

UF5

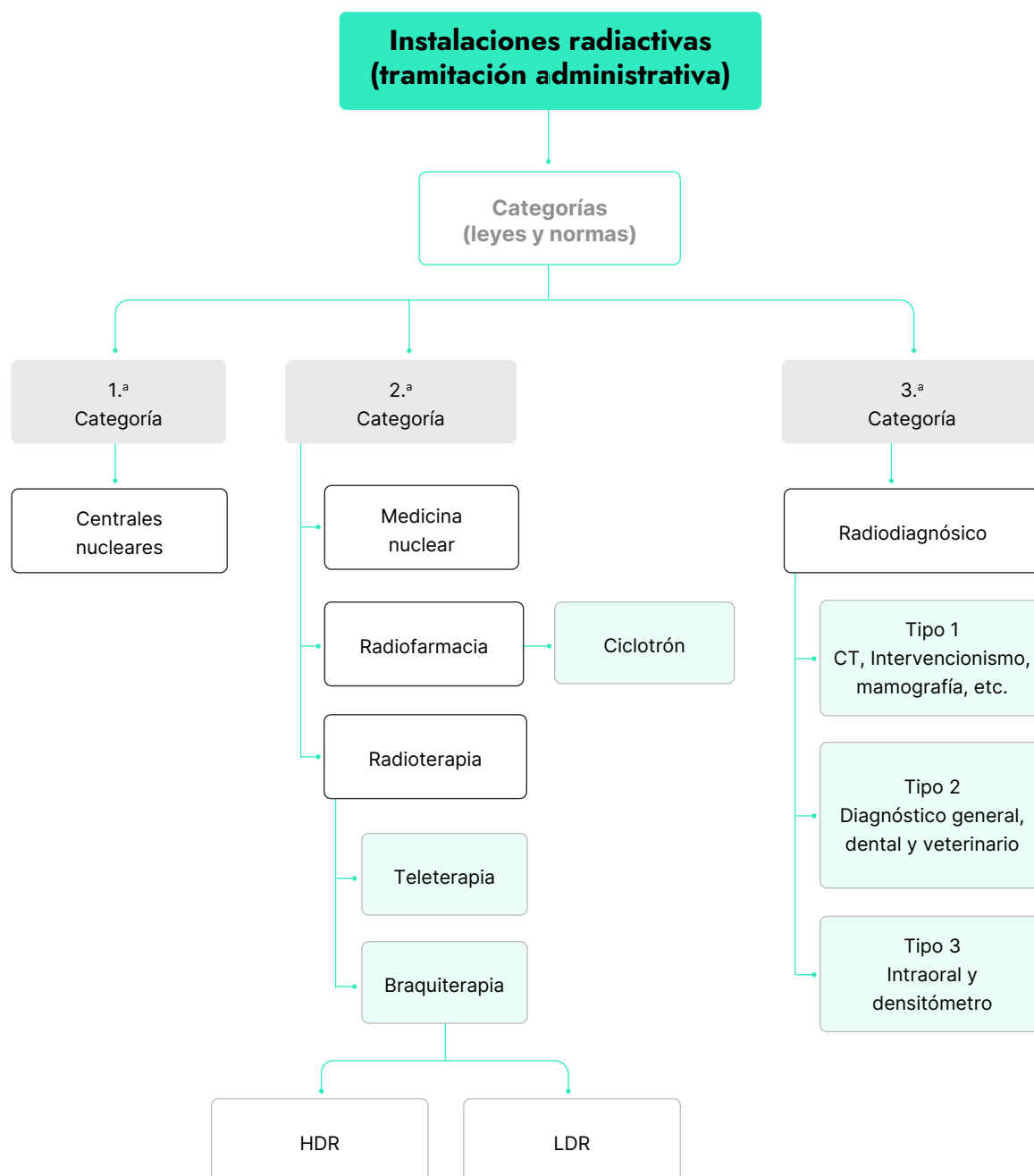
Caracterización de las instalaciones radiactivas II

Protección radiológica

ÍNDICE

Mapa conceptual	03
1. Reglamentación sobre las instalaciones radiactivas	04
1.1. Tipos de instalaciones radiactivas	04
1.2. Procedimientos administrativos	05
1.3. Personal de operación de la instalación y licencias	06
2. Análisis de riesgos radiológicos asociados al uso de fuentes no encapsuladas	08
3. Instalaciones de medicina nuclear y radiofarmacia	12
3.1. Riesgos en medicina nuclear y radiofarmacia	14
4. Riesgos radiológicos por el uso de fuentes encapsuladas en instalaciones de teleterapia y braquiterapia	16
4.1. Riesgos y medidas de control sobre las fuentes encapsuladas	16
4.2. Instalaciones de radioterapia	17
A. Instalaciones para teleterapia	18
B. Instalaciones para braquiterapia	18
5. Características técnicas de las instalaciones de radiodiagnóstico ..	20
5.1. Instalaciones de radiodiagnóstico	20

Mapa conceptual



01 Reglamentación sobre las instalaciones radiactivas

1.1. Tipos de instalaciones radiactivas

Las instalaciones nucleares y radiactivas están reguladas en el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas (aprobado por el [R. D. 1836/1999, de 3 de diciembre](#)) y el [R. D. 35/2008, de 18 de enero](#), que modifica el anterior. Se consideran instalaciones radiactivas aquellas que contengan:

- » Una fuente de radiación ionizante.
- » Los aparatos productores de radiaciones ionizantes que funcionen a una diferencia de potencial superior a 5 kV.
- » Los locales, laboratorios, fábricas e instalaciones donde se produzcan, utilicen, posean, traten, manipulen o almacenen materiales radiactivos, excepto el almacenamiento incidental durante su transporte.

Las instalaciones radiactivas se clasifican en **tres categorías**, en función del riesgo radiológico asociado a los equipos o materiales radiactivos que utilizan o almacenan:

Instalaciones de 1.ª categoría

- » Se basa en el principio de jerarquía y unidad de mando.
- » Fábricas de producción de uranio, torio y sus compuestos, y fábricas de producción de elementos combustibles de uranio natural (instalaciones del ciclo del combustible).
- » Instalaciones que utilicen fuentes radiactivas con fines de irradiación industrial.
- » Instalaciones complejas en las que se manejen inventarios muy elevados de sustancias radiactivas o se produzcan haces de radiación de muy elevada fluencia de energía, de forma que el potencial impacto radiológico sea significativo.

Instalaciones de 2.ª categoría

- » Se basa en el principio de reparto del trabajo, en la especialización y funcionalidad.
- » Instalaciones donde se manipulen o almacenen nucleidos radiactivos que puedan utilizarse con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales, cuya actividad total sea igual o superior a mil veces los valores de exención.
- » Las instalaciones que utilicen aparatos generadores de rayos X que puedan funcionar con una tensión de pico superior a 200 kilovoltios.
- » Los aceleradores de partículas y las instalaciones donde se almacenen fuentes de neutrones.

Instalaciones de 3.ª categoría

- » Se basa en el principio de reparto del trabajo, en la especialización y funcionalidad.
- » Instalaciones donde se manipulen o almacenen nucleidos radiactivos cuya actividad total sea superior a los valores de exención establecidos en la Instrucción IS-05 del CSN e inferior a mil veces estos.
- » Instalaciones que utilicen aparatos generadores de rayos X cuya tensión de pico sea inferior a 200 kV.

Esquema 1. Tipo de instalaciones radiactivas.

1.2. Procedimientos administrativos

Las instalaciones radiactivas con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales requerirán:

- » Una autorización de funcionamiento.
- » Una declaración de clausura.
- » Y, en su caso, una autorización de modificación y de cambio de titularidad.

La autorización de funcionamiento irá acompañada, al menos, de la siguiente documentación:

MEMORIA DESCRIPTIVA DE LA INSTALACIÓN

Describirá el emplazamiento y los detalles constructivos, justificando, en su caso, la elección de las fuentes radiactivas que hayan de emplearse en la instalación, así como los sistemas de gestión de los residuos radiactivos previstos para el funcionamiento normal y, en caso de accidente, incorporando contratos con empresas gestoras, reexportación y otras modalidades, como proceda en cada caso.

ESTUDIO DE SEGURIDAD

Consistirá en un análisis y evaluación de los riesgos que puedan derivarse del funcionamiento normal de la instalación o a causa de algún accidente. Se aportarán datos suficientes para poder realizar un análisis de los riesgos de la instalación.

VERIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

Dentro de lo específicamente aplicable a cada caso, se incluirá una descripción de las pruebas a que ha de someterse la instalación y, en los casos necesarios, el plan de mantenimiento previsto.

REGLAMENTO DE FUNCIONAMIENTO

Presentará los métodos de trabajo que garanticen la operación segura de la instalación. Se describirán también las medidas de protección radiológica aplicables y se añadirá la relación prevista de personal, la organización y la definición de responsabilidades que correspondan a cada puesto de trabajo, tanto en condiciones normales de operación como en caso de emergencia.

PLAN DE EMERGENCIA INTERIOR

Detallará las medidas previstas por el titular y la asignación de responsabilidades para proteger al personal y notificar su ocurrencia de forma inmediata a los órganos competentes. Además, establecerá las actuaciones previstas por el titular para prestar su ayuda en las intervenciones de protección en el exterior de la instalación, de acuerdo con los planes de emergencia exterior que establezcan los órganos competentes, cuando así lo determine el Consejo de Seguridad Nuclear.

PREVISIONES PARA LA CLAUSURA Y COBERTURA ECONÓMICA PREVISTA

Para garantizarla en condiciones de seguridad.

Esquema 2. Documentación de la autorización de funcionamiento.

1.3. Personal de operación de la instalación y licencias

El personal que manipule materiales o equipos radiactivos y el que dirija dichas actividades en una instalación radiactiva con fines científicos, médicos, agrícolas, comerciales o industriales deberá estar provisto de una **licencia específica** concedida por el CSN. Existen dos clases de licencias:

Licencia de operador	Licencia de supervisor
»Capacita para la manipulación de materiales o equipos productores de radiaciones ionizantes conforme a procedimientos e instrucciones preestablecidos. »Estas licencias son las que deben obtener los técnicos superiores en radioterapia y dosimetría y los técnicos superiores en imagen para el diagnóstico y medicina nuclear que trabajen en el área de medicina nuclear. »Aquellos TSID que no trabajen en medicina nuclear no precisan esta licencia y pueden desarrollar su labor profesional en el servicio de radiología capacitados por la acreditación que se obtiene directamente al concluir los estudios de grado superior en Imagen para el Diagnóstico y Medicina Nuclear.	»Capacita para dirigir y planificar el funcionamiento de una instalación radiactiva y las actividades de los operadores.

Esquema 3. Tipos de licencias.

Las licencias de operador y supervisor tendrán un **plazo mínimo de validez** de cinco años (seis las de supervisor/operador de instalaciones de categoría 1), serán personales e intransferibles y específicas por campo de aplicación (fines científicos, médicos, agrícolas e industriales).

- » Las **licencias de operador** podrán ser solicitadas por personas con formación, como mínimo, de Enseñanza Secundaria Obligatoria, o equivalente.
- » Las **licencias de supervisor** podrán ser solicitadas por personas con titulación universitaria.
- » Los diplomas de Jefe de Servicio de Protección Radiológica podrán ser solicitados por personas con titulación universitaria y con formación adecuada en protección radiológica. En el caso de las instalaciones de radiodiagnóstico, las acreditaciones son personales y no caducan.

Un conocimiento más extenso sobre las licencias y acreditaciones del personal de las instalaciones nucleares y radiactivas puede encontrarse revisando el título V, capítulo I, sección 1.ª del R. D. 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, así como la [IS-07, de 22 de junio de 2005, del CSN](#), sobre aplicación de licencias del personal en instalaciones radiactivas.

1 CASO PRÁCTICO



SOLICITUD DE ACREDITACIÓN PARA OPERAR INSTALACIONES DE RX CON FINES DE DIAGNÓSTICO MÉDICO

Has finalizado tus estudios de TSID y en breve vas a trabajar. Te suena que necesitas algún tipo de licencia, además de tu título, y que te la van a solicitar para firmar un contrato. ¿Sabes dónde encontrar la información? ¿Qué tipo de documentación debes presentar y dónde?

SOLUCIÓN

Toda la información puedes encontrarla en CSN (bit.ly/CSN_diplomas).

Solicitud de acreditación, modelo 801 pago de tasas, etc., y forma de presentarlo: (bit.ly/modelo_801).



VÍDEOLAB

Para consultar el siguiente vídeo sobre el servicio de radiodiagnóstico, escanea el código QR o [pulsa aquí](#).

02 Análisis de riesgos radiológicos asociados al uso de fuentes no encapsuladas

El **riesgo radiológico** derivado del uso de fuentes no encapsuladas puede dar lugar tanto a una **irradiación externa** como a **contaminación**.

La irradiación externa se debe a que el radioisótopo emite radiación alfa, beta y/o gamma en su desintegración, y estas emisiones tienen cierto alcance.

El primer aspecto para identificar los riesgos de **irradiación externa** asociados a una fuente es su **caracterización**:

- » Determinando su actividad.
- » El tipo de emisión.
- » Y su energía.

De acuerdo con el **principio ALARA**, las dosis que recibe un individuo han de mantenerse tan bajas como razonablemente sea posible, y para ello es necesario aplicar medidas básicas que permitan controlar las dosis recibidas por *irradiación externa*, atendiendo a los siguientes aspectos:

Distancia

Puesto que la intensidad decrece de manera inversa al cuadrado de la distancia entre la fuente y el receptor, en el caso de fuentes emisoras de rayos X o gamma es posible reducir la dosis recibida por un individuo expuesto en un factor 4

simplemente duplicando la distancia de este a la fuente. Para partículas β de energías del MeV, el alcance en aire es de unos pocos metros, por lo que basta con alejarse esa distancia para reducir la dosis a niveles casi despreciables. En el caso de las partículas alfa, el alcance en aire es de unos centímetros.

La posibilidad de disminuir la dosis aumentando la distancia a la fuente emisora a veces no es posible por la dinámica en el puesto de trabajo.

1

Tiempo

La tasa de dosis que emite una fuente ($\dot{D}$) se expresa como ($\dot{D} = \frac{D}{t}$), en Gy/s, por tanto, la dosis recibida por una persona expuesta (en Gy) es proporcional al tiempo (t), según:

$$D = \dot{D} \cdot t$$

La dosis recibida es proporcional al tiempo de exposición; así, optimizando dicho tiempo (t) se reducirá la dosis (D) en la misma proporción. La optimización de los tiempos de exposición se consigue mediante la formación del personal para la realización de determinados trabajos en el menor tiempo, manteniendo las condiciones de seguridad (ensayos en frío, o sea, manipulando sustancias no radiactivas a modo de entrenamiento, para adquirir destreza y reducir así los tiempos de exposición).

2

Blindaje

3

En caso de que la dosis no se pueda optimizar mediante distancia y tiempo, es necesario interponer, entre la persona expuesta y la fuente, un blindaje que atenúe la intensidad del campo de radiación. Un parámetro útil a la hora de caracterizar un blindaje es la capa hemirreductora o HVL (espesor necesario de un material para reducir la intensidad del haz a la mitad). En el caso de las fuentes emisoras de rayos X o gamma se utilizarán materiales de alto número atómico y densidad elevada, tales como plomo, hierro u hormigón. En el caso de fuentes emisoras de partículas β , suele ser suficiente con unos centímetros de un material de bajo número atómico, por ejemplo, metacrilato.

Esquema 4. Principio ALARA.

La **contaminación** supone la presencia indeseable de sustancias radiactivas dentro de un material o en su superficie, en el cuerpo humano o en cualquier otro lugar en el que no sean deseables o puedan ser nocivas.

La contaminación puede ser:

- » **Personal**, si afecta a una persona.
- » **Superficial**, si afecta a cualquier otra superficie o material.

La **contaminación personal** puede ser **externa**, si esta afecta a la superficie cutánea, o interna, si el material radiactivo se introduce en el organismo (por inhalación, ingestión o heridas) y se deposita en los órganos. El **depósito** en el organismo está condicionado por:

1

Las **características del radionúclido**: tipo de radiación emitida, periodo de semidesintegración, velocidad de absorción, periodo biológico.

2

Las **características del receptor**: edad, sexo, estado fisiológico del individuo y momento en el que se produjo la contaminación.

La **cuantificación o medida de la contaminación** interna se lleva a cabo mediante:

1

Medidas directas: se recurre a un contador de radiactividad total (CRC), que permite determinar la actividad depositada en el organismo humano procedente de radionucleidos emisores gamma, así como estimar la cantidad de radionucleido depositado.

2

Medidas indirectas: dado que la actividad de un radionucleido depositado en el organismo se elimina principalmente a través de la orina y las heces, se puede estimar la cantidad depositada a través de la fracción de actividad excretada por estas vías.

Cuando se contamina la superficie de un objeto, se produce una **contaminación superficial** que puede provocar una contaminación personal interna.

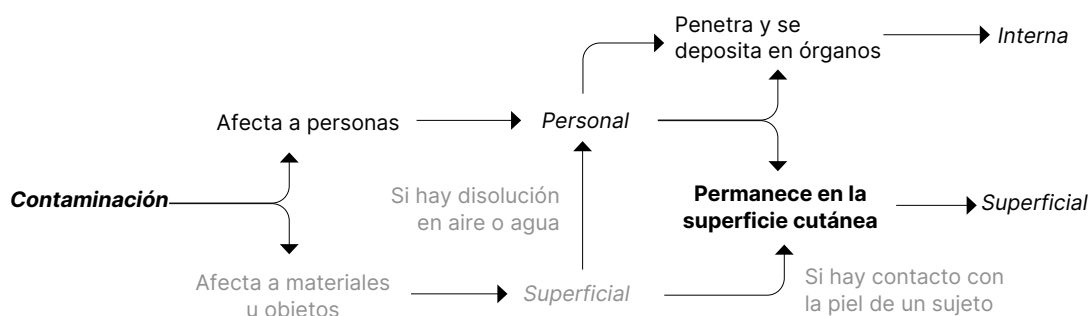


Fig. 1. Esquema general de los tipos de contaminación.

La **contaminación interna** puede dividirse en una serie de etapas en las que los radionúclidos que penetran se integran en las estructuras y funciones orgánicas del mismo modo que lo haría el elemento estable (no radiactivo). Las **fases** son:

- » La **incorporación**, que supone la entrada del radionúclido al organismo (inhalación, ingestión...).
- » El **depósito** del radionúclido en la zona de entrada.
- » La **absorción**, que supone la difusión del material radiactivo hacia la sangre y la linfa. Según sean las características fisicoquímicas del contaminante, podremos referirnos a una absorción en sangre:
 - Tipo F (*fast*). Radionucleidos de absorción rápida. El 100 % es absorbido en sangre en 10 minutos.
 - Tipo M (*moderate*). De absorción moderada. El 10 % es absorbido en sangre en 10 minutos y el 90 % en 140 días.
 - Tipo S (*slow*). De absorción lenta. El 0,1 % es absorbido en sangre en 10 minutos y el 99,9 % en 7000 días.
- » La **distribución** supone que el radioisótopo pueda fijarse en un órgano por el que tiene afinidad (por ejemplo, el yodo en el tiroides), o difundir y distribuirse por los líquidos intra- y extracelulares (por ejemplo, el tritio, el carbono o el fósforo).
- » La **retención**, o el tiempo de retención del material radiactivo en una región anatómica, es la responsable del depósito de dosis sobre un órgano o tejido.
- » La **excreción** supone la eliminación del radionúclido, generalmente a través de la orina o las heces, pero también por otras vías, como el vómito o, en menor medida, por la sudoración o la exhalación.

2 CASO PRÁCTICO



RIESGO DE CONTAMINACIÓN

El material radiactivo no encapsulado es la manipulación más frecuente que podemos encontrar en un servicio de medicina nuclear, y por ello el suceso más probable que puede darse es el derrame de un material radiactivo que puede depositarse en la piel, inhalarse, ingerirse o penetrar a través de heridas, etc. ¿Cómo se podría proteger un trabajador frente a este riesgo?

SOLUCIÓN

Para protegerse contra este riesgo, hay que tratar de evitar la presencia de contaminación radiactiva en el ambiente aplicando las medidas de confinamiento (ventilación, vitrinas, guantes, etc.) que resulten pertinentes, utilizando un vestuario apropiado y haciendo uso de protección respiratoria.

Respecto al área de trabajo, sería conveniente tener un entorno seguro:

- » Debe tener una superficie lisa y químicamente inerte.
- » Su reparación debe ser fácil en caso de deterioro.
- » Sin pinturas, barnices ni lacas corrientes.
- » Pinturas plásticas o resinas.
- » Las esquinas redondeadas, sin salientes.
- » Aplicación de un revestimiento en el que se pueda eliminar la contaminación con facilidad.
- » Materiales no porosos.
- » Techos con losetas desmontables no inflamables.
- » Los desagües, pilas de lavar y sumideros del suelo deben estar marcados.
- » Grifos que se puedan accionar con la rodilla o el pie.

Puedes encontrar más información en este enlace: bit.ly/garantizar_PRD.

03 Instalaciones de medicina nuclear y radiofarmacia

DEFINICIÓN

La **medicina nuclear** es una especialidad médica que se dedica al diagnóstico, tratamiento, investigación y prevención de las enfermedades haciendo uso de sustancias radiactivas no encapsuladas (radiofármacos). Los **radiofármacos** son administrados mayoritariamente por vía intravenosa, y permiten estudiar la forma y el funcionamiento de los órganos, incorporándose a ellos y emitiendo radiación, que es detectada por un equipo externo (gammacámara/SPECT o PET) en función del radionúclido empleado y el tipo de estudio.

DEFINICIÓN

La **radiofarmacia** es una disciplina vinculada a la medicina nuclear que se encarga de sintetizar los radiofármacos. Dadas las características de los radionúclidos utilizados, el radiofármaco debe prepararse y someterse a unos controles antes de ser administrado al paciente para garantizar la calidad de los tratamientos y que se mantenga su cualidad diagnóstica.

Tanto las instalaciones de medicina nuclear como las de radiofarmacia son **instalaciones radiactivas**, por lo que, en primer lugar, hay que tener en cuenta su **ubicación** dentro del edificio hospitalario, pues en función del tipo de equipos e isótopos que se autoricen se deberá atender a unas características específicas de ubicación y diseño (blindajes, apantallamientos y distribución de salas). Hay que tener en cuenta que los equipos, los materiales y los pacientes son considerados fuentes de radiación, por lo que su **adecuada distribución y organización** es de gran importancia de cara a minimizar el riesgo. De manera general, una **unidad de medicina nuclear** consta de una serie de salas:

Áreas no activas de libre acceso

Despachos, salas y laboratorios en los que no se maneja material radiactivo, salas de espera y aseos de uso para pacientes antes de la administración de las dosis, acompañantes o visitas.

Áreas activas de acceso restringido (señalizadas)

- » La sala de administración de dosis (se recomienda la construcción de boxes independientes en caso de administración simultánea a dos o más pacientes).
- » La sala de espera para pacientes a los que se les ha administrado el radiofármaco (con espacio para encamados).
- » Aseos para pacientes a los que se ha administrado el tratamiento.
- » Salas de exploración y control (gammacámaras y equipos PET).
- » Radiofarmacia, donde se reciben, almacenan y preparan los radiotrazadores antes de ser administrados.

Esquema 5. Unidad de medicina nuclear.

En cuanto a los **espacios de radiofarmacia**, la Ley 25/90 del Medicamento considera, en su capítulo cuarto, los radiofármacos como medicamentos especiales y establece las normas exigibles para su fabricación y para su preparación extemporánea. Estas normas se desarrollan posteriormente y de forma más detallada en el Real Decreto 479/93, por el que se regulan los medicamentos radiofármacos de uso humano.

Atendiendo a esta normativa, la preparación extemporánea de los radiofármacos se efectúa, exclusivamente, en las **unidades de radiofarmacia**. Estas unidades deben cumplir los requisitos constructivos y técnicos establecidos en la normativa vigente y estar acreditadas o autorizadas por los organismos competentes. El **especialista en radiofarmacia**, responsable de una unidad de radiofarmacia, debe:

- » Asegurar que el aprovisionamiento, preparación, control, documentación y conservación de los radiofármacos se realiza de acuerdo con las normas antes citadas y con la legislación vigente.
- » Establecer y firmar las instrucciones específicas de preparación y control de los radiofármacos.
- » Comprobar el correcto mantenimiento de los locales y equipos utilizados en la preparación, control y conservación de los radiofármacos.
- » Garantizar la calidad de los radiofármacos preparados y conservar el resultado de los controles y verificaciones realizados.

Para ello se requiere un área de recepción, almacenamiento y manipulación del material radiactivo, denominada cámara caliente o gammateca, que debe estar rodeada por salas de baja ocupación y que contará con espacios adecuados para:

- » La recepción y almacenamiento del material radiactivo, con receptáculos diferentes según las características de los radionúclidos.

- » Zona de elución de generadores de tecnecio y de preparación de dosis.
- » Zona específica para residuos radiactivos.
- » Zona de preparación de radiofármacos, que debe ir precedida por una esclusa.
- » Vestuario que asegure las condiciones de asepsia adecuadas al proceso.
- » Vitrinas de trabajo, que suelen tener pantallas de vidrio plomado correderas.
- » Almacén de residuos radiactivos.
- » Zona de descontaminación de personas y objetos (contará con lavaojos, lavacabezas, lavabo que no se accione con la mano, ducha y un armario en el que se encuentren los productos de descontaminación).

La presencia o no de ciclotrón en la unidad condiciona la distribución de los espacios, puesto que esta instalación radiactiva impone una serie de restricciones de acceso y edificación. En líneas generales, las unidades de medicina nuclear y radiofarmacia se localizarán en lugares poco frecuentados, ubicando la gammateca y el almacén de residuos rodeados de pasillos o salas de poca ocupación o con facilidad en el control de acceso, riesgo de incendio mínimo, y que permitan un adecuado traslado del material radiactivo, reduciendo los desplazamientos.

3.1. Riesgos en medicina nuclear y radiofarmacia

Durante los procedimientos llevados a cabo en medicina nuclear y radiofarmacia, es necesario **minimizar el riesgo de contaminación**, tanto superficial como personal, y **establecer protocolos y procedimientos de descontaminación**, tanto para situaciones de rutina como de accidente.

Todas las operaciones en las que se manipulen sustancias radiactivas deben realizarse en las **zonas reservadas** para este fin, y en todo momento debe controlarse la dispersión del material radiactivo.

Hay que **evitar los traslados innecesarios** del material radiactivo y **planificar las tareas** para que el tiempo de realización sea mínimo y se eviten así errores que puedan dar lugar a contaminaciones e irradiaciones del personal.

Otra medida general de control del riesgo pasa por el **uso de la cantidad mínima** necesaria de material radiactivo, así como **situarse tan lejos como sea posible** de la fuente de irradiación durante la manipulación. Si fuese necesario permanecer a corta distancia de la fuente, se utilizarán blindajes para minimizar la dosis recibida: mamparas, viales y jeringuillas plomados, así como guantes en todas las manipulaciones de material radiactivo; no deberá iniciarse el trabajo si se tienen cortes o heridas en las extremidades y estas no han sido previamente protegidas.

Para evitar la **contaminación interna**, no se puede comer, beber, aplicar cosméticos o fumar en los laboratorios, ni llevar a cabo prácticas inadecuadas (como, por ejemplo, pipetear con la boca).

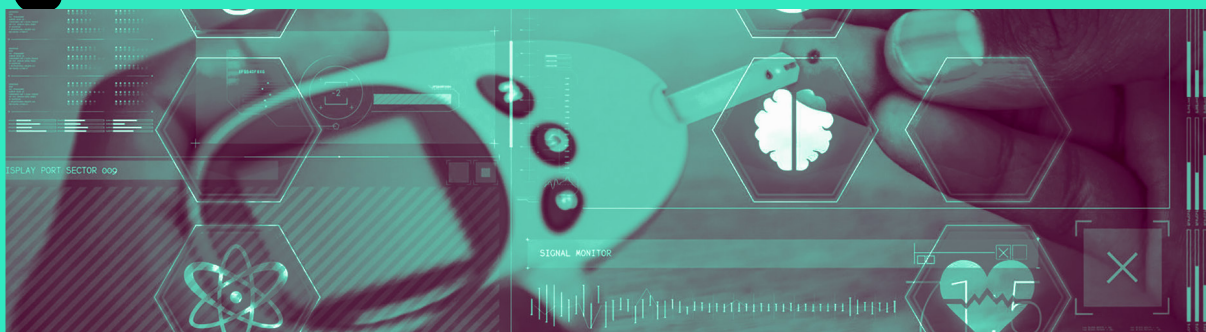
Cuando se manipulen fuentes, se debe poner un fondo de papel secante, de manera que si se produce un vertido accidental se pueda controlar la contaminación. Tras finalizar la manipulación, se debe realizar un control de la contaminación de superficies, ropa, utensilios de trabajo y partes del cuerpo expuestas, principalmente de las manos.

En el caso de **pruebas diagnósticas**, el paciente debe permanecer en la sala de inyectados y utilizar el aseo de los pacientes con el fin de evitar que se produzcan contaminaciones en dependencias ajenas al propio servicio.

En el caso de los pacientes ingresados, será necesario informarles sobre la necesidad de restringir las visitas.

En caso de que sea necesaria la colaboración de algún familiar durante el tiempo de hospitalización, será imprescindible que se realice una estimación lo más exacta posible de la dosis que recibirá dicha persona, para lo cual se le deberá entregar un dosímetro.

3 CASO PRÁCTICO



EXPOSICIÓN A I-131

El I-131 se utiliza en las terapias del cáncer de tiroides, sus metástasis y el hipertiroidismo. Cuando se administra a un paciente este radiofármaco, se convierte en un emisor de radiación. ¿Qué medidas se deberían tomar con respecto a otras personas que pudieran estar en contacto con el paciente?, como por ejemplo contacto con menores, embarazadas, etc.

SOLUCIÓN

- » Utilizar los criterios de blindaje, distancia y tiempo.
- » Medidas higiénicas y recogida controlada de residuos biológicos.
- » Mantener buena ventilación (inhalación de vapores de I-131).

04

Riesgos radiológicos por el uso de fuentes encapsuladas en instalaciones de teleterapia y braquiterapia

Se consideran fuentes encapsuladas aquellas que disponen de una estructura que, en condiciones normales de utilización, impide cualquier dispersión de la sustancia radiactiva al medioambiente.

La [normativa](#) obliga, por un lado, a un estricto control de las fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad durante todo su periodo de vida, desde su fabricación hasta su correcta gestión al final de su vida útil; y por otro, a hacer frente a los riesgos que plantea la existencia de fuentes radiactivas sobre las que o se ha perdido el control o nunca lo ha habido, y que son conocidas como fuentes huérfanas, estableciendo los cauces adecuados para la detección y recuperación del control sobre ellas.

4.1. Riesgos y medidas de control sobre las fuentes encapsuladas

La braquiterapia probablemente sea, si no la mayor, una de las prácticas médicas con radiaciones ionizantes que entraña mayor riesgo radiológico asociado. La manera de disminuir este riesgo se basa en:

- » La aplicación de rigurosos programas de control de calidad durante el proceso braquiterápico.
- » Un correcto diseño de la instalación.
- » Un correcto diseño del flujo de trabajo.
- » Una adecuada gestión de las fuentes y los equipos.

En lo referente a las fuentes radiactivas encapsuladas de alta actividad, se establece la obligación de llevar una hoja de inventario de cada una de ellas, así como la obligatoriedad de controlar la estanqueidad de las fuentes y equipos de braquiterapia. Actualmente existe una instrucción del CSN donde se indica la obligatoriedad de realizar las pruebas de hermeticidad de estas fuentes.

El poseedor de una fuente debe:

- » Realizar en intervalos periódicos no superiores a un año, y siempre tras cualquier incidente que pudiera afectar a la integridad de la fuente, las pruebas que garanticen la hermeticidad y la ausencia de contaminación superficial.
- » Verificar mensualmente la presencia y el buen estado aparente de las fuentes y los equipos que las contengan, y conservar un registro documental de estas verificaciones.
- » Garantizar los protocolos y procedimientos destinados a impedir el acceso no autorizado a la fuente, su pérdida o robo, así como a evitar que la fuente resulte dañada en caso de incendio.
- » Notificar en un plazo no superior a una hora al CSN, a la autoridad competente en materia de protección civil de la comunidad autónoma y al Ministerio de Industria, Turismo y Comercio toda pérdida, robo o uso no autorizado de una fuente.
- » Devolver toda fuente en desuso al proveedor.
- » Asegurarse, antes de realizar cualquier transferencia, de que el destinatario dispone de una autorización apropiada.
- » Notificar lo antes posible (plazo no superior a 24 horas) al CSN, a la autoridad competente en protección civil y al ministerio correspondiente cualquier incidente o accidente que pueda dar lugar a una exposición involuntaria de los trabajadores o del público.
- » En el caso de las fuentes huérfanas, cualquier persona que sospeche de su presencia deberá notificarlo a los servicios de emergencia de la comunidad autónoma y al CSN.

4.2. Instalaciones de radioterapia

Los aspectos administrativos que regulan las instalaciones de radioterapia se recogen en el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, que fueron mencionados al comienzo de esta unidad. Los aspectos que establecen los criterios de calidad y aseguran la optimización del tratamiento y la radioprotección del paciente se regulan mediante el R. D. 1566/1998, por el que se establecen los criterios de calidad en radioterapia.

La ubicación de las unidades de radioterapia suele hacerse en zonas de bajo tránsito y limitada estancia de público. Es frecuente que se diseñen en un extremo del centro hospitalario con menor frecuencia de paso o emplazadas en sótanos.

A. Instalaciones para teleterapia

Las estancias más representativas son:

La sala de tratamiento o búnker

Es aquella en la que se encuentra el acelerador lineal. Su tamaño debe permitir las operaciones de montaje y desmontaje de la unidad y el paso de camillas. Aquellas zonas que pueden recibir radiación directa del haz primario requieren un blindaje adicional y constituyen la barrera primaria o anillo, mientras que las zonas que reciben radiación dispersa o ya atenuada se denominan barreras secundarias. El búnker suele contar con un elemento estructural (laberinto) diseñado para que la radiación dispersa no alcance el acceso al búnker, que está delimitado por una puerta blindada.

Sala de simulación

Es en la que se encuentra el equipo TC para llevar a cabo la simulación de los tratamientos. Tanto esta sala como la del búnker tienen acceso restringido.

Sala de control

Se encuentra en el exterior del búnker. Desde ella se mantiene un control visual en todo momento mediante circuitos de televisión que permiten también comunicarse con el paciente desde el exterior, si fuese necesario.

B. Instalaciones para braquiterapia

El aspecto más destacable que considerar en el diseño de las instalaciones de braquiterapia es la tasa de dosis de los tratamientos. Así, se pueden distinguir dos espacios diferenciados en estos servicios:

Instalaciones de baja tasa de dosis (Low Dose Rate):

En estas instalaciones los pacientes pueden permanecer ingresados varios días, durante los cuales reciben el tratamiento; se caracterizan por disponer de:

- » Área quirúrgica (radioquirófano): zona en la que se realiza el implante de las fuentes.
- » Área de control del acceso a la unidad y a las diferentes habitaciones.

Instalaciones de alta tasa de dosis (High Dose Rate)

se usan en tratamientos cuyas fuentes tienen una alta tasa de actividad y están contenidas en equipos de aplicación de tratamiento. Estas instalaciones también disponen de área quirúrgica y áreas de control anexas a la sala de irradiación desde la que se controla el equipo y el tratamiento que recibe el paciente, lo que permite su observación y la comunicación con él.

Esquema 6. Espacios diferenciados en las instalaciones de braquiterapia.

La sala de irradiación es el espacio controlado en el que se realizan los tratamientos con el equipo de alta tasa. Los blindajes de esta sala deben ser calculados de acuerdo con la normativa. Mientras la máquina está funcionando, no debe haber ningún profesional dentro de la sala de irradiación, y esta debe contar con un detector de radiación y un dispositivo de bloqueo en la puerta durante el tratamiento.

Independientemente del tipo de tratamiento, las instalaciones de braquiterapia disponen, generalmente, de:

Un área de
manipulación de
fuentes (gammateca)

Que debe estar lo más cerca posible del almacén y señalizada como *zona de permanencia limitada* (trébol amarillo).

Almacén

Es el espacio en el que se custodian las fuentes radiactivas. Contará con un control de acceso de seguridad mediante llave. Es conveniente que en su interior exista una separación en compartimentos blindados para que el operador no sea irradiado por todas las fuentes.

Habitaciones de los
pacientes (instalaciones
de baja dosis)

Deben tener un blindaje suficiente en paredes, techo, suelo y puerta (que debe estar señalizada con un indicador de presencia de paciente portador de fuentes radiactivas). De manera general, no se permiten visitas a estos pacientes, excepto en situaciones especiales.

4 CASO PRÁCTICO



DISEÑO DE LA SALA DE TRATAMIENTO EN RADIOTERAPIA

Es tu primer día como tutor de prácticas en el servicio de oncología radioterápica y debes explicar a los recién llegados qué es un laberinto, qué función cumple y si puede prescindirse de él en el diseño del búnker.

SOLUCIÓN

El laberinto es un elemento estructural de blindaje que reduce la radiación dispersa. Puede tener uno o varios tramos; en caso de tener un solo tramo, debe estar diseñado de forma que desde la puerta no sea visible ninguna zona que pueda ser irradiada por el haz directo, así se garantiza que los fotones que puedan alcanzar la puerta hayan sufrido al menos dos interacciones previas, lo que implica una reducción de intensidad considerable (en un factor 1/10 000). La anchura del laberinto debe permitir el paso de las camillas usadas para transportar a los pacientes.

Es posible prescindir del laberinto en el diseño del búnker siempre y cuando se maximice el blindaje de las paredes, los techos, el suelo y la puerta.

05 Características técnicas de las instalaciones de radiodiagnóstico

Los equipos de radiodiagnóstico generan un haz de fotones de rayos X que se focaliza sobre el paciente para obtener la imagen radiográfica; este haz constituye el denominado haz de radiación primaria.

Asociada a la emisión de los fotones del haz primario, se produce, además, la radiación de fuga, compuesta por aquellos fotones que se propagan en cualquier dirección y escapan del blindaje de la carcasa, expandiéndose por la sala.

Por último, fruto de la interacción de los fotones con el paciente, parte del haz primario se dispersa en cualquier dirección, generando lo que se conoce como radiación dispersa (o radiación secundaria).

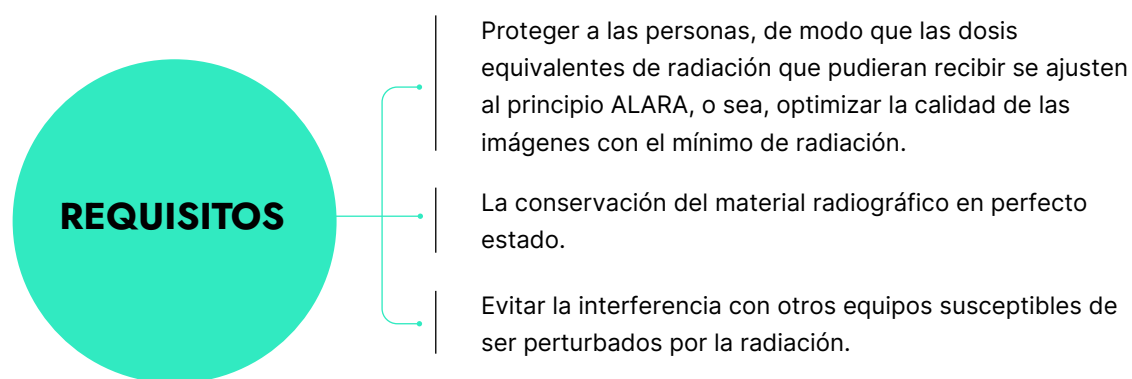
El funcionamiento de una instalación de rayos X de diagnóstico médico deberá ser dirigido por médicos, odontólogos o veterinarios.

5.1. Instalaciones de radiodiagnóstico

Existen una serie de requisitos técnicos generales aplicables al diseño, la construcción, las pruebas de aceptación y el funcionamiento de las instalaciones médicas en las que se emplean rayos X para el diagnóstico, encaminados a que en cada una de estas fases se garantice la protección radiológica, la seguridad y la calidad.

En el caso de los requisitos técnicos de los equipos, están determinados por diferentes normativas de homologación de acuerdo con especificaciones técnicas para los diferentes componentes (tubos de rayos X, generadores de rayos X para diagnóstico, mesas para el diagnóstico radiológico, equipos de rayos X radioquirúrgicos).

En cuanto a los requisitos de la propia instalación, el diseño se orienta a:



Con objeto de satisfacer estos requisitos, el diseño y construcción de las instalaciones ha de observar las siguientes medidas:

- » El acceso a las salas deberá ser controlado.
- » Las puertas de acceso deberán permanecer cerradas cuando haya emisión de rayos X.
- » Las salas de radiodiagnóstico no serán lugares de paso para acceder a otras dependencias.
- » Las consolas de control de los equipos de rayos X han de estar protegidas mediante mamparas blindadas, a ser posible fijas o estructurales, y debe estar prevista la comunicación con el paciente.
- » Los soportes o estativos verticales no se colocarán:
 - En zonas del puesto de control.
 - Próximos a las puertas de manera que el haz directo pueda dirigirse hacia las mismas.
- » En la medida de lo posible, el haz directo de radiación no podrá orientarse hacia las mamparas que protegen la consola, las puertas de acceso y las ventanas.
- » No se dispondrán dos tubos de rayos X en la misma sala alimentados por distintos generadores, a no ser que exista una barrera de protección entre ellos. (Se exceptúan las instalaciones con funcionamiento simultáneo o alterno en dos proyecciones sobre el mismo paciente).
- » Cuando existan dos o más tubos alimentados por el mismo generador, ubicados en la misma sala, no se preparará a un nuevo paciente si uno de ellos está en funcionamiento.

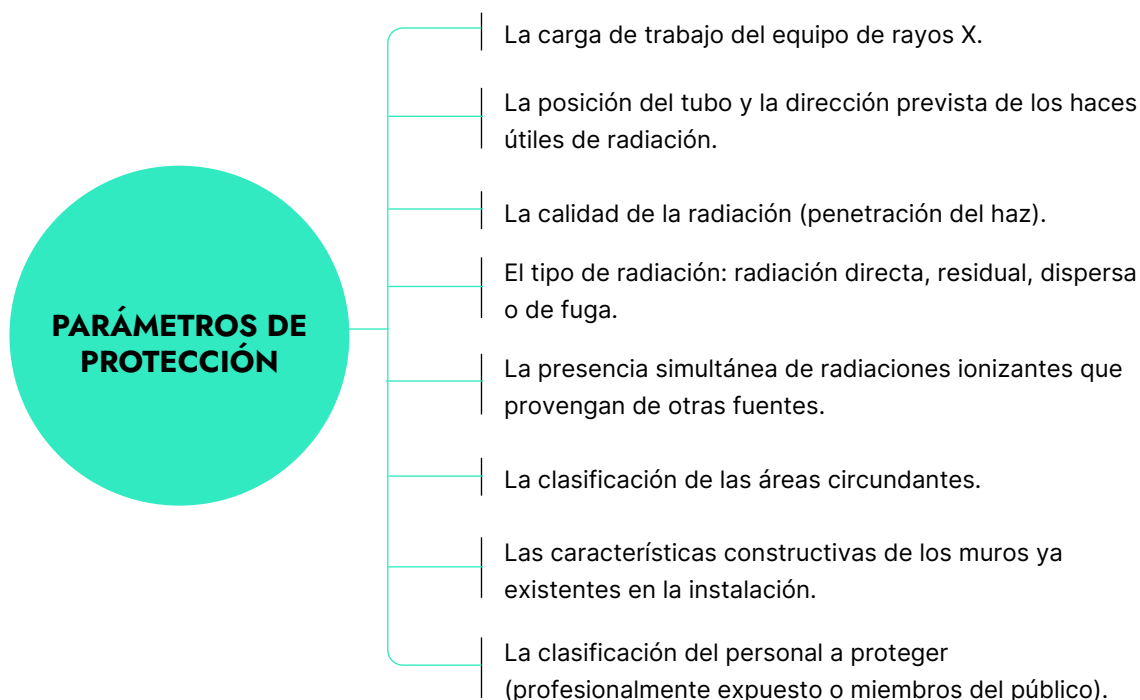
Finalmente, la planificación y el diseño de las instalaciones ha de efectuarse teniendo en cuenta consideraciones futuras (carga de trabajo, futuras ampliaciones, etc.).

Se recomienda la clasificación de zona vigilada (trébol gris azulado) para aquella en la que se encuentra la consola, y zona controlada (trébol verde) para el interior de las salas con equipos fijos.

En el interior de las salas se deberá utilizar delantal plomado cuando haya emisión de radiación, siempre y cuando la presencia del técnico sea indispensable. Así mismo, se recomienda que las zonas controladas estén delimitadas por elementos estructurales.

Se recomienda que los pasillos y las dependencias públicas colindantes con las salas de radiodiagnóstico sean zonas de libre acceso donde no se puedan superar los límites de dosis establecidos para los miembros del público. Además de lo expuesto, se recomienda realizar una dosimetría de área después de cada modificación significativa.

Respecto a los blindajes de una sala de radiodiagnóstico, en su cálculo es razonable considerar una carga de trabajo que cubra las previsiones futuras. Los principales parámetros que intervienen en la protección de un local son:



Se consideran prácticas de procedimiento técnico fundamentales:

- » Cerrar la puerta de la sala antes de la exploración y permanecer en la zona protegida durante esta, observando al paciente tras el cristal plomado.
- » Colimar el campo de exploración al mínimo suficiente para garantizar la calidad diagnóstica.
- » Durante la realización de las pruebas de radioscopia se empleará el intensificador de imagen, y solo permanecerán en la sala el paciente y el personal imprescindible.

- » Solo se debe emplear el fluoroscopio cuando se requiere información, y debe considerarse la posición más favorable atendiendo a la radiación dispersa (tubo bajo la mesa). Así mismo, la distancia foco-piel no debe ser inferior a 30 cm (recomendable 45 cm).
- » Dependiendo de la exploración, es adecuado emplear dosímetros para estimar las dosis en partes potencialmente afectadas (anillo, gafas, muñeca).
- » En el caso de los equipos portátiles y los dentales intraorales, nunca se orientará el haz directo a personas que no sean el paciente, y durante el disparo el personal permanecerá a una distancia superior a 2 m, provisto de delantal plomado.
- » Respecto al uso de protectores sobre los pacientes, recientemente se ha publicado una revisión de las recomendaciones que considera que su uso es eficaz solamente en ciertos casos particulares.

La exposición de las personas que ayuden a otras que deban someterse a pruebas médicas deberá estar justificada.

El responsable del programa de garantía de calidad de las unidades de radiodiagnóstico y medicina nuclear establecerá restricciones de dosis para las exposiciones de aquellas personas, distintas de los profesionales, que voluntariamente colaboren en la asistencia de los pacientes. Si el colaborador fuese un profesional, deberá llevar su dosímetro personal. Siempre que las características del diagnóstico o la terapia hagan necesaria la inmovilización del paciente, esta se realizará mediante sujeciones mecánicas apropiadas.

Si esto no fuera posible, la inmovilización será realizada por personas voluntarias (mayores de edad, y no embarazadas), que habrán recibido instrucciones para reducir al mínimo su exposición a la radiación y procurarán en todo momento no exponerse al haz directo, ir provistas de guantes, cuando proceda, y llevar delantales plomados. Si no se dispone de voluntarios, la inmovilización se llevará a cabo por personal profesionalmente expuesto, en turnos rotativos.

5 CASO PRÁCTICO



PROTECCIÓN PARA LA PERSONA ACOMPAÑANTE

En urgencias debes realizar una radiografía a un paciente pediátrico que necesita entrar con un adulto, debido a su corta edad.

El adulto te pregunta si puede quedarse con el niño durante la exploración. ¿Qué preguntas de seguridad le harías previas a la exploración?, ¿qué instrucciones le darías para que pueda colaborar en el procedimiento?, ¿en qué documentos legislativos puedes basarte para justificar tu actuación?

SOLUCIÓN

A veces es necesaria la colaboración de un adulto de referencia para el paciente pediátrico; esto le aporta seguridad y tranquilidad y permite que el procedimiento se realice sin incidencias. Sin embargo, es necesario instruir al adulto para no correr ningún riesgo, ya que vamos a usar RRil.

1. Si es mujer y está en edad fértil, es necesario saber si puede estar embarazada. En el caso de existir una posibilidad, este adulto no podría colaborar en el procedimiento.
2. Se debe indicar al adulto que sujete firmemente al niño en la posición apropiada para la exploración. No debe introducir sus manos en el campo de exploración. La cabeza debe estar alejada del haz primario.
3. En los reales decretos 601/2019, 815/2001, 783/2001, se indica lo siguiente:
Siempre que por las características propias del diagnóstico o la terapia con radiaciones ionizantes se haga necesaria la inmovilización del paciente, esta se llevará a cabo mediante la utilización de sujeciones mecánicas apropiadas.

Si esto no fuera posible, la inmovilización será realizada por una o varias personas que ayuden voluntariamente. En ningún caso se encontrarán entre ellos menores de dieciocho años ni mujeres gestantes.

Aquellas personas que intervengan en la inmovilización del paciente en las unidades asistenciales de radiodiagnóstico, que serán siempre el menor número posible, recibirán las instrucciones precisas para reducir al mínimo su exposición a la radiación, procurarán en todo momento no quedar expuestas al haz directo y deberán ir provistas de guantes, cuando proceda, y delantales plomados, para lo cual estas prendas de protección deberán estar disponibles en número suficiente para permitir su uso simultáneo.

Si no se dispone de personal voluntario, la inmovilización se llevará a cabo por personal profesionalmente expuesto, en turnos rotativos.

X T A R T
FP SALUD