



Riesgos derivados del uso de las radiaciones ionizantes: ¿Qué deben saber los pacientes?

En los hospitales se utilizan radiaciones ionizantes (equipos de rayos X y fuentes radiactivas) y no ionizantes (ecografía, resonancia magnética nuclear, láser, infrarrojos, etc.) para el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades.

Al hablar de radiación nos referimos, en general, a la emisión de energía en forma de ondas electromagnéticas. Son ondas electromagnéticas: las ondas de radio, las microondas, la radiación ultravioleta, los rayos X, los rayos γ y la luz visible. Se propagan a la velocidad de la luz (300.000 Km/s) y de todas ellas, el ojo sólo puede percibir la luz visible. Para detectar la existencia de las demás se necesitan instrumentos especiales (detectores de radiación). También usamos la palabra “radiación” para designar a algunas partículas que se mueven a gran velocidad, como electrones y neutrones. Estas partículas se encuentran en el átomo, que es la parte más pequeña en que podemos dividir una sustancia.

Cuando la energía de la radiación es muy grande puede arrancar electrones de los átomos de una sustancia y por eso se llama “radiación ionizante”. Las radiaciones ionizantes pueden estar formadas por fotones como los de la luz (rayos X y radiación gamma) o por partículas (electrones, neutrones, partículas alfa., etc.) Estas radiaciones pueden atravesar los materiales, por lo cual son muy útiles para el diagnóstico y/o tratamiento de determinadas enfermedades.

Las radiaciones ionizantes pueden producir determinados [efectos biológicos](#) (tisulares y/o estocásticos) que están bien descritos y referenciados desde hace años.

La energía que absorben los tejidos y los órganos expuestos a radiaciones puede provocar dos tipos de efectos. Ante la exposición a dosis mucho más altas de las habituales en pruebas diagnósticas por imagen, la radiación puede causar la muerte celular. Los daños derivados de estas exposiciones pueden ser lo suficientemente extensos como para afectar al funcionamiento de los tejidos y pueden detectarse durante la observación clínica (por ejemplo, enrojecimiento de la piel, caída de pelo o cabello, cataratas). Los problemas de salud de este tipo se llaman «reacciones tisulares» o «efectos deterministas» y ocurrirán solo si la dosis de radiación supera un umbral concreto.

A pesar de que el cuerpo cuenta con mecanismos de reparación del ADN muy potentes, la exposición a la radiación también puede provocar la transformación no letal de las células. Si no se retiran las células transformadas, después de un periodo de latencia considerable (varios años o incluso varias décadas) pueden volverse malignas. Estos efectos se conocen como «efectos estocásticos».

A efectos de protección radiológica, se da por hecho que existe una relación lineal entre la exposición y el riesgo a desarrollar cáncer, sin que exista un valor umbral por debajo

del cual el riesgo sea cero. Basándose en el modelo lineal sin umbral, se estima que la probabilidad de desarrollar cáncer aumenta con las dosis de radiación, incluso para pruebas radiológicas de imagen de baja dosis.

El riesgo de desarrollar cáncer como resultado de bajas dosis de radiación como las correspondientes a las pruebas radiológicas de imagen no se conoce con exactitud. Si bien es cierto que se puede hacer una estimación del riesgo derivado de dichas pruebas basándonos en lo anteriormente expuesto, en la actualidad se desconoce si dichos cálculos son correctos. El riesgo podría ser muy bajo y también es posible que sea más bajo de lo estimado. Si bien se mencionarán estos riesgos durante el presente documento, conviene señalar que implícitamente se sobreentiende que el riesgo es incierto. Ante la falta de conclusiones certeras en este sentido, se tiende a aplicar un enfoque basado en la precaución para garantizar que la dosis de radiación empleada para realizar el procedimiento no supere la dosis necesaria para producir una imagen de calidad adecuada para el diagnóstico.

Estos efectos biológicos son aprovechados para el tratamiento de enfermedades pero también van a dar lugar a efectos no deseados en los tejidos sanos de los pacientes sometidos a estos tratamientos. Cuando se utilizan las radiaciones ionizantes para el diagnóstico también se pueden producir estos efectos biológicos.

Tanto pacientes como trabajadores del ámbito sanitario pueden estar expuestas a radiaciones ionizantes y podrían tener diferentes riesgos de inducción de efectos biológicos.

Como pacientes, el primer principio del Sistema de Protección Radiológica es la justificación basándose en la relación riesgo-beneficio, lo que quiere decir que el beneficio para los pacientes del uso de las radiaciones ionizante en la realización de las pruebas radiológicas, ha de superar el potencial riesgo al que se expone con las mismas; así pues, los especialistas médicos consideran que los exámenes que se realizan están justificados para poder diagnosticar mejor los problemas de los pacientes y necesitan la información de esas exploraciones para poder planificar adecuadamente los diagnósticos y posteriores tratamientos o intervenciones o para descartar otro tipo de enfermedades.

En general, el riesgo de efectos radioinducidos por exámenes de radiodiagnóstico es muy bajo, y el beneficio de un buen diagnóstico supera en gran medida ese riesgo. La magnitud que se usa para estimar el riesgo radiológico en el caso de los efectos estocásticos es la dosis efectiva (cuya unidad es el sievert), que se refiere al riesgo de efectos radioinducidos promediado en todo el cuerpo, y en general para evaluarla en las exposiciones médicas se suele comparar con la dosis que recibimos por el fondo radiactivo natural al que estamos expuestas todas las personas. Para evaluar los posibles efectos tisulares en los órganos se usa la magnitud dosis absorbida (cuya unidad es el gray) y la magnitud dosis equivalente (cuya unidad es también el sievert).

La dosis efectiva que reciben los pacientes puede estimarse a partir de los datos concretos de sus estudios, por ejemplo, la dosis efectiva en una exploración de Tomografía computarizada (TC) de cabeza está en torno a 2 mili sievert. Esta dosis equivaldría aproximadamente a 10 meses. La dosis efectiva debida a los estudios

simples es entre 100 y 400 veces inferior a la de los TC. La dosis efectiva de un TC de tibia sería mucho más baja (probablemente en torno a 1 mSv) ya que los órganos incluidos en la zona irradiada NO son órganos especialmente radiosensibles y contribuyen muy poco a la dosis efectiva.

En la tabla siguiente se muestran las dosis efectivas típicas de estudios de radiodiagnóstico que se imparten en España (datos del proyecto DOPOES I iniciado en 2011 y finalizado en 2014: <http://proyectodopoes.es/>).

EXAMEN	Dosis Efectiva Media por Procedimiento (mSv)
Tórax	0,04
Columna cervical	0,05
Columna dorsal	0,18
Columna lumbar	0,93
Mamografía	0,27
Abdomen	0,39
Pelvis y cadera	0,59
Gastro-duodenal	5,17
Enema opaco	8,79
Tránsito intestinal	9,98
Urografía intravenosa	2,14
Angiografía cardíaca	9,57
TC cabeza	1,68
TC cuello	2,38
TC tórax	6,38
TC columna	10,25
TC abdomen	10,87
TC pelvis	11,74
TC tronco	12,99
PTCA (Angioplastia Coronaria Tras. Perc.)	19,59
Dental periapicales	0,0035
Dental de mordida	0,0038
Panorámica boca llena	0,025
TC dental	0,35

En 2019, la dosis efectiva media total en un **PET/TC** en Aragón es de **16,6 mSv** siendo 5 mSv debidos al PET y 11,6 mSv debidos al TC.

En la tabla siguiente se muestran las dosis efectivas típicas de estudios de Medicina Nuclear que se imparten en España (datos del proyecto DOMNES iniciado en 2011).

EXAMEN	Dosis Efectiva Media por Procedimiento (mSv)
SPECT miocárdica de perfusión (reposo) - 99mTc - MIBI (Cardiolite)	7,2
SPECT miocárdica de perfusión (reposo) - 99mTc - Tetrofosmin (Myoview)	5,6
SPECT miocárdica de perfusión tras estimulación - 99mTc - MIBI (Cardiolite)	5,7
SPECT miocárdica de perfusión tras estimulación - 99mTc - Tetrofosmin (Myoview)	4,9
Ventriculografía isotópica de equilibrio (reposo) - 99mTc - RBC (hematies in vivo)	5,5
Gammagrafía tiroidea - 99mTc - Pertecnectato	2,8
Estudio gammagráfico de cuerpo entero con 123I - MIBG	4,1
Estudio gammagráfico de cuerpo entero con 131I - MIBG	15,5
Estudio gammagráfico de cuerpo entero con 131I - Yoduro	10,9
Gammagrafía de paratiroides - 99mTc- MIBI	6,3
Gammagrafía salival - 99mTc - Pertecnectato	3,3
Filtrado glomerular - 99mTc - DTPA	0,1
Gammagrafía renal -99mTc - DMSA	1,2
Renograma - 99mTc - DTPA	1,1
Renograma - 99mTc - MAG3	1,1
Gammagrafía pulmonar de perfusión - 99mTc - MAA	2,3
Gammagrafía pulmonar de ventilación - 99mTc - Aerosol, Technegas	3,5
SPECT cerebral de neuro-receptores - 123I - DaTSCAN (FP-CIT)	4,5
SPECT cerebral de neuro-receptores - 123I - IBZM (iodidebenzamidí)	6,2
SPECT cerebral de perfusión - 99mTc - HMPAO	6,8
Estudio gammagrafíco óseo de cuerpo completo - 99mTc - Fosfatos o fosfonatos	4,4
Linfogammagrafía - 99mTc - Coloide	1,1
Detección gammagráfica del ganglio centinela - 99mTc - Coloide	0,9
Estudio gammagráfico de cuerpo entero de receptores de somatostatina - 111In- Octreotido	18,7
Tomografía de positrones (PET) oncológico con fluordesoxiglucosa - 18F - FDG	6,4
Gammagrafía con leucocitos marcados - 99mTc- Leucocitos	4,1
Gammagrafía con citrato de Galio - 67Ga - Citrato	23,0



Hay autores que consideran que el riesgo adicional de cáncer por recibir 40 mSv en varios TC abdominales es, en el transcurso de la vida de un adulto, del orden de 1 por 500 (5 % por Sv) (National Radiological Protection Board. Protection of the Patient in X-ray Computed Tomography (ISBN 0 85951 345 8) London: HMSO. 1992). Pese a todo, esto representa un incremento pequeño del riesgo comparado con el elevadísimo riesgo general de padecer un cáncer (casi 1 de cada 3) (Comisión Europea. Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico por imagen. Colección Protección Radiológica nº 118. 2001). Otro dato a tener en cuenta es que la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) indica que si el feto recibe dosis inferiores a 100 mSv el riesgo de tener efectos radio-inducidos de cualquier tipo es muy pequeño.

Por otro lado, la dosis que reciben los órganos o tejidos en Radiodiagnóstico general son inferiores a los umbrales de efectos tisulares por lo que no habrá efectos en los tejidos de los órganos. En radiología intervencionista y en hemodinámica podrían aparecer efectos tisulares en la piel (eritemas, descamación, quemaduras, alopecia, etc.) si se superan determinados valores de dosis absorbida en la piel (a partir de 3 gray). Los especialistas que realizan estas intervenciones poseen un segundo nivel de formación en protección radiológica para minimizar la aparición de estos efectos tisulares y están en contacto continuo con los especialistas en radiofísica hospitalaria que vigilan y controlan las dosis máximas en la piel de los pacientes sometidos a estos estudios a través de los diferentes sistemas de registro de dosis de los pacientes implantados en los diferentes hospitales.

Las ventajas que pueden tener las exploraciones con RX, siempre que estén justificadas, superan con creces los riesgos radioinducidos.

La protección radiológica en los centros sanitarios está regulada por diferentes reales decretos de obligado cumplimiento desde antes de 1990. Conviene destacar que desde hace muchos años se están controlando las dosis que reciben los pacientes en el ámbito sanitario, utilizándose niveles de referencia de dosis para pacientes estándar y exploraciones tipo, realizándose controles calidad rutinarios a todos los equipos de radiodiagnóstico, de radioterapia y de medicina nuclear, implantándose programas de garantía de calidad en estos servicios... Los profesionales que trabajan en estos servicios están bien formados y siempre buscan impartir la mínima dosis posible compatible con la obtención de la información diagnóstica requerida y/o realizando el procedimiento terapéutico programado, especialmente en el caso de los niños y embarazadas.

Las radiaciones no se acumulan en el cuerpo. Lo que se acumularía sería la probabilidad de poder padecer un cáncer radioinducido a lo largo de la vida. Afortunadamente, los seres vivos han desarrollado mecanismos de reparación para minimizar los daños producidos por las radiaciones ionizantes y por otros agentes que pueden causar esos mismos daños. Vivimos y evolucionamos en un planeta radiactivo. Estamos adaptados. Esto es como jugar a la lotería: cuantas más veces juegas más probabilidad tienes de que te toque a lo largo de tu vida pero la probabilidad de que te toque hoy no se ve incrementada por haber jugado ayer.



Por todo ello, esto NO debería suponer un motivo de angustia para los pacientes ya que seguramente sus exploraciones están justificadas, controladas, se realizaran adecuadamente y los riesgos radiológicos a los que están sometidos son despreciables.

Notas:

1. El fondo medio mundial es de 2,4 mili Sievert /año. Los seres humanos estamos sometidos a niveles de radiación entre 1,5 mili Sievert/año y 200 mili Sievert/año en función de la zona de la tierra donde vivamos. En las zonas de mas dosis anual, la mortalidad y la esperanza de vida son normales y las pruebas citogénicas no muestran diferencias significativas.

2. El riesgo de cáncer de 1 por 500 significa que es probable que entre 500 personas que hayan recibido 40 mSv, en varias exploraciones, 1 de ellas podrá desarrollar un cáncer por esa causa. Esto es, un 0,2 %. Este valor coincide con la previsión de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (Recomendaciones ICRP 103 del año 2007) para la población general en que estima un riesgo de cáncer del 5,9 % por 1.000 mSv recibidos (es decir, 0,2 % para 40 mSv). Respecto a la incidencia natural del cáncer de 1 sobre 3, es que aparecerá un cáncer por cada 3 personas. Es decir, que existe un riesgo del 33,3 % para desarrollar un cáncer. Por todo ello, si comparamos ambos riesgos, el debido a la radiación recibida por hacerse exploraciones médicas es despreciable y, probablemente, el riesgo para su salud de no hacerse esa prueba diagnóstica sería mucho mayor.

3. Toda radiación ionizante a la que hemos estado expuestos (como son los Rayos X) conlleva un riesgo de cáncer (ICRP 60; ICRP 103). No existe el riesgo “cero” incluso con dosis bajas. La ICRP considera que incluso tras exposiciones a dosis bajas (se consideran "bajas" aquellas que son inferiores a 200 mSv) existe la probabilidad, aunque sea muy pequeña, de que tenga lugar un cáncer, considerándose que no existe una dosis umbral para su aparición. En su caso, cuando se habla de dosis inferiores a 100 mSv, se habla de riesgo despreciable.



Para más información puede leer algunos textos de un blog llamado Desayuno con fotones donde escriben profesionales dedicados a estos temas:

- EL MIEDO A LAS RADIACIONES IONIZANTES: LAS COSAS NO SON COMO SON, SINO COMO LA GENTE CREE QUE SON

<http://desayunoconfotones.org/2014/09/08/el-miedo-a-las-radiaciones-ionizantes-las-cosas-no-son-como-son-sino-como-la-gente-cree-que-son/>

- PARA: TÍA MARÍA ASUNTO: RADIACIONES IONIZANTES

<http://desayunoconfotones.org/2014/10/27/para-tia-maria-asunto-radiaciones-ionizantes/>

- PARA: TÍA MARÍA ASUNTO: EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES

<http://desayunoconfotones.org/2014/10/30/para-tia-maria-asunto-efectos-biologicos-de-las-radiaciones-ionizantes/>

Para estimar el riesgo de las exploraciones radiológicas y compararlo con otros:

<https://www.xrayrisk.com/>

<https://www.radiologyinfo.org/sp/>