del Supervisor o persona a la que se encomienden las funciones de Protección Radiológica.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BRAQUITERAPIA

En el diseño de una sala de braquiterapia se deben considerar los siguientes puntos:

¿Qué técnicas de tratamiento se van a utilizar?

¿Cuál es el número de pacientes por día/semana/año?

¿Cuánta dosis se utilizará por tratamiento?

Nucleidos que se utilizarán y cuál será su energía.

¿Dónde se almacenarán las fuentes antes de su uso y después de su eliminación?

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BRAQUITERAPIA

El diseño especial de las habitaciones debe tener blindaje suficiente para limitar las dosis de radiación recibidas por otros pacientes, personal de enfermería y los miembros del público en la zona circundante a niveles permitidos.

La habitación debería ser accesible desde la sala de operaciones de rayos X y de la instalación de CT.

Además, su ubicación en relación con la zona circundante, incluyendo instalaciones superiores e inferiores a la ubicación, debe ser considerada.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BRAQUITERAPIA

En braquiterapia, la protección debe ser suficiente para reducir la radiación primaria y la dispersa en todas las direcciones. La tasa de dosis dentro de la habitación no será de más de $7,5 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ [1] y la sala se designará como una zona controlada.

La tasa de dosis fuera de la sala de braquiterapia debe reducirse a $2,5 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$.

El paciente que recibe braquiterapia atenuará la radiación. La medida de la atenuación depende de la energía del radionúclido en uso, el tamaño del paciente y la localización de la fuente(s) en el paciente.

Dado que en braquiterapia no se colimará la fuente, los requisitos de protección se basarán en la transmisión de la radiación primaria a través de las barreras.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BRAQUITERAPIA

Si es posible, la habitación debe estar diseñada de tal manera que no haya una línea directa entre la puerta y la cama del paciente. Si hay espacio suficiente para un laberinto, una puerta en la habitación puede ser innecesaria, pero en caso contrario una puerta plomada es lo que normalmente se necesita. En torno a la zona donde la dosis al paciente es superior a la tasa de dosis $7,5 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ se deberá designar como una zona controlada, por lo general, es el área definida por la sala de tratamiento y deberá ser señalizada como tal. Deberemos tener visible un monitor que mida la tasa de dosis en la entrada a la zona controlada. Se recomienda que exista una visualización remota de los pacientes por medio de un circuito cerrado de televisión, junto con una intercomunicación de dos vías para reducir la cantidad de tiempo que el personal de radioterapia necesita para pasar en ambiente de radiación.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BRAQUITERAPIA

En habitaciones para tratamiento con LDR los sistemas de carga remota son lo ideal (ya sea LDR o MDR), y la puerta de la habitación de tratamiento debe ser plomada a fin de que la exposición del personal de radioterapia se minimice. Mamparas de plomo móvil se pueden utilizar para reducir la dosis de radiación cuando estos requisitos no son posibles.

El peso y la necesidad de mantener la maniobrabilidad de la pantalla plomada hacen que se deba limitar el espesor y el tamaño. Las mamparas de plomo suelen tener un espesor de 25 mm y una zona blindada de 700-1000 mm por 500-600 mm

Mampara plomada.



DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BRAQUITERAPIA

Por lo general son destinadas a proteger el abdomen de un trabajador que está detrás de ellos. En las unidades de HDR todas las paredes, el suelo y el techo serán receptores de radiación primaria y las barreras deben ser de un espesor suficiente para proteger al personal, que permanece fuera de la sala durante el tratamiento de los pacientes. Todos los requisitos de protección tendrán que ser determinados en base a que la fuente puede estar en cualquier posición dentro de la habitación.

En HDR las fuentes suelen ser de Ir^{192} .

Para estas fuentes, la alta actividad requiere que la sala tenga barreras de 400-800 mm de hormigón. También se necesita una puerta pesada a menos que un laberinto se haya incluido en el diseño.

DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN DE BRAQUITERAPIA

Las unidades de HDR podían instalarse en antiguas salas de tratamiento de teleterapia, que son habitaciones que ya tienen muros, techos y suelos suficientemente gruesos y laberintos o puertas blindadas. Idealmente, también habrá una instalación de rayos X dentro de la sala a fin de comprobar la correcta colocación de los aplicadores y un área de espera para la cama del paciente, para que pueda ser atendido mientras que la planificación del tratamiento se completa. Se deberá contar con una sala en la que al abrir la puerta la fuente retorne a posición de blindaje, y de una señal luminosa de advertencia de radiación en la sala de entrada que indique el estado de la fuente.

SOLICITUD DE PERMISO DE FUNCIONAMIENTO E INFORMACIÓN SOBRE LA INSTALACIÓN

La puesta en funcionamiento o las modificaciones de las instalaciones radiactivas de Braquiterapia como parte de un Servicio de Radioterapia precisará la preceptiva autorización de la Consejería correspondiente, en caso de que dicha competencia no esté transferida a la Comunidad Autónoma, la autorización deberá solicitarse a la Delegación Provincial del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

SOLICITUD DE PERMISO DE FUNCIONAMIENTO E INFORMACIÓN SOBRE LA INSTALACIÓN

La solicitud debe ser presentada por el titular de la instalación y la documentación aportada será:

1. Memoria descriptiva.
2. Estudio de Seguridad.
3. Verificación de la Instalación.
4. Reglamento de Funcionamiento.
5. Plan de Emergencia
6. Provisión de fondos para el desmantelamiento.

Será responsabilidad del SPR la supervisión o la elaboración según el caso del Estudio de Seguridad y la verificación de la instalación

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

Existen algunas reglas generales sobre diseño que se aplican a cualquier tipo de instalación:

- Un requisito común a las instalaciones de radioterapia externa es que no debe ser lugar de paso hacia otras dependencias.
- Dentro de la instalación debe seguirse el principio general de colocar las zonas con mayores niveles de radiación al fondo, de forma que sólo acceda a ellas el personal que tiene que utilizar la señal que trabaja en zonas donde la radiación es menor.
- Los recintos de almacenamiento de las fuentes deben estar aislados y bien señalizados protegidos por blindajes adecuados y con las medidas de seguridad necesarias para evitar el acceso de personas no autorizadas.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

- Si va a ser necesario mover fuentes radiactivas durante la preparación y la realización de los tratamientos, hay que procurar que estos desplazamientos sean lo más pronto posible y que se realicen siempre dentro de la propia instalación.
 - En cuando a los blindajes, la norma básica aplicable será asegurar que, en el funcionamiento normal de la instalación, la dosis anual que se refiere en una zona no superará nunca el límite legal de dosis aplicable al personal que trabaja en ella.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (LDR)

Los elementos principales de los que consta una instalación típica de braquiterapia de baja tasa, en la que los pacientes deben permanecer ingresados para su tratamiento durante varios días son:

- El almacén debe estar destinado exclusivamente a las fuentes radiactivas; no debe contener nada más. Se ubicará en zonas donde el riesgo de daño catastrófico (por incendio o inundación) sea el menor posible. Es conveniente que su interior esté separado en compartimentos o contenedores blindados para que cuando el operador tenga que sacar una fuente no sea irradiado por todas las demás. El blindaje necesario será, en general, el más espeso de toda la instalación.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (LDR)

- La sala de preparación de fuentes (que sólo es necesaria si se utilizan técnicas de carga manual) deberá estar lo más cerca posible del almacén.

Las superficies de trabajo deben ser amplias y despejadas, bien iluminadas, fáciles de limpiar y no deben tener juntas o resquicios donde puedan producirse fragmentos de las fuentes que serían difíciles de sacar. Por este mismo motivo también deben evitarse las puntas en el suelo. Es muy conveniente que esté prevista de barreras blindadas que protejan al personal mientras manipula las fuentes. Estas barreras tienen una ventana de vidrio plomado para que el operador mire a las fuentes protegiendo tanto el cuerpo como la cabeza así sólo se recibirá una dosis significativa en las manos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (LDR)

Si se va a trabajar con fuentes radiactivas volátiles (muy poco frecuente hoy en día) debe haber una campana de flujo laminar para evitar que los gases radiactivos se difundan en la habitación.

Deberá contar con un monitor de radiación que estará siempre en funcionamiento mientras se trabaja en ella, para que los operadores puedan saber en todo momento si hay fuentes fuera de sus blindajes y para poder localizar las fuentes si se caen.

El radioquirófano solamente requerirá medidas especiales de protección radiológica si se utiliza para cargar las fuentes radiactivas en el paciente; si sólo se emplean técnicas de carga diferida, sólo serán necesarias las protecciones correspondientes a los equipos de rayos X que contenga.

Es conveniente que disponga de barreras de protección del personal diseñadas de modo que sean compatibles con los requisitos habituales de toda zona quirúrgica (asepsia, iluminación). Es imprescindible que esté provisto de un monitor de radiación, al menos, mientras se efectúan las operaciones de carga.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (LDR)

Las habitaciones de hospitalización deben tener un blindaje suficiente en las paredes, techo, suelo y puerta, y deben estar señalizadas adecuadamente para que se pueda saber si hay en su interior algún paciente portador de fuentes radiactivas.

El suelo debe ser fácilmente lavable y sin juntas. La disposición de los muebles debe estar optimizada para disminuir la irradiación del personal que atienda al paciente durante el tratamiento; la cama y el sofá deben estar lo más lejos posible de la puerta.

También es conveniente que cuenten con barreras móviles de protección; si se dispone de dispositivos de carga telecomandada, que colocan y retiran las fuentes de forma automática, es recomendable que tengan un circuito de enclavamiento conectado a la puerta, que solo permita la salida de la fuente si la puerta está cerrada y la retire a la posición de almacenaje cuando se abra.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (LDR)

- La sala de control deberá contar con monitores de circuito cerrado de televisión para poder vigilar a los pacientes hospitalizados, y de intercomunicadores para poder hablar con ellos, además, debe estar situada de forma que controle el acceso a la instalación, para impedir la entrada de personas ajenas y evitar la salida no autorizada de los pacientes portadores de fuentes radiactivas.

Se debe inspeccionar visualmente el equipo de accesorios, las mangueras, aplicadores y las conexiones entre ellos que se necesitarán para realizar la aplicación del tratamiento; además se deberá verificar:

- Que todos los indicadores, seguridad de sistemas de parada en caso de fallo o emergencia estén en funcionamiento.
- La integridad y longitud de los tubos que transportan la fuente desde el equipo hasta el aplicador.
- Que el tiempo que se programa para que la fuente ocupe una posición es correcto.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (HDR)

En una instalación de braquiterapia de alta tasa la fuente radiactiva está contenida siempre (salvo durante la irradiación) dentro del equipo de alta tasa, y este debe estar dentro de una habitación controlada. El paciente permanecerá solo en la sala durante la irradiación y los operadores la activarán desde una sala adyacente.

El equipo de alta tasa es el elemento más importante para asegurar la protección del paciente y los operadores. Como almacena la fuente debe tener un mensaje suficiente para limitar la exposición de las personas que entran en la sala de radiación para preparar al paciente, comprobar el equipo, etc..

Durante la irradiación el riesgo principal es que la fuente se quede en el interior del paciente un tiempo superior al previsto y es por ello que el equipo debe estar diseñado con el objetivo de reducir esa posibilidad al mínimo; así, debe tener un mecanismo que compruebe el recorrido de la fuente con un elemento no radiactivo del mismo tamaño que está para detectar posibles atascos antes de la irradiación.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (HDR)

El tiempo de irradiación debe estar controlado por dos circuitos independientes. En caso de fallo de corriente, la fuente debe volver de forma automática al equipo y en todo caso debe existir siempre un sistema manual de retirada por si fallan los sistemas automáticos.

La unión entre la fuente y el cable de transporte es un punto muy delicado y debe prestarse especial atención a su diseño para evitar que se rompa. Por último, debe tener un sistema de seguridad que bloquea el equipo cuando no se está utilizando para prevenir su puesta en marcha accidental.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (HDR)

La sala de irradiación es similar a un búnker de radioterapia externa, aunque los blindajes necesarios son menos espesos dado que la actividad de la fuente de alta tasa es típicamente unas 500 veces menor que la de una unidad de cobalto y la energía de radiación emitida es menor.

Debe disponer de indicadores luminosos que avisan de que se está realizando una irradiación y debe contar con un monitor permanente de radiación. La fuerza debe tener el enclavamiento habitual que sólo permite la salida de la fuente mientras está cerrada.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (HDR)

La zona quirúrgica no requiere medidas especiales puesto que la fuente radiactiva nunca entrará en ella (a menos que la sala de radiación se use también como quirófano).

La sala de control debe incluir la consola de control del equipo, un monitor de televisión para vigilar al paciente y un intercomunicador. Debe contar con un botón de emergencia que interrumpa la irradiación. La posición del control debe permitir que el operador controle la puerta de acceso a la sala de irradiación.

CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES (HDR)

Se inspeccionarán visualmente los aplicadores, catéter, tubo de transferencia y testigo de verificación. Se verificará:

- Que todos los indicadores, seguridad de sistemas de parada en caso de fallo o emergencia estén en funcionamiento.
- La exactitud de la posición de la fuente, asegurando que el sistema de tracción sitúa la fuente en las exposiciones programadas.
- Que el tiempo que se programa para que la fuente ocupe una posición es correcto.

EL PUESTO DE CONTROL

Un puesto de control tipo consta de los siguientes elementos:

- Panel de control computerizado.
- Sistema de seguridad automático ligado a la puerta del bunker.
 - Sistema de seguridad de retorno por fallo en conexiones.
 - Generación de mensajes de estado y posibles incidencias durante el tratamiento.
 - Pulsador de parada de emergencia.
- Sistema de seguridad que impida uso no autorizado.
- Indicación de si termina el tratamiento tras fallo de alimentación.

EL PUESTO DE CONTROL

- Conservación de datos tras fallo de alimentación.
- Informe del tratamiento realizado, así como del total de los pacientes.
 - Modos de funcionamiento especiales para las operaciones de control de calidad del equipo.
 - Generación de mensajes de estado y posibles incidencias en la consola de la unidad.
 - Volcado de datos tras cada tratamiento.
- Transferencia de datos de tratamiento por red desde el planificador y además por otro medio independiente de la red informática.
- Posibilidad de programación de tratamientos manuales además de los provenientes del planificador.

EL PUESTO DE CONTROL

- Monitorización la posición de la fuente bajo todas las condiciones.
 - Monitorización completa del tratamiento.
 - Dispone de base de datos de los pacientes.
- Dispone de seguridad desde la base de datos de los pacientes con posibilidad de recuperar pacientes individualmente.
- Sistema de backup/restore cuando precise el usuario.
 - Impresora láser A4.



EL PUESTO DE CONTROL

EL PUESTO DE CONTROL





EL PUESTO DE CONTROL



EL PUESTO DE CONTROL

1. Emergency Procedure Card

1.1. Flexitron emergency procedure



Press one of the
RED EMERGENCY BUTTONS
and wait 5 seconds.



Still radiation present in the treatment room?

NO Contact the responsible person(s) and retain the treatment data printout.

YES Go into the treatment room. Open the access panel. Pull the unlock key and use the recessed indentation to rotate the drive manually to retract the source into the safe.

1. Open access panel

2. Pull unlock key

3. Insert finger in recessed indentation. Rotate wheel in direction of arrows.



Still radiation present in the treatment room?

NO Contact the responsible person(s) and retain the treatment data printout.

YES Remove the applicator from the patient.
Evacuate the patient immediately from the treatment room and assess the patient.

1. Open the lid of the emergency container. Use long forceps to place the applicator in the well of the emergency container.
2. Guide the transfer tube through the recess at the container edge. Close the lid. Leave an appropriate radiation warning tag hanging outside the container to indicate the presence of radioactive material.
3. Leave the treatment room.
4. Mark the treatment room "No Entry". Obtain further instructions from your hospital RSO.

Important Telephone Numbers

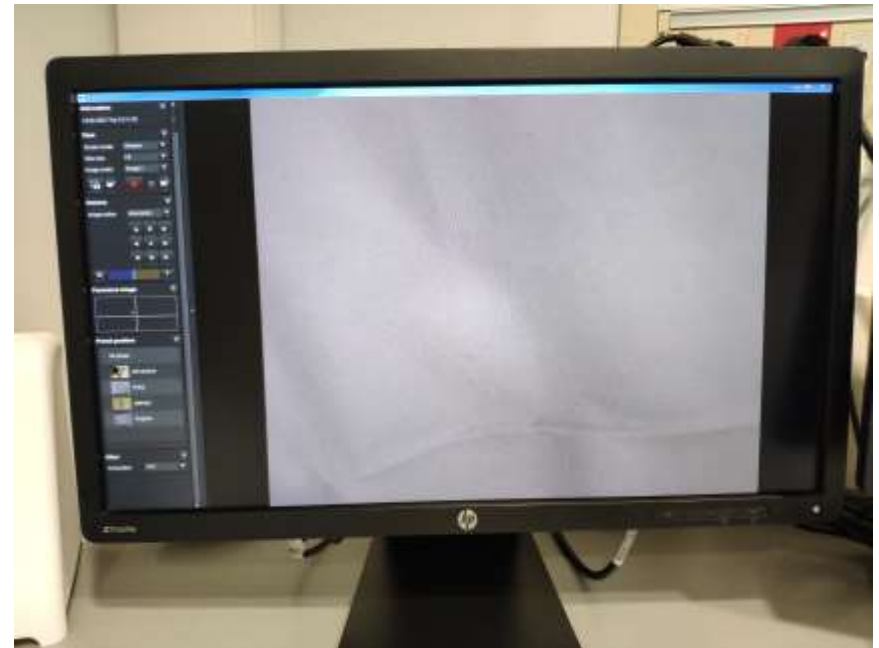
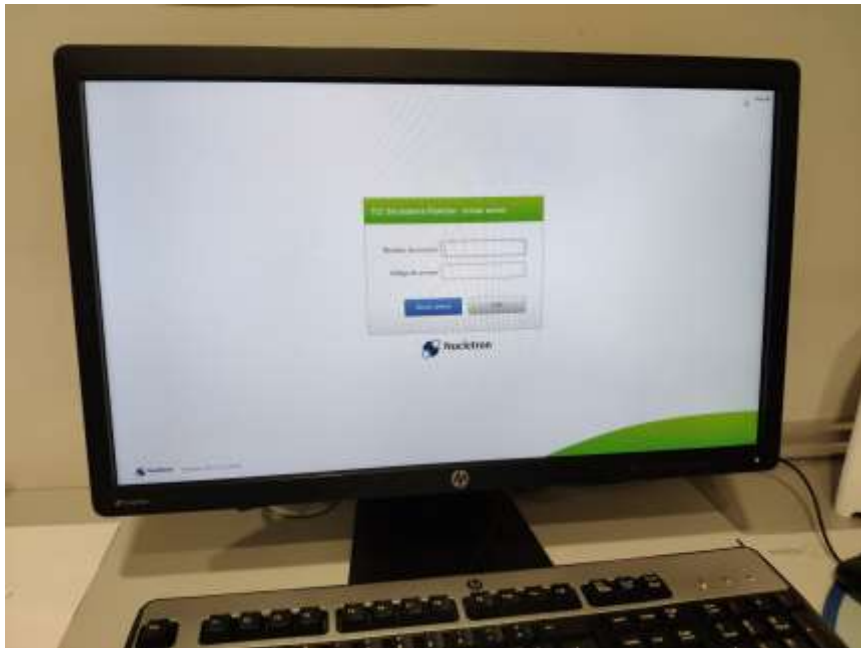
Authorized Medical Physicist:	
Authorized User:	
Nucletron Representative:	
Radiation Safety Officer (RSO):	

EL PUESTO DE CONTROL

EL PUESTO DE CONTROL



EL PUESTO DE CONTROL



EL PUESTO DE CONTROL



EL PUESTO DE CONTROL



GESTIÓN Y CONTROL DEL MATERIAL, RECEPCIÓN, REGISTRO, MATERIALES RESIDUALES Y FUENTES FUERA DE USO.

El Servicio de Protección Radiológica vigilará que la compra del material se realice a un proveedor autorizado. A su recepción se comprobará que el material coincide con el solicitado y se realizarán medidas del bulto tanto en contacto como a un metro de este, a continuación, se registrará en el Diario de Operaciones de la instalación: la fecha de recepción, la presentación del radionúclido, su actividad, si hubiera ocurrido alguna incidencia, así como la firma del supervisor.

Cuando la actividad del nucleido descienda hasta hacerlo inutilizable la misma empresa que lo suministró deberá retirarlo, registrando de nuevo en el Diario correspondiente los siguientes parámetros:

GESTIÓN Y CONTROL DEL MATERIAL, RECEPCIÓN, REGISTRO, MATERIALES RESIDUALES Y FUENTES FUERA DE USO

1. Tipo de la fuente.
2. Código de identificación.
3. Radionúclido contenido en ella.
4. Fecha de retirada del uso clínico.
5. Actividad original y fecha.
6. Actividad medida o calculada en la fecha de retirada.
7. Tasa de dosis en contacto y a 1 metro del contenedor.
8. Identificación del responsable de la evacuación.
9. Identificación del receptor.

DOSIMETRÍA PERSONAL Y DE ÁREA PARA BRAQUITERAPIA

En una instalación de Braquiterapia se debe llevar un control exhaustivo tanto de la dosimetría de área como de la personal. Es por ello que la instalación deberá constar de dosímetros de área fijos, generalmente Geiger Müller, dosímetros personales de lectura directa con los que se deberán realizar comprobaciones después de la salida de una fuente del correcto retorno de la fuente a la posición de blindaje y dosímetros personales de solapa para todos los trabajadores de categoría A con acceso a la instalación.



DOSIMETRÍA DE ÁREA PARA BRAQUITERAPIA

DOSIMETRÍA PERSONAL Y DE ÁREA PARA BRAQUITERAPIA

Con respecto al correcto uso de dosímetros personales realizaremos las siguientes especificaciones:

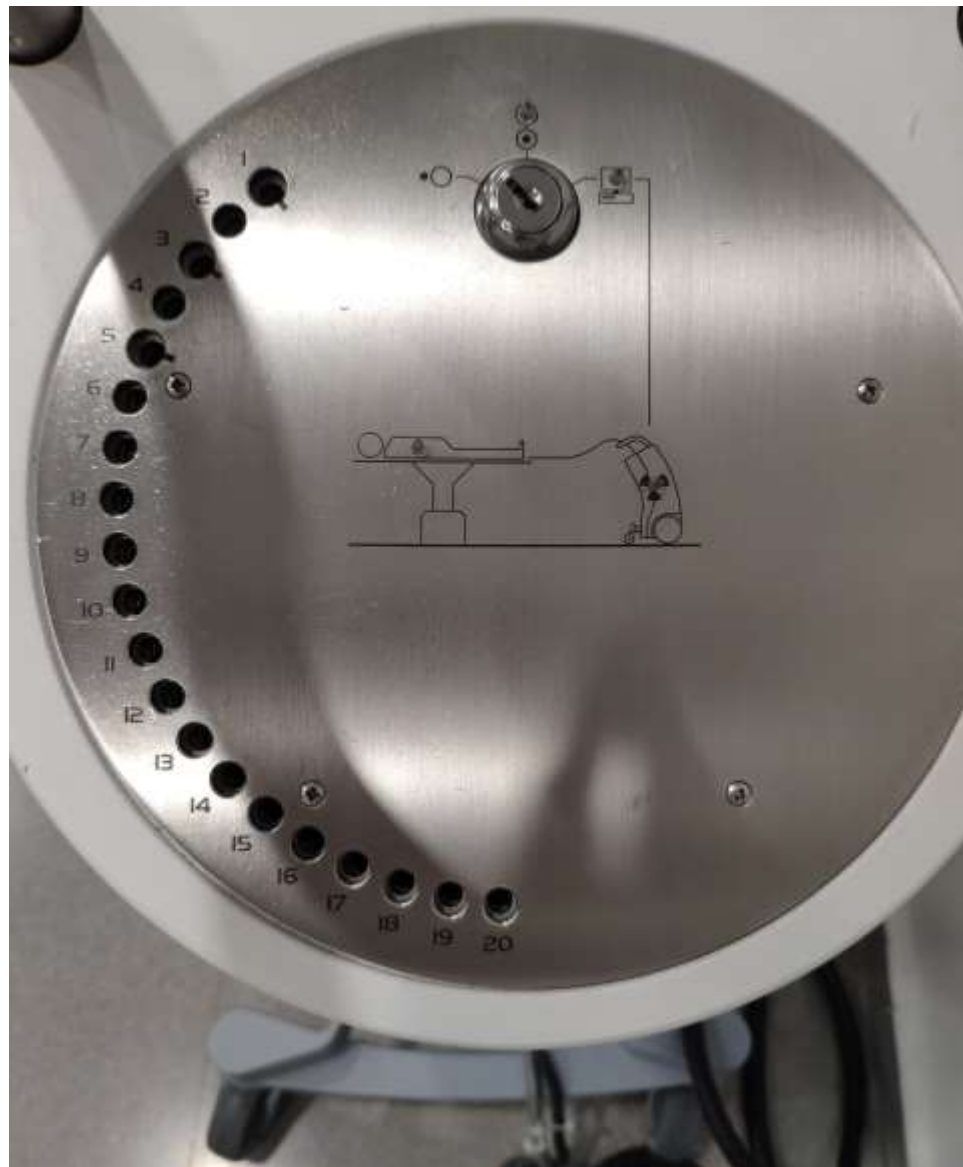
- El uso del dosímetro es personal y restringido al centro al que está asignado. El dosímetro se debe de colocar en aquella posición que sea más representativa de la parte más expuesta de la superficie del cuerpo. Las dosis a las extremidades, especialmente a las manos, pueden ser algo mayores, pero a menos que sea probable que estas dosis se aproximen a los tres décimos de los límites de dosis equivalente apropiados, no será necesaria la utilización de dosímetros adicionales. En aquellos casos en los que sea necesario el uso del delantal plomado, el dosímetro se colocará debajo de este, y en la posición recomendada arriba. Si un dosímetro se pierde o se daña, el usuario de este estará obligado a comunicarlo al SPR inmediatamente. La responsabilidad de la utilización correcta del dosímetro es del propio usuario. El trabajador está obligado a efectuar el cambio mensual del dosímetro en el plazo y en la forma establecidos por el SPR quién deberá comunicar a la dirección del Centro el uso indebido o la negligencia reiterada en la utilización o cambio de los dosímetros por parte de algún trabajador.

BARRERAS, DISPOSITIVOS Y PRENDAS DE PROTECCIÓN

El sistema de carga diferida remota, (el más extendido hoy día), consta de un contenedor blindado situado en la habitación de tratamiento, conectado con una consola de operación en el exterior de la habitación.

El contenedor contiene una o varias fuentes en su interior. Después de la colocación de los aplicadores en el paciente se conectan estos a los canales del contenedor mediante los “tubos transfer”. El operador procede a la carga de las fuentes desde el exterior de la habitación, de modo que no corre ningún riesgo de irradiación.

SISTEMA DE CARGA DIFERIDA REMOTA



BARRERAS, DISPOSITIVOS Y PRENDAS DE PROTECCIÓN

En el caso de que la introducción de las fuentes se realice de forma manual conviene mantener al mínimo las dosis recibidas, usando los factores tiempo, distancia y blindaje. Deberá señalarse adecuadamente el área para impedir el paso a personas que se encuentren en los alrededores. No deben tocarse con las manos para evitar exposiciones excesivas y deberán usarse pinzas largas. La manipulación deberá planearse de antemano, incluyendo simulacros sin fuente que permitan minimizar las dosis, se deberán tener elementos de protección dentro de la habitación como mamparas plomadas.

EMERGENCIAS EN BRAQUITERAPIA

En primer lugar, debemos realizar una distinción entre accidente (suceso no planificado durante el cual es probable que se superen los límites de dosis reglamentados) e incidente (suceso no planificado durante el cual es probable que se superen las dosis recibidas normalmente). La consecuencia inmediata de cualquiera de estos sucesos son las situaciones de emergencia.

En dichas situaciones se seguirán los planes de emergencia propios de la instalación y si las consecuencias lo requieren o en situación de catástrofe el Plan de Emergencia general del Centro. Ante cualquier caso de estas características se dará siempre prioridad a la seguridad de las personas. El operador que detecte la irregularidad estará obligado a ponerlo en conocimiento del supervisor que dará instrucciones precisas de las actuaciones inmediatas a seguir. Se informará al SPR y en función de la gravedad del incidente también al Titular de la instalación y al Consejo de Seguridad Nuclear, se registrará en el Diario de Operaciones y una vez controlada la situación, el SPR evaluará las consecuencias y actuará en función de los resultados.

EMERGENCIAS EN BRAQUITERAPIA

Concretamente en una unidad de Braquiterapia el tipo de emergencia a la que podemos enfrentarnos consistiría en:

1. Fallo en el mecanismo de recogida de la fuente. Pérdida de estanqueidad de fuentes encapsuladas.
2. Fallos de los mecanismos de manipulación a distancia de las fuentes de braquiterapia.
3. Errores importantes en alguno de los parámetros críticos en la planificación o en la aplicación del tratamiento.
4. Pérdida de fuentes radiactivas.
5. Incendio, inundación u otra catástrofe.
6. Presencia inadvertida de personas dentro de la sala de tratamiento o habitación del paciente durante la irradiación. Se deben realizar ejercicios y simulacros de las situaciones anteriormente citadas para el entrenamiento del personal que trabaja en la instalación con el fin de ensayar la respuesta en dichas circunstancias y reducir en la medida de lo posible las exposiciones potenciales a la radiación. Los simulacros deben ser dirigidos por el SPR debiendo quedar registrado en el Diario de Operaciones de la instalación.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PACIENTE EN BRAQUITERAPIA

La aplicación de un tratamiento de braquiterapia estará limitada, en general, a pacientes oncológicos en los que la relación riesgo-beneficio resulta claramente positiva. Una vez justificada la decisión terapéutica, la estrategia en la protección del paciente consiste en asegurar que se imparte la dosis prescrita, con la máxima exactitud, al volumen blanco clínico, evitando en lo posible la irradiación de tejidos y órganos sanos o de especial radiosensibilidad. Para completar dicho fin es preceptiva la implantación de un Programa de Garantía de Calidad, que deberá cumplir las exigencias del artículo 2 del Real Decreto 1566/1998, que establece los criterios de garantía de calidad en Radioterapia. Será obligación del titular de la instalación, del especialista en Oncología Radioterápica en su unidad asistencial, del Radiofísico Hospitalario, de los DUEs y de los TERTs, cumplir las exigencias legales en el ámbito de sus competencias. El titular de la Instalación deberá arbitrar los procedimientos necesarios para la actuación del SPR en las unidades de Braquiterapia con el fin de establecer los ámbitos y responsabilidades del mismo en dicha materia.

CONTROL DEL TRATAMIENTO. DOSIMETRÍA POSTOPERATORIA/POSTIMPLANTE

El control de calidad del implante se hace sobre todo con la dosimetría postoperatoria y cuando es posible con los nomogramas.

El objetivo principal en esta etapa de implementación de la técnica es establecer diferencias entre la dosimetría deseada (representada por la intraoperatoria), y la resultante, para determinar si es necesario depurar la técnica de implante.

Los parámetros dosimétricos y radiobiológicos que se calculan son los mismos que en la dosimetría intraoperatoria.

Esto se describe mejor mediante la medición de la D90, que es la dosis recibida en un noventa por ciento del volumen de destino y el V100 que es el volumen que ha recibido el 100 por 100 de la dosis prescrita.

CONTROL DEL TRATAMIENTO. DOSIMETRÍA POSTOPERATORIA/POSTIMPLANTE

La dosimetría se realiza a partir de estudios de tomografía computarizada, con cortes de 3 mm de espesor separados 3 mm. Esta técnica de imágenes permite una buena identificación de las semillas a costa de menos resolución en tejidos blandos que la prevista por la ecografía.

El momento de realización de la tomografía varía de 1 a 6 meses. Los datos obtenidos sugieren un intervalo no menor a 30 días, tiempo en el que según los modelos publicados se resuelve el 90% del edema postoperatorio.

CONTROL DEL TRATAMIENTO. NOMOGRAMAS

Los nomogramas de Kattan fueron desarrollados por el Dr. Michael Kattan, un bio estadístico del Memorial Soan Kettering en Nueva York. Estos nomogramas, generalmente, usan una combinación de 3 factores para determinar la probabilidad de recaídas del PSA después de una terapia local.

Estos factores son los siguientes:

- PSA
- Índice de Gleason
- Estadío clínico

CONTROL DEL TRATAMIENTO. NOMOGRAMAS

Los nomogramas se utilizan para cirugías, radiación externa y braquiterapia. Generalmente las probabilidades de recaídas calculadas (riesgo de micro metástasis) son bastante consistentes cuando se comparan unos nomogramas con otros.

Los nomogramas se derivan de los resultados de tratamiento de miles de pacientes que han sido tratados en centros universitarios de reputación, por lo tanto, las probabilidades de recaídas generalmente no reflejan los efectos de tratamientos locales hechos no apropiadamente. Por el contrario, la probabilidad estadística de recaída depende de la presencia de micro metástasis preexistentes en el momento de administrarse la terapia local, de ahí que la probabilidad de recaída determinada por los nomogramas pueda tomarse como una indicación de la presencia de micro metástasis en el momento de la terapia local.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

- Los envases utilizados para la manipulación, almacenaje o desecho de fuentes radiactivas deben marcarse con las etiquetas radiactivas apropiadas.
- Utilice siempre fórceps o espátulas cuando hay necesidad de manipular semillas individuales de I^{125} . Las semillas no deben recogerse con los dedos.
- Si hay necesidad de manipular la varilla que contiene las semillas de I^{125} , hay que tener cuidado para no dañar o desestabilizar la varilla.
- Utilice plomo u otra protección adecuada para manipular las fuentes de I^{125} .

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

- Para almacenarlas, hay que conservar todas las fuentes de I^{125} en un estuche de plomo u otro envase adecuado.
- Usar un dosímetro de radiación al manipular fuentes de yodo 125.
- Usar instrumentos de detección de radiación para seguir de cerca los índices de dosis de radiación y la posible contaminación al desembalar y usar fuentes de I^{125} .
 - Si la encapsulación de las semillas se rompe accidentalmente durante su manipulación, hay que ser muy cuidadoso al desechar las semillas dañadas y las agujas/varillas adjuntas.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

- Revisar que las agujas/varillas, herramientas y área no estén contaminadas e inspeccione el área de fondo y deseche las agujas/varillas como equipo contaminado. No usar las herramientas de nuevo hasta que estén completamente limpias (libres de contaminación).
- Inspeccionar a fondo el área donde se usan las semillas y asegurarse de que ninguna se pierda. Hay que tener un inventario exacto de las fuentes de I^{125} y de las semillas individuales en todo momento. En caso de pérdida de semillas o de accidente que involucre a las semillas, informar de inmediato a la autoridad competente (CSN).

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

Para la manipulación segura de semillas o fuentes radiactivas, se deben observar 3 factores (tiempo, distancia y protección):

- Tiempo: a menor tiempo en el campo de radiación (o de la semilla), menor radiación recibirá el individuo.
 - Distancia: a mayor distancia del campo de radiación (o de la semilla), menor exposición a la radiación.
- Protección: a mayor protección menor exposición a la radiación.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

La implementación de un plan de tratamiento con braquiterapia es, en general, más compleja que con haces externos. Adicionalmente, las dificultades para determinar la ubicación de las fuentes y la presencia de elevados gradientes de dosis hacen que el cálculo de las distribuciones de dosis y la especificación de esta (ya sea en un punto volumen) sea menos precisa que en teleterapia. Por estas y otras razones, los procedimientos de GC en braquiterapia son menos rigurosos que en teleterapia convencional.

En la práctica de la braquiterapia, a excepción de tratamientos con terapias de contacto y otros moldes con geometrías fijas, la ejecución del tratamiento puede diferir significativamente de lo planificado. Por lo tanto, muchas veces es necesario realizar los cálculos: uno, para determinar la distribución e intensidad de las fuentes y otro de verificación para determinar los tiempos de tratamiento a partir de la distribución real de las semillas.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

Administrar tratamientos de braquiterapia con precisión significa que las fuentes planificadas son colocadas en las posiciones deseadas en el aplicador correcto, que permanecen en este el tiempo requerido y que depositan de forma precisa las dosis prescritas por el oncólogo radioterapeuta.

Un programa de GC en braquiterapia debe, por lo tanto, estar dirigido a 3 procesos básicos:

. EL PROCESO DE INSERCIÓN DE LAS SEMILLAS.

Este es mayormente responsabilidad del oncólogo radioterapeuta; en términos de GC física significa que:

- Se utilizó el dispositivo correcto.
 - Se documentó.
- Se realizó la operación correcta.
- El aplicador, las fuentes y el volumen blanco están en correlación correcta.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

. EL PROCESO DE DISEÑO Y EVALUACIÓN.

Este proceso comienza con la selección del aplicador y el diseño del implante. Después de la ejecución del implante, se continúa con la prescripción del tratamiento, la adquisición de las imágenes del implante, la definición del volumen blanco, el cálculo de las distribuciones de dosis, su optimización, la determinación de los fuentes y /o la determinación de las posiciones estacionarias de las fuentes.

En términos de GC física esto significa que:

- Los algoritmos del sistema de planificación (manual o computarizado) funcionan correctamente.
- El volumen blanco de las imágenes radiográficas es consistente con otros datos relativos a la localización del tumor.
- Los pasos de optimización son apropiados.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

EL PROCESO DE ADMINISTRACIÓN DEL TRATAMIENTO.

En el caso de braquiterapia manual este incluye la selección, preparación e inserción de las fuentes.

En el caso de equipos de carga remota automática, este proceso incluye el ingreso de los datos al sistema de aplicación, la conexión del equipo al paciente y la administración de la irradiación.

Los aspectos de GC físicos consisten en:

- Los procedimientos para validar los datos ingresados.
- Los procedimientos para manejar situaciones de averías de los aparatos y emergencias, así como la documentación del tratamiento.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

Los requerimientos técnicos para una exactitud de braquiterapia reúnen los siguientes aspectos:

ESPACIAL:

Se refiere a que las fuentes se ubiquen en la posición correcta (definida directa o indirectamente por el oncólogo radioterapeuta) donde se planificaron. En la mayoría de los casos se considera que es alcanzable una exactitud de ± 2 mm en relación con el aplicador.

TEMPORAL:

Se refiere a que el tiempo que la fuente permanece en la posición prevista se corresponde con lo planificado.

Para sistemas manuales esto significa que las fuentes se retiran cuando el tratamiento se completa.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SEGURIDAD RADIATIVA PARA LA MANIPULACIÓN DE FUENTES EN BRAQUITERAPIA.

En los equipos de carga remota automática el temporizador debe garantizarnos una exactitud de $\pm 2\%$ del tiempo programado.

El efecto del tránsito de la fuente debe medirse para calcular la dosis adicional que se entrega durante ese tiempo.

ADMINISTRACIÓN DE LA DOSIS PRESCRITA.

Se acepta un nivel de incertidumbre en la administración de la dosis prescrita del 5%.

Para braquiterapia se ha descrito que es posible lograr incertidumbres del orden del 5 al 10% a distancias de 1-5 cm de las fuentes.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SISTEMAS COMPUTARIZADOS DE PLANIFICACIÓN.

Un sistema de planificación en braquiterapia normalmente tiene los siguientes fundamentos que necesitarán ser incluidos en un programa de GC:

- Un método para reconstruir la geometría tridimensional del implante. Esto normalmente consiste en un digitalizador (un algoritmo que calcula la posición de las fuentes a partir de proyecciones ortogonales, imágenes estéreo, etc..)
- Un sistema gráfico para visualizar las fuentes implantadas en el paciente. Generalmente estos sistemas deben permitir la visualización del implante en un plan orientado arbitrariamente en el espacio.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SISTEMAS COMPUTARIZADOS DE PLANIFICACIÓN.

- Un criterio de especificación del tipo e intensidad de las fuentes, así como del tiempo de tratamiento de cada fuente visualizada.
- Un algoritmo para calcular la distribución de dosis a partir de los datos y parámetros asignados antes.
 - Métodos de evaluar, representar y optimizar la distribución de dosis.
- Un sistema que permita la impresión de curvas de isodosis y otros datos asociados en la documentación del plan. Los sistemas de alta tasa a menudo comunican automáticamente los datos al sistema de colocación de fuentes para administrar el tratamiento.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SISTEMAS COMPUTARIZADOS DE PLANIFICACIÓN.

ALGORITMOS DE CÁLCULO DE DOSIS

Es recomendable que para especificar la intensidad de las fuentes de braquiterapia se emplee la magnitud e intensidad de kerma en aire, no obstante, muchos de los sistemas de planificación existente se emplean magnitudes antiguas como miligramos de Ra-equivalente o actividad aparente.

Es por ello, fundamental, comprender lo asumido por el programa en este sentido, con vistas a realizar las conversiones de unidades requeridas.

Debe verificarse que el algoritmo de cálculo convierte el valor de calibración de la fuerza de una adecuada distribución de dosis alrededor de esta no sólo sobre el bisector perpendicular, sino que corrige también por la anisotropía a lo largo del eje de la fuente.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. SISTEMAS COMPUTARIZADOS DE PLANIFICACIÓN.

VERIFICACIÓN DE LOS CÁLCULOS DE DOSIS EN EL PACIENTE

Al igual que en teleterapia, todos los cálculos de dosis en pacientes deben ser revisados para verificar que no se cometen errores graves.

Se recomienda que estas revisiones se realicen antes de colocar las fuentes o al inicio del tratamiento (en el caso de implantes con fuentes de baja tasa) de manera que cualquier error pueda ser corregido antes de que el tratamiento se complete. Se debería, como mínimo, llevar a cabo un cálculo comprobatorio independiente en, al menos, un punto crítico o representativo.

Se recomienda que las discrepancias entre la comprobación independiente y el cálculo de dosis de rutina no superen un 15%. Es importante verificar si el sistema de planificación corrige por el decaimiento de la actividad de las fuentes.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. LOCALIZACIÓN DE LAS FUENTES.

La posición de todas las semillas requiere una verificación mediante radiografías convencionales, fluoroscopia, TC o ultrasonido.

El físico médico y/o el dosimetrista deben estar presentes durante la localización del implante, con vistas a asegurar que se mantenga la geometría adecuada para su adquisición, que las marcas iniciales y los anillos de magnificación están ubicados correctamente y se aprecian en la imagen, que el paciente no se mueva durante la toma de imágenes, así como que la localización de la fuente sea la adecuada para la localización precisa de las fuentes.

Entre las técnicas más convencionales para la localización de fuentes y aplicadores se cuenta con las placas ortogonales y placas desplazadas; también se está comenzando a emplear la TC (o TAC) para las reconstrucciones tridimensionales.

CONTROL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y DEL EQUIPAMIENTO. ADMINISTRACIÓN DEL TRATAMIENTO.

Se deben considerar también los aspectos de GC para asegurar la administración del tratamiento de braquiterapia según lo planificado.

Un aspecto de esta GC es documentar los parámetros físicos que especifican cómo deben encargarse las semillas (intensidad de las fuentes, aplicadores, prescripción, duración del implante, etc..).

Por otra parte, deben establecerse vías de comunicación claras y sin ambigüedades entre las distintas partes que participan en el implante (descripción del implante tal y como se llevó a cabo en la sala de aplicación debe comunicársele al equipo de planificación).

GESTIÓN DEL MATERIAL RADIATIVO Y DE LOS RESIDUOS.

Las fuentes radiactivas empleadas en estas instalaciones no resultan aptas para el uso clínico cuando alcanzan el final de su vida útil, ya sea por descenso inaceptable de su actividad, deterioro u otra causa, convirtiéndose en residuos que precisan ser eliminados en condiciones seguras.

La gestión de las propias fuentes que han dejado de ser útiles debe llevarse a cabo con arreglo a los principios de protección radiológica. Son necesarias medidas para minimizar la dosis que, por esta causa, pueden recibir los trabajadores de la instalación. Además, de acuerdo con el reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes, toda evacuación de residuos radiactivos debe someterse a un estricto control.

GESTIÓN DEL MATERIAL RADIATIVO Y DE LOS RESIDUOS.

El procedimiento normal de eliminación de las fuentes agotadas o fuera de uso se realizará por la propia entidad que en su momento las suministró. Se tomarán medidas para minimizar el tiempo que transcurre desde que la fuente afectada queda fuera de uso clínico y el momento de la retirada por el suministrador.

Cuando la propia entidad que en su momento las suministró no lo pueda hacer, habrá que concertar con una empresa autorizada (ENRESA) la retirada de las fuentes en desuso. Cualquiera que sea la vía de eliminación de las fuentes radiactivas que han estado en uso en la instalación, se llevará a cabo con la supervisión del SPR o SRF de la instalación.