

II.YENDO AL HOSPITAL DIAGNÓSTICO POR IMAGEN



*Dra. M^a Pilar López Franco.
Jefe del Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica.
Comisión de Garantía de Calidad de Radiodiagnóstico.
Hospital Universitario de La Princesa.*

Este documento se lo dedico, especialmente, a los pacientes del Hospital Universitario de La Princesa y, de forma muy especial a la memoria de mis padres, Fermín y Evangelina, y a la de mis hermanos Eloisa y Fermín pacientes también de este Hospital.

II. DOCUMENTO DIRIGIDO A PACIENTES: **DIAGNÓSTICO POR IMAGEN, DOSIS Y RIESGOS**

1. Introducción.
2. Radiaciones ionizantes, riesgos y efectos.
3. Distintos tipos de exploraciones realizadas con radiaciones ionizantes en el área de imagen
 - 3.1. Exploraciones realizadas mediante rayos X.
 - 3.2. Exploraciones en las cuales se utilizan radionucleidos (1)
4. Dosis asignadas a algunos tipos de exploraciones realizadas con radiaciones ionizantes.
5. Exploraciones realizadas sin radiaciones ionizantes
 - 5.1. Exploraciones mediante Resonancia Magnética.
 - 5.2. Exploraciones mediante ecografía.
6. Pacientes embarazadas.
7. Comparación de riesgos.
8. Conclusiones.

1. INTRODUCCIÓN

La vida en la tierra se ha desarrollado siempre en medio de un **fondo radiactivo natural**. La radiación no es algo nuevo ni inventado por el hombre. Nuestro organismo es portador de radiactividad natural, el aire que respiramos puede ser más o menos radiactivo, los alimentos que ingerimos e incluso los viajes en avión suponen una dosis de radiación cuyo valor va a depender de la naturaleza del vuelo. Este **fondo radiactivo natural** lo recibimos, por el mero hecho de existir, y dependen en mayor o menor medida del lugar en que se habite.

El uso médico de las radiaciones ionizantes utilizadas en el diagnóstico con rayos X y en Medicina Nuclear, conlleva beneficios evidentes y, a su vez, originan dosis de radiación en los pacientes, cuyo riesgo de efectos radioinducidos (2) no es, a veces, bien percibido ni por los pacientes ni por los propios profesionales de la salud, dada la falta de claridad en el lenguaje a la hora de expresar el riesgo.

En este documento se pretende informar sobre los distintos agentes físicos que intervienen y participan en la formación de la imagen para el diagnóstico médico, de las dosis estimadas en algunas exploraciones y del riesgo que las mismas puedan originar.

En el diagnóstico por imagen, también se utilizan métodos, que no implican el uso de radiaciones ionizantes, este es el caso de la Resonancia Magnética y los ultrasonidos (3) para realizar ecografías.

En el caso de utilizar radiaciones ionizantes, se destacarán los factores que determinan la dosis recibida por el paciente, así como el riesgo de efectos radioinducidos que no solamente depende del valor de la dosis recibida.

En general el riesgo se define como la posibilidad de que algo negativo ocurra. Es por tanto un concepto difícil de manejar y además presenta una carga de apreciación muy subjetiva.

2. RADIACIONES IONIZANTES, RIESGOS Y EFECTOS

Cuando para el diagnóstico por imagen se utilizan radiaciones ionizantes, el paciente recibe una determinada dosis de radiación. Esta dosis puede ser mayor o menor dependiendo su valor de distintos factores, siendo el principal el tipo de exploración realizada.

Cuando la radiación interacciona con el organismo humano puede producir efectos o no. En el caso de que se produzcan estos efectos, pueden actuar los mecanismos naturales de reparación del propio organismo y, de esta forma, no se derivarían consecuencias nocivas.

Los efectos que determinadas dosis de radiación pueden producir en el organismo humano pueden ser de distinta naturaleza y magnitud, dependiendo, fundamentalmente, de la zona irradiada y de la dosis recibida. En el área del diagnóstico por imagen, tanto en Radiodiagnóstico como en Medicina Nuclear es **sumamente infrecuente** que

puedan aparecer efectos radioinducidos, dadas las bajas dosis de radiación recibidas como consecuencia de este tipo de exploraciones.

En un estudio de investigación realizado en Estados Unidos, para comparar la contribución de muerte a la población de este país por distintas causas, la originada por las radiaciones ionizantes es inferior a nadar, a la utilización de la energía eléctrica o al uso de motocicletas y muy inferior a la originada por bebidas alcohólicas o el tabaco.

Lo importante en toda exploración de estas características es **que esté justificada**, es decir, ha de tratarse de una indicación médica idónea, y el profesional que solicita la exploración debe valorar cuidadosamente la conveniencia de que ésta sea realizada, ya que ello comporta el que **EL BENEFICIO SEA SIEMPRE SUPERIOR AL RIESGO**.

La dosis de radiación que como consecuencia de una exploración realizada con radiaciones ionizantes, va a recibir un paciente, va a depender entre otros factores:

- **De las características del equipo.** En este sentido en los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo y se han desarrollado importantes programas de investigación, dirigidos a mejorar las características de los equipos, que estén adecuadamente controlados y verificado su correcto funcionamiento, y a utilizar protocolos bien definidos, con un objetivo, disminuir las dosis impartidas a los pacientes.
- **Del tipo de exploración.** No es lo mismo realizarse una radiografía de tórax que un scanner (TC) de abdomen o un estudio en el área de la radiología intervencionista (4) Las dosis recibidas en estas dos últimas exploraciones, son mucho mayores que las que se reciben como consecuencia de realizarse una radiografía de tórax.
- **De cómo esta dosis se distribuye en el tiempo.** No es lo mismo recibir una determinada dosis en un mes que en un año. El riesgo es mayor si a un paciente se le realizan doce scanner en un mes que si ese mismo número de exploraciones se le realizan en un año. Cuanto mayor sea el tiempo, entre una exploración y otra, mejor podrán actuar los mecanismos naturales de reparación del organismo humano.
- **De la naturaleza de la zona irradiada.** Los órganos o tejidos irradiados no tienen todos la misma sensibilidad a la radiación, es diferente irradiar tiroides que una mano con una determinada dosis, ya que ésta es mucho menos sensible a la radiación.
- **Del tamaño de la zona irradiada.** No es lo mismo irradiar con una determinada dosis el área necesaria para hacer una radiografía de un diente, que de un abdomen, el tamaño del campo en este segundo caso es mucho mayor.
- **De la edad del paciente.** Distintos organismos internacionales indican que un niño tiene el doble de riesgo que un adulto de 45 años y una niña, un riesgo tres veces superior, dejando muy claro que este riesgo es sumamente bajo, ya que habitualmente para los valores de dosis recibidos como consecuencia de

exploraciones en el área del diagnóstico por imagen en pediatría, la probabilidad de que algún efecto negativo ocurra tiende a cero.

3. DISTINTOS TIPOS DE EXPLORACIONES, REALIZADAS CON RADIACIONES IONIZANTES EN EL ÁREA DE IMAGEN.

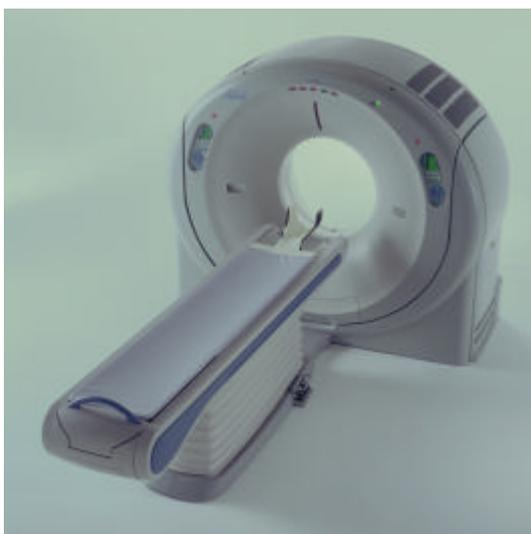


Fig.1 Equipo utilizado para hacer TC

3.1. Exploraciones realizadas con rayos X.

Para este tipo de exploraciones se utilizan ondas de la misma naturaleza que la luz visible, pero con más energía y que dadas sus características, pueden atravesar el cuerpo humano, originando una imagen del mismo que permite diagnosticar muchas enfermedades, fracturas y distintos tipos de alteraciones en cuanto a la forma o funcionamiento de algunos órganos o tejidos. Este es el caso del scanner, entre otros equipos de rayos X, cuya aplicación en el campo de la medicina ha aportado grandes beneficios para los pacientes.

3.2. Exploraciones en las que se utilizan radionucleidos:

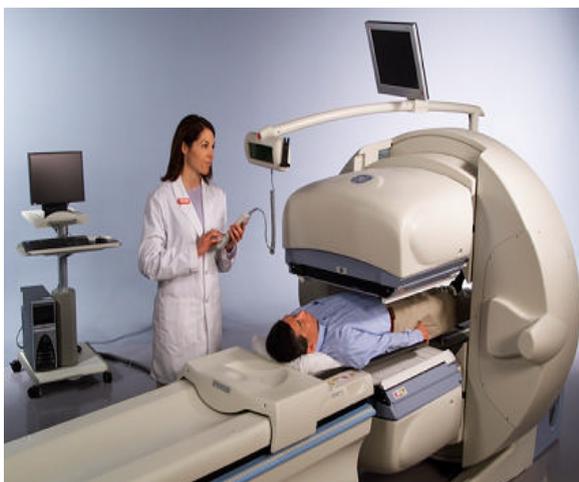


Fig.2. Equipo utilizado para hacer gammagrafías.

En el área de Medicina Nuclear, para realizar una exploración, se suministra al paciente un radionucleido, sustancia radiactiva capaz de emitir radiaciones ionizantes. Este radionucleido se depositará en determinadas zonas del organismo y, mediante un equipo apropiado denominado gammacámara se obtienen imágenes del paciente que permiten hacer un diagnóstico.

Los distintos radionucleidos, en general, se administran unidos a determinadas sustancias químicas, que hacen que estos se fijen de forma específica en determinadas partes del cuerpo del paciente que se desean estudiar, como el corazón, la zona ósea, cerebro, etc.

La dosis que recibe el paciente como consecuencia de una exploración de estas características depende:

- **Del tipo de radionucleido utilizado.** En el área de Medicina Nuclear se utilizan una gran variedad de radionucleidos, cada uno de ellos emite un tipo de radiación con una energía diferente.

Las dosis que van a originar dependerán de las características del radionucleido, de la sustancia química a la que se une y del funcionamiento particular del organismo del paciente.

En Medicina Nuclear la gran mayoría de las exploraciones se realizan con un radionucleido cuyas propiedades radiactivas disminuyen muy rápidamente.

- **De la actividad administrada al paciente.** En cada tipo de exploración, realizada a un paciente en el área de Medicina Nuclear, hay que administrar una cantidad diferente de radionucleido. Cuanto mayor sea la cantidad administrada, mayor será la dosis de radiación que va a recibir el paciente.

Esta cantidad de radionucleido se conoce con el nombre de **actividad**.

4. DOSIS ASIGNADAS A ALGUNOS TIPOS DE EXPLORACIONES REALIZADAS CON RADIACIONES IONIZANTES

Teniendo en cuenta lo indicado anteriormente, es evidente que para saber la dosis recibida por un paciente en una determinada exploración, hay que disponer de una serie de datos técnicos específicos de la exploración concreta, y también de las características anatómicas del paciente.

El ordenamiento jurídico español ha establecido valores de referencia de dosis para algunas exploraciones. Estos valores son, de forma simplificada, los valores que podrían considerarse como normales para el promedio de pacientes sometidos a una determinada exploración.

De forma orientativa, se exponen a continuación los valores habituales de dosis recibidos por los pacientes, en algunas exploraciones en el área de Radiodiagnóstico y Medicina Nuclear, comparados, con la dosis recibida por una radiografía de tórax posteroanterior, una de las exploraciones en las que se reciben menores valores de dosis.

La dosis recibida como consecuencia de una radiografía de tórax posteroanterior equivale, aproximadamente, a 0,02 mSv (mili Sievert), que es aproximadamente la dosis recibida en tres días y medio como consecuencia de estar expuesto al fondo radiactivo natural.

El mSv es una unidad de medida de dosis.

Las mejoras introducidas en los últimos años en el equipamiento utilizado y en las medidas de protección radiológica aplicadas, han mejorado notablemente y, por tanto, las dosis de radiación recibidas por los pacientes han disminuido de forma considerable.

Dosis recibidas como consecuencia de algunos procedimientos, en el área del radiodiagnóstico, comparadas con la dosis recibida como consecuencia de una radiografía posteroanterior de tórax

Procedimiento diagnóstico	Nº de radiografías posteroanterior de tórax a que equivale cada exploración
Columna dorsal	35
Columna lumbar	65
Pelvis	35
Abdomen	50
Urografía intravenosa	125
Transito intestinal	150
Enema opaco	350
TC de cabeza (Scanner)	115
TC de tórax	400
TC de abdomen	500

Dosis recibidas como consecuencia de algunas exploraciones diagnósticas, gammagrafías, en el área de Medicina Nuclear, comparadas, con la dosis recibida como consecuencia de una radiografía posteroanterior de tórax

Procedimiento diagnóstico	Nº de radiografías posteroanterior de tórax a que equivale cada exploración
Gammagrafía de ventilación pulmonar	15
Gammagrafía de perfusión pulmonar	50
Gammagrafía renal	50
Gammagrafía tiroidea	50
Gammagrafía ósea	200
Gammagrafía cardiaca	300

5. EXPLORACIONES REALIZADAS SIN RADIACIONES IONIZANTES

5.1. Exploraciones realizadas mediante Resonancia Magnética (RM)



En el caso de la Resonancia Magnética, el agente físico que se utiliza para realizar este tipo de exploración, es un campo magnético de la misma naturaleza que el campo magnético terrestre. De igual forma que una brújula se orienta dentro del campo magnético terrestre, y nos indica la situación geográfica, también en el organismo humano se producen cambios cuando lo sometemos a un campo magnético. Las características de estos cambios originados por el campo magnético y la

forma en que el organismo vuelve a la Fig.3 Equipo utilizado para realizar RM situación previa a la actuación de dicho campo magnético, indican si existen o no patologías en el paciente explorado, así como su extensión y naturaleza.

En el caso de la RM, no existe evidencia científica de que la realización de este tipo de exploraciones pueda suponer un riesgo para los pacientes.

5.2. Ecografías

En este tipo de exploraciones, un sonido no audible por el oído humano, ultrasonido, es el agente que se utiliza para realizar la exploración. Este ultrasonido es enviado a la zona que se desea explorar, y la forma en que retorna después de llegar a determinadas estructuras del organismo, indica la existencia o no de patologías en el cuerpo humano.



La ecografía no presenta ningún riesgo para la salud, por tanto podemos decir que es una práctica inocua.

Fig.4 Equipo utilizado para realizar ecografías

La ecografía tiene un amplio campo de aplicación en el diagnóstico por imagen, mereciendo destacar el área vascular, cardíaca, ginecológica y abdominal, entre otras.

6. PACIENTES EMBARAZADAS



A veces se realizan exploraciones diagnósticas a pacientes embarazadas utilizando radiaciones ionizantes, y es frecuente que esto genere en ellas estados de ansiedad, debido a la preocupación por el riesgo de que estas exploraciones, puedan originar efectos nocivos en el ser en desarrollo.

Este tipo de exploraciones son especialmente frecuentes en el primer mes de embarazo, cuando todavía se desconoce el estado de gestación.

A la luz de las investigaciones realizadas hasta el momento se puede afirmar que:

- Para dosis menores de 100 mSv recibidas por el ser en desarrollo no existe, un riesgo significativo de efectos radioinducidos. Este valor de 100 mSv es **muy superior** al valor de dosis que, en una paciente embarazada puede recibir el embrión/feto como consecuencia de una exploración de Radiodiagnóstico o de Medicina Nuclear.
- El ordenamiento jurídico español establece la obligatoriedad de calcular la dosis recibida por el embrión/feto de una paciente embarazada como consecuencia de haberle realizado alguna exploración con radiaciones ionizantes. Los Especialistas en Radiofísica Hospitalaria, ubicados en los Servicios de Radiofísica y Protección Radiológica, en distintos hospitales u otros centros

sanitarios, son los responsables de realizar el cálculo de dosis recibida por el embrión/feto. Posteriormente hay que informar adecuadamente a la paciente.

- Las dosis prenatales habituales, debidas a la mayoría de los procedimientos de diagnóstico llevados a cabo de manera adecuada, no presenta un incremento apreciable del riesgo de muerte prenatal, malformación, o deterioro del desarrollo mental, sobre la incidencia natural de estos factores, sin embargo, cuando se conoce el estado de gestación de la paciente, el clínico que solicita la prueba, debe hacer un estudio detallado del balance coste/ beneficio, teniendo en cuenta el beneficio obtenido para la madre y el riesgo que pudiera suponer para su hijo.
- En el caso de RM, aunque no hay evidencia de efectos nocivos para el ser en desarrollo, será el clínico que solicita el estudio, quien debe valorar el balance coste/ beneficio, tanto para la madre como para el ser en desarrollo.
- Realizar ecografías durante el embarazo no supone ningún riesgo para el ser en desarrollo

7. COMPARACIÓN DE RIESGOS.

Riesgo de una muerte por millón de personas originada por distintas causas.

Actividad realizada	Distancia/dosis recibida/tiempo
Viajar en avión	650 Km.
Viajar en coche	100 Km.
Exposición a radiaciones ionizantes	Recibir 0,1 mSv
Escalar	De 1 a 5 minutos

8. CONCLUSIONES



1ª. Las radiaciones ionizantes pueden producir efectos nocivos sobre la salud, aunque estos son SUMAMENTE IMPROBABLES como consecuencia de exploraciones diagnósticas en el área de Medicina Nuclear y Radiodiagnóstico.

2ª. El riesgo de que esto suceda va a depender, entre otros factores, del valor de la dosis recibida. Para un mismo valor de dosis, no es lo mismo irradiar los ojos que una mano, por ser esta última mucho más resistente a la radiación

3ª. En el diagnóstico médico, las exploraciones que originan un mayor valor de dosis son las realizadas en el área de la radiología intervencionista cardiaca y

vascular, pero en estos procedimientos el **BENEFICIO SUPERA CON CRECES EL RIESGO.**

4ª. Es fundamental que toda exploración, con radiaciones ionizantes, esté justificada por el médico que la solicita; de esta forma el beneficio será siempre superior al riesgo.

5ª. En el caso de pacientes embarazadas, las dosis recibidas por el ser en desarrollo como consecuencia de exploraciones diagnósticas, son muy bajas frente a los valores de dosis que indican un riesgo para el ser en desarrollo.

6ª. No hay evidencia científica de que los estudios realizados mediante Resonancia Magnética, produzcan efectos nocivos en el organismo humano.

7ª. No hay evidencia científica de que los estudios realizados mediante ecografía produzcan efectos nocivos en el organismo humano.

(1) **Radionucleidos.** Átomos capaces de emitir radiaciones ionizantes desde su núcleo

(2) **Radioinducidos.** Efectos producidos por las radiaciones ionizantes.

(3) **Ultrasonidos.** Son sonidos no audibles por el oído humano

(4) **Radiología Intervencionista.** La Sociedad Española de Radiología Vasculare Intervencionista la define como aquella rama de la Radiología que mediante procedimientos mínimamente invasivos diagnostica y trata diversas patologías tanto en el sistema vascular como fuera de él.