



## Toxicidad por radiación

### Radiation toxicity

María Concepción Zavalza-Jiménez. Médico Radiólogo. Hospital General de Tijuana B.C. ISSESALUD.  
México.

mimisbolita@hotmail.com

#### Resumen

Los Rayos X, tiene un valor extraordinariamente importante en el mundo de la medicina en todo el mundo, incluye el diagnóstico en situaciones de emergencia, en donde el diagnóstico hay que hacerlo rápido. La tomografía computarizada y la resonancia magnética, han sido consideradas como uno de los avances más importantes dentro de la medicina moderna. Pero los Rayos X tienen riesgos de radiación ionizante, relacionados con las imágenes médicas. La radiación en dosis relativamente altas, tienen efectos biológicos conocidos que incluyen la inducción del cáncer, estos reportes incluyen la caída del pelo, dermatitis por radiación, etc.

**Palabras clave.** Radiación, personal médico, anesthesiólogos.

#### Abstract

The X-ray, has an extraordinarily important value in the world of medicine worldwide, includes the diagnosis in emergency situations, where the diagnosis must be made quickly. Computed tomography and magnetic resonance imaging have been considered as one of the most important advances in modern medicine. But X-rays have risks of ionizing

radiation, related to medical images. Radiation in relatively high doses, have known biological effects that include cancer induction, these reports include hair loss, radiation dermatitis, etc.

**Keywords.** Radiation, medical staff, anesthesiologists.

#### Que son los rayos x:

Son una forma de energía del espectro electromagnético, semejantes a las ondas de radio y de luz, denominados también radiación, poseen energía suficiente para pasar a través del cuerpo, atraviesa los huesos, los tejidos y los órganos de diferentes forma, creando imágenes de los órganos, permitiendo ver detalles muy finos de las estructuras ayudando al médico a hacer un diagnóstico, a colocar aparatos, catéteres, marcapasos, Etc. Una parte de radiación es absorbida al pasar por el cuerpo, los Rayos X que no son absorbidos son utilizados para crear las imágenes, esta radiación no contribuye a la dosis de radiación del paciente y se mide en *mSv (milisievert)*.

#### Medición de la radiación

Las unidades convencionales incluyen el roentgen, el rad y el rem. El roentgen (R) es una



unidad de exposición que mide la capacidad de ionización de la radiación gamma o de rayos X en el aire. La dosis de radiación absorbida (rad) es la cantidad de energía radiante absorbida por unidad de masa. Como el daño biológico por rad varía con el tipo de radiación (Es más alta para neutrones que para la radiación gamma o rayos X), la dosis en rad se corrige por un factor de calidad; la unidad de dosis resultante es el equivalente roentgen en el hombre (rem). Fuera de los Estados Unidos y en la literatura científica se usan las unidades SI (sistema internacional), en donde el rad es reemplazado por el gray (Gy) y el rem por el sievert (Sv);  $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$  y  $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$ . El rad y el rem (y p

Radiación no ionizante: en forma de luz, ondas de radio, microondas y radar. Radiación ionizante: rayos X, rayos gamma (Tecnecio 99), bombardeo de partículas (alfa, beta, neutrones).

Cuando hablamos de riesgos de la radiación en el cuerpo utilizamos el término de dosis efectiva. Los riesgos se refieren a los posibles efectos secundarios (por ejemplo desarrollar un cáncer), esta dosis tiene en cuenta la sensibilidad de los diferentes tejidos a la radiación y se compara con fuentes de exposición tales como la radiación natural de fondo a la que estamos expuestos todo el tiempo, se estima que esta equivale aproximadamente a 3 mSv por año de radiación natural, que incluye la radiación cósmica y varían de acuerdo al lugar donde se vive, siendo mayores a mayor altitud (1).

La mayor fuente de radiación proviene del gas radón en nuestras casas (2 mSv). La radiación de una radiografía de tórax de un adulto es casi igual a 10 días de radiación natural de fondo. El

uso de la dosis efectiva para evaluar la exposición de los pacientes tiene importantes limitaciones que deben ser consideradas cuando se cuantifica la exposición médica y su evaluación e interpretación es muy problemática cuando los órganos y tejidos reciben solo una exposición parcial o una exposición muy heterogénea) diagnóstico por Rx, ya que varía en base al peso, altura, como se realiza el procedimiento y el área del cuerpo expuesta a la radiación"

La contaminación radiactiva es el contacto y retención indeseada del material radiactivo, en general en forma de polvo o líquido. La contaminación puede ser. Externa o Interna. La exposición externa se puede producir cuando el material radiactivo presente en el aire (polvo, líquidos o aerosoles) se deposita sobre la piel o la ropa. Generalmente, este tipo de material radiactivo puede eliminarse del organismo por simple lavado.

La contaminación externa se encuentra sobre la piel o la ropa, desde la cual puede caer o desprenderse con la fricción y contaminar a otras personas y objetos. La contaminación interna es material radioactivo indeseado dentro del cuerpo, el cual puede entrar por ingestión, inhalación o a través de grietas en la piel. Una vez en el cuerpo, el material radiactivo se transporta a diversos lugares (p. ej., médula ósea), donde sigue emitiendo radiación hasta que se degrada o se elimina. La contaminación interna es más difícil de eliminar. Aunque puede ocurrir con cualquier radioisótopo, históricamente la mayoría de los casos que tienen un riesgo significativo en el paciente involucran un número pequeño de radioisótopos: como fósforo-32, cobalto-60, estroncio-90, cesio-137, yodo-131, yodo-125,



radio-226, uranio-235, uranio-238, plutonio-238, plutonio-239, polonio-210 y americio-241.

La irradiación es la exposición a la radiación pero no al material radiactivo (o sea, no implica contaminación). La exposición a la radiación puede producirse sin que la persona entre en contacto con la fuente de la radiación (p. ej., material radiactivo, máquina de rayos X). Al retirar la fuente de la radiación o desactivarla, la exposición termina. La irradiación puede afectar todo el cuerpo, lo que, si la dosis es lo suficientemente alta puede dar lugar a síntomas sistémicos y síndromes por irradiación, o una pequeña parte del cuerpo (p. ej., por radioterapia), que puede producir efectos locales. Las personas no emiten radiación (es decir, no se convierten en radiactivas) después de la irradiación.

En los Estados Unidos, las personas reciben en promedio alrededor de 3 mSv/año de fuentes de origen humano, la vasta mayoría proveniente de imágenes médicas. En una base per cápita, la contribución de la exposición por la imagen médica es más alta por la TC y los procedimientos de cardiología nuclear. Sin embargo, los procedimientos de diagnóstico médico rara vez exponen al cuerpo a dosis lo suficientemente altas como para causar una lesión por radiación, aunque existe un bajo incremento teórico en el riesgo de cáncer. Las excepciones incluyen ciertos procedimientos de intervenciones prolongadas guiadas por *fluoroscopia* (p. ej., *reconstrucción endovascular, embolización vascular, ablación por radiofrecuencia cardíaca y tumor*); estos procedimientos han causado lesiones a la piel y tejidos subyacentes. La radioterapia también causa lesión en algunos tejidos normales cercanos al tejido blanco.

Asimismo, estamos expuestos a la radiación natural de los rayos cósmicos, especialmente a gran altura. Por término medio, el 80% de la dosis anual de radiación de fondo que recibe una persona procede de fuentes de radiación natural, terrestre y cósmica. Los niveles de la radiación de fondo varían geográficamente debido a diferencias geológicas. En determinadas zonas la exposición puede ser más de 200 veces mayor que la media mundial.

La exposición humana a la radiación proviene también de fuentes artificiales que van desde la generación de energía nuclear hasta el uso médico de la radiación para fines diagnósticos o terapéuticos. Hoy día, las fuentes artificiales más comunes de radiación ionizante son los dispositivos médicos, como los aparatos de rayos X.

## Comisión Internacional sobre la Protección Radiológica (ICRP).

### Riesgo/Beneficio:

Se refiere al riesgo asociado con los procedimientos de toma de imágenes médicas y a sus posibles efectos secundarios a corto y a largo plazo. La mayoría de los procedimientos por imagen tienen un riesgo bajo relativo. Los hospitales y los centros de imágenes aplican los principios de *ALARA* (*As low as reasonably achievable* = tan baja como sea razonablemente posible), es decir se deben hacer todos los esfuerzos posibles para disminuir el riesgo de radiación.

### Seguridad de los Rayos X:

Los médicos radiólogos y los tecnólogos están entrenados para utilizar la cantidad mas pequeña de radiación, para obtener imágenes diagnosticas. El examen por imagen, solo debe hacer si es determinante para realizar un



diagnostico. Por lo tanto cuando indicamos un estudio que implique radiación deben pesar más los beneficios que los riesgos. Las radiografías de tórax implican una dosis baja de radiación. Otros exámenes como la tomografía computarizada (TC), radiología intervencionista, medicina nuclear utilizan cantidades más grandes (1).

Los modelos estadísticos para evaluar el riesgo a la radiación involucrado son cuestionados por presentar demasiadas incertidumbres, solo son valiosos porque concientizan sobre la importancia de reducir la dosis a la radiación. Lo que ha llevado en la actualidad a que los avances en el campo de las imágenes medicas, han llevado a reducir la exposición a la radiación mientras se obtienen imágenes de alta calidad necesarias para el diagnóstico.

### Interacción de los especialistas en Anestesiología con los departamentos de imagenología:

En pacientes que requieran sedación para la realización del estudio o procedimiento: Tomografía computarizada, intervencionismo, estudios de resonancia magnética.

### Efectos de la radiación sobre los tejidos biológicos: historia:

#### William Crookes

Investigo los efectos de ciertos gases al aplicarles descargas de energía en el Siglo XIX, dentro de un tubo vacío y electrodos para generar corrientes de alto voltaje, que al estar cerca de las placas fotográficas y observo que generaba en ellas unas imágenes borrosas.

#### Nicola Tesla

En 1887, comenzó a estudiar este efecto y una de las consecuencias de su investigación fue

advertir a la comunidad científica del peligro para los organismos biológicos que supone la exposición a las radiaciones.

#### Wilhelm Conrad Roentgen

Descubrió los Rayos X el ocho de noviembre de 1895 mientras experimentaba con los tubos y una bobina para investigar la fluorescencia violeta que producían los rayos catódicos, obre una pantalla que desaparecía al apagar el tubo. Aplico su descubrimiento sobre la mano de su esposa. Los llamo "Rayos incógnita" o rayos X, porque no sabía que eran, en Europa Central y Europa del Este se llaman *rayos Rontgen*. Entre los múltiples reconocimientos que recibió esta el premio *Nobel de Física en 1901*.

#### Efectos biológicos de la radiación ionizante:

No Estocásticos (determinísticos): Se solo se producen cuando la dosis alcanza un valor umbral determinado, su gravedad depende de la dosis recibida y su aparición es inmediata.

Estocásticos: No precisan umbral, la posibilidad de que aparezcan aumenta con la dosis recibida, y suelen ser graves y de aparición tardía

Cada uno de los efectos desde quemaduras en la piel, caída de cabello, nauseas cataratas, esterilidad, defectos de nacimiento, retraso mental, cáncer hasta la muerte se relaciona con el valor de la dosis equivalente, que debe mantenerse debajo de la dosis umbral: El limite de exposición se fija en 100 mSv cada cinco años para los trabajadores radiológicos, sin superar los 50 mSv por año. Para el público en general se fijan límites de exposición más bajos y se recomienda evitar dosis equivalente superior a los 5 mSv por año en exposición a fuentes de radiación artificiales.



Por todo lo anteriormente expuesto la exposición a la radiación puede causar enfermedades, tanto en el paciente como en el personal operacionalmente expuesto (POE). El uso de aparatos cuya tecnología implique la utilización de radiación, requiere normas de seguridad que garantice que los beneficios recibidos sean mayores que los riesgos a los cuales se expone a los usuarios.

El objetivo de la protección radiológica es permitir el aprovechamiento de la radiación en todas sus formas conocidas con un riesgo aceptable tanto para los individuos que la manejan como para la población en general y las generaciones futuras. Debido al daño que puede ocasionar la radiación no se debe permitir ninguna exposición innecesaria.

Las recomendaciones de la NOM-229-SSA1-2002 fijan límites en la dosis máxima que pueden recibir los trabajadores cuya actividad implica la exposición a la radiación. Este grupo debe estar controlado continuamente y de manera individual, por medio de dosímetros personales, que marcan la dosis de radiación recibida por una persona (3).

### Efectos de las radiaciones ionizantes en la salud

El daño que causa la radiación en los órganos y tejidos depende de la dosis recibida, o dosis absorbida, El daño que puede producir una dosis absorbida depende del tipo de radiación y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos.

Más allá de ciertos umbrales, la radiación puede afectar el funcionamiento de órganos y tejidos, y producir efectos agudos tales como enrojecimiento de la piel, caída del cabello, quemaduras por radiación o síndrome de

irradiación aguda. Estos efectos son más intensos con dosis más altas y mayores tasas de dosis. Por ejemplo, la dosis liminar para el síndrome de irradiación aguda es de aproximadamente 1 Sv (1000 mSv).

Si la dosis de radiación es baja o la exposición a ella tiene lugar durante un periodo prolongado (baja tasa de dosis), el riesgo es considerablemente menor porque hay más probabilidades de que se reparen los daños. No obstante, sigue existiendo un riesgo de efectos a largo plazo, como el cáncer, que pueden tardar años, o incluso decenios, en aparecer. No siempre aparecen efectos de este tipo, pero la probabilidad de que se produzcan es proporcional a la dosis de radiación. El riesgo es mayor para los niños y adolescentes, pues son mucho más sensibles a la radiación que los adultos.

Los estudios epidemiológicos realizados en poblaciones expuestas a la radiación, como los supervivientes de la bomba atómica o los pacientes sometidos a radioterapia, han mostrado un aumento significativo del riesgo de cáncer con dosis superiores a 100 mSv. Estudios epidemiológicos más recientes efectuados en pacientes expuestos por motivos médicos durante la infancia (TC pediátrica) indican que el riesgo de cáncer puede aumentar incluso con dosis más bajas (entre 50 y 100 mSv).

La radiación ionizante puede producir daños cerebrales en el feto tras la exposición prenatal aguda a dosis superiores a 100 mSv entre las 8 y las 15 semanas de gestación y a 200 mSv entre las semanas 16 y 25. Los estudios en humanos no han demostrado riesgo para el desarrollo del cerebro fetal con la exposición a la radiación antes de la semana 8 o después de



la semana 25. Los estudios epidemiológicos indican que el riesgo de cáncer tras la exposición fetal a la radiación es similar al riesgo tras la exposición en la primera infancia (4).

### Las tres reglas básicas de protección contra toda fuente de radiación son

#### **Distancia:**

Alejarse de la fuente de radiación, puesto que su intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia

#### **Blindaje biológico:**

Poner pantallas protectoras entre la fuente radiactiva y la persona (Muros de hormigón, láminas de plomo, acero, cristales plomados)

#### **Tiempo:**

Disminuir la duración de la exposición a las radiaciones

### Referencias

1. Preciado y Luna, Medidas Básicas de Protección Radiológica. *Cancerología* 2010;5:25-30.
2. Radiology info. Dosis de Radiación en los exámenes de Rayos X y por TC . Sociedad de Radiología de Norte América. Colegio Americano de Radiología.
3. Hendee WR, BeckerGJ, Borgstede. Addressing overutilization in medical imaging. *Radiology* 2010;257:240-245.
4. Hall EJ. Radiation biology for pediatric radiologists. *Pediatr Radiol* 2009;39(1):S57-S64.

