



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### EFFECTO DE RADIACIONES POR EL USO INDEBIDO DE MEDIOS DE PROTECCIÓN EN PROFESIONALES DE RADIOLOGÍA

### EFFECT OF RADIATIONS FOR THE UNDUE USE OF PROTECTION MEANS IN RADIOLOGY PROFESSIONALS

*Autores:* Diana Ruiz Ramos\*, Ayme Olivera Valdés\*\*, Dianelys Amaya Barrios\*\*\*

\* Licenciada en tecnología de la salud perfil Imagenología, profesor Instructor, FCM "Ernesto Che Guevara de la Serna" Pinar del Río. Cuba. Correo electrónico: [diana81@ucm.pri.sld.cu](mailto:diana81@ucm.pri.sld.cu)

\*\* Licenciada en educación especialidad Matemática –Computación, profesor Asistente, FCM "Ernesto Che Guevara de la Serna" Pinar del Río. Cuba

\*\*\* Licenciada en tecnología de la salud perfil Imagenología, profesor Instructor, FCM "Ernesto Che Guevara de la Serna" Pinar del Río. Cuba. Correo electrónico: [niva02@ucm.pri.sld.cu](mailto:niva02@ucm.pri.sld.cu)

#### RESUMEN

*Introducción:* El incorrecto uso de los medios de protección en el área de Imagenología, provoca efectos negativos en la salud del personal que allí labora. Es importante que tengan un amplio conocimiento sobre el tema, para que de esta forma tomen conciencia de cómo evitarlo. *Objetivo:* profundizar en el conocimiento que tienen los profesionales de los departamentos de Imagenología de los centros hospitalarios del municipio Pinar del Río sobre la utilización los medios de protección adecuados y el efecto de las radiaciones. *Método:* se realizó una revisión bibliográfica sobre los efectos que producen las radiaciones y las medidas requeridas para una buena protección radiológica, se usaron métodos teóricos y empíricos tales como análisis documental, sistematización y el histórico-lógico. *Resultados:* el objetivo fundamental de la seguridad es proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes. Este objetivo debe alcanzarse sin limitar indebidamente la operación de instalaciones o la realización de actividades que generan riesgos radiológicos. *Conclusiones:* Se considera importante la preparación de los profesionales de la salud que laboran en los servicios de Imagenología de los diferentes centros asistenciales, a fin de propiciar hábitos de trabajo sanitarios que disminuyan la probabilidad de exposiciones innecesarias.

**Palabras claves:** medios de protección, efecto de las radiaciones, tejido vivo.

#### ABSTRACT

*Introduction:* The incorrect use of the means of protection in the area of imaging, causes negative effects on the health of the personnel who work there. It is important that they have a wide knowledge on the subject, so that in this way they become aware of how to avoid it. The main *Objective* of this work is to deepen the knowledge that professionals of the imaging departments of the hospitals of the Pinar del Río municipality have about the use of adequate



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

means of protection and the effect of radiation. *Method:* To do this, carry out an extensive literature review on the effects produced by radiation and the measures required for good radiological protection, theoretical and empirical methods such as documentary analysis, systematization and historical-logical were used. *Conclusions:* It is considered important to prepare the health professionals who work in the Imaging services of the different healthcare centers, in order to promote health work habits that reduce the probability of unnecessary exposures.

**Key words:** Means of protection, effect of radiations, living tissue.

### INTRODUCCIÓN

El físico Wilhelm Conrad Röntgen descubrió los rayos X en 1895, mientras experimentaba para investigar la fluorescencia violeta que producían los rayos catódicos. Determinó que los rayos creaban una radiación muy penetrante, pero invisible, que atravesaba grandes espesores de papel e incluso metales poco densos. Usó placas fotográficas, para demostrar que los objetos eran más o menos transparentes a los rayos X dependiendo de su espesor y realizó la primera radiografía humana, usando la mano de su mujer. Los llamó "rayos incógnita", o "rayos X" porque no sabía qué eran, solo que eran generados por los rayos catódicos al chocar contra ciertos materiales. Pese a los descubrimientos posteriores sobre la naturaleza del fenómeno, se decidió que conservaran ese nombre.<sup>1,2</sup>

La denominación rayos X designa a una radiación electromagnética, invisible, capaz de atravesar cuerpos opacos y de imprimir las películas fotográficas. El empleo de la radiación está basado en cualquiera de las dos siguientes propiedades: penetración de la materia y depósito de energía. Las radiografías, por ejemplo, son posibles gracias a que los rayos X penetran de manera distinta a los diferentes materiales. Por su lado, en la radioterapia se busca depositar energía en los tejidos malignos para eliminarlos. Lo que le sucede a la radiación al pasar por la materia es, por tanto, de primordial interés en varios campos. Uno es el ya mencionado de la medicina. Otro, que más nos incumbe aquí, el de la protección radiológica. Además, la presencia misma de la radiación en general no es evidente si no se cuenta con detectores espaciales, cuya función es hacernos notar los efectos que la radiación les induce.<sup>3</sup>

La radiobiología es la ciencia que estudia los fenómenos que se producen en los seres vivos tras la absorción de energía procedente de las radiaciones ionizantes. Las dos grandes razones que han impulsado la investigación de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son:

- 1- Protección Radiológica: Poder utilizar esas radiaciones de forma segura en todas las aplicaciones médicas o industriales que las requieran.
- 2- Radioterapia: Utilización de las radiaciones ionizantes principalmente en neoplasias, preservando al máximo los órganos críticos (tejido humano sano).<sup>4</sup>

Las radiaciones ionizantes son capaces de producir daños orgánicos. Esto es en virtud de que la radiación interacciona con los átomos de la materia viva, provocando en ellos principalmente el fenómeno de ionización. Luego esto da lugar a cambios importantes en células, tejidos, órganos, y en el individuo en su totalidad. El tipo y la magnitud del daño dependen del tipo de radiación, de su energía, de la dosis absorbida (energía depositada), de la zona afectada, y del tiempo de exposición.<sup>5</sup>

La utilización incorrecta de los medios de protección nos motivó a realizar esta investigación, de modo que todas las personas expuestas a las radiaciones reflexionen y empleen adecuadamente los medios de protección.



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El presente artículo tiene como objetivo: profundizar el conocimiento que tienen los profesionales de los departamentos de Imagenología de los centros hospitalarios del municipio Pinar del Río sobre la utilización de los medios de protección adecuados y el efecto de las radiaciones. En visitas realizadas a los diferentes departamentos de radiología de la provincia, nos percatamos que el personal que allí trabaja no utiliza correctamente los medios de protección, por lo que es necesario conocer y profundizar sobre la naturaleza de las radiaciones ionizantes y el efecto que estas producen en el tejido vivo.

### MÉTODO

Para el logro del objetivo propuesto se utilizaron como métodos investigativos el histórico, el lógico y el sistémico para la conformación teórica y conceptual del tema, así como el análisis bibliográfico, comprendido en el estudio de la literatura de la especialidad y de las principales experiencias reportadas en textos, publicaciones seriadas, electrónicas, y conferencias de Cuba y el mundo.

Mediante el *análisis documental*, se identificaron los referentes teóricos de los efectos de las radiaciones. La *sistematización*: para la valoración de los diferentes medios de protección radiológicas que se deben utilizar en el servicio de Imagenología. Además sirvió para estudiar las normas relacionadas con la protección radiológica. El *histórico - lógico*: facilitó la valoración de la evolución de las radiaciones ionizantes y su aplicación en la medicina tanto diagnóstica como terapéutica. El *enfoque de sistema*: revela las relaciones entre el mal uso de los medios de protección radiológica y los efectos negativos que provocan las radiaciones ionizantes.

### DESARROLLO

Se pudo identificar que los efectos de las radiaciones ionizantes sobre los seres vivos se pueden clasificar desde distintos puntos de vista.

#### ☞ Según el tiempo de aparición

**Precoces:** aparecen en minutos u horas después de haberse expuesto a la radiación, por ejemplo eritema cutáneo, náuseas.

**Tardíos:** aparecen meses u años después de la exposición, por ejemplo cáncer radioinducido, radiodermatitis crónica, mutaciones genéticas.

#### ☞ Desde el punto de vista biológico

**Efectos somáticos:** sólo se manifiestan en el individuo que ha sido sometido a la exposición de radiaciones ionizantes por ejemplo el eritema.

**Efecto hereditario:** no se manifiestan en el individuo que ha sido expuesto a la radiación, sino en su descendencia, ya que lesionan las células germinales del individuo expuesto, por ejemplo las mutaciones que afectan a células germinales (espermatozoides y óvulos).

#### ☞ Según la dependencia de la dosis

**Efecto estocástico:** son efectos absolutamente aleatorios, probabilísticos; pudiendo aparecer tras la exposición a pequeñas dosis de radiación ionizante. No necesitan una dosis umbral determinada para producirse; si bien al aumentar la dosis aumenta la probabilidad de aparición de estos efectos, que suelen ser de tipo tardío. Se cree que el único efecto estocástico es el cáncer radioinducido y las mutaciones genéticas.

**Efecto no estocástico:** Se necesita una dosis umbral para producirlos, por debajo de la cual, la probabilidad de aparición de los mismos es muy baja. Suelen ser efectos precoces, por ejemplo el eritema cutáneo.<sup>4</sup>

Las autoras asumen que cuando se refiere al tiempo de aparición y a la dependencia de la dosis existe una estrecha relación ya que los efectos no estocásticos son los que ocurren a minutos u horas después de recibir una gran cantidad de radiaciones por ejemplo en pacientes que son sometidos a tratamientos de radioterapia mientras los estocásticos pueden ser

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

somáticos o hereditario, siempre aparecen a varios meses o años de estar expuestos a las radiaciones.

Los efectos biológicos de las radiaciones así como en cualquier otro tipo de lesión, este daño orgánico en ciertos casos puede recuperarse. Esto dependerá de la severidad del caso, de la parte afectada, y del poder de recuperación del individuo. En la posible recuperación, la edad y el estado general de salud del individuo serán factores importantes. En casi cien años de usarse las radiaciones, ha sido posible observar la respuesta de diferentes organismos sometidos a tratamiento médico, o sujetos a accidentes con radiaciones. Con base en estas observaciones se tienen ahora caracterizados los efectos, lo cual da los elementos para prevenir futuros riesgos.<sup>5</sup>

**Las características de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes son las siguientes.**

- ☞ Aleatoriedad: un fotón o partícula puede alcanzar a una célula o a otra, dañarla o no dañarla y si al dañarla puede ser en el núcleo o en el citoplasma.
- ☞ Rápido depósito de energía: el depósito de energía a la célula ocurre en un tiempo muy corto, en fracciones de millonésimas de segundo.
- ☞ No selectividad: la interacción no es selectiva.
- ☞ Inespecificidad lesiva: las lesiones de las radiaciones ionizantes es siempre inespecífica o lo que es lo mismo esa lesión puede ser producida por otras causas físicas.
- ☞ Latencia: Las alteraciones biológicas en una célula que resultan por la radiación no son inmediatas, tardan tiempo en hacerse visibles a esto se le llama "tiempo de latencia" y puede ser desde unos pocos minutos o muchos años, dependiendo de la dosis y tiempo de exposición.<sup>4</sup>

Podemos decir que dos individuos que reciben la misma cantidad de radiaciones en el mismo periodo de tiempo, no necesariamente podrían tener los mismos efectos ya que la célula no siempre va hacer dañada o por lo menos no de la misma forma.

El daño que causa la radiación en los órganos y tejidos depende de la dosis recibida, o dosis absorbida, que se expresa en una unidad llamada gray (Gy). El daño que puede producir una dosis absorbida depende del tipo de radiación y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos. Para medir la radiación ionizante en términos de su potencial para causar daños se utiliza la dosis efectiva. La unidad para medirla es el sievert (Sv), que toma en consideración el tipo de radiación y la sensibilidad de los órganos y tejidos.<sup>6</sup> Es muy importante que se pueda medir la dosis de radiaciones absorbida por el individuo para de esa forma saber en el momento que debemos retirar a un profesional del servicio por estar en el límite de la dosis umbral, para ello se utiliza el dosímetro aunque lamentablemente su mala utilización hacen que no sea un método confiable.

Para los agentes farmacológicos en general es válida la regla de que, para obtener un efecto biológico dado, se requiere dar una determinada dosis mayor que la dosis umbral. La dosis umbral es aquella que marca el límite arriba del cual se presenta un efecto, y debajo del cual no hay efecto. Algunos de los efectos de la radiación caen en este caso, los no estocásticos. Otras sustancias no tienen una respuesta de este tipo, es decir no tienen umbral, por lo tanto no hay una dosis mínima para producir un efecto. Consecuentemente, cualquier dosis dada produce un efecto; para obtener un efecto cero se requieren una dosis cero. Los efectos estocásticos de la radiación se comportan de esta manera.<sup>5</sup>

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).<sup>6</sup>



## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Según el tipo de interacción con la materia

- Efecto directo.
- Efecto indirecto

Cuando la radiación ionizante incide sobre un organismo vivo, la interacción a nivel celular se puede llevar a cabo en las membranas, el citoplasma, y el núcleo. Si la interacción sucede en alguna de las membranas se producen alteraciones de permeabilidad, lo que hace que puedan intercambiar fluidos en cantidades mayores que las normales. En ambos casos la célula no muere, pero sus funciones de multiplicación no se llevan a cabo. En el caso en que el daño es generalizado la célula puede morir.

En el caso en que la interacción sucede en el citoplasma, cuya principal sustancia es el agua, al ser ésta ionizada se forman radicales químicamente inestables. Algunos de estos radicales tenderán a unirse para formar moléculas de agua y moléculas de hidrógeno (H), las cuales no son nocivas para el citoplasma. Otros se combinan para formar peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), el cual sí produce alteraciones en el funcionamiento de las células. La situación más crítica se presenta cuando se forma el hidronio ( $HO$ ), el cual produce envenenamiento. Cuando la radiación ionizante llega hasta el núcleo de la célula, puede producir alteraciones de los genes e inclusive rompimiento de los cromosomas.<sup>5</sup>

La mayor parte de los iones formados por el efecto de la radiación, lo son a partir de moléculas de agua ya que el agua es la molécula más abundante del organismo. Los órganos con mayor sensibilidad a la radiación son aquellos en los que las células se multiplican rápidamente. En la acción directa la RI actúa directamente con el blanco crítico de la célula. Se lleva a cabo como pérdida o sustitución Bases Nitrogenadas, rotura puentes  $H_2$  o rotura cadena.<sup>8</sup>

Los daños por interacción con la radiación se dividen en cuatro grupos.

- Los que producen cáncer
- Los que producen mutaciones genéticas
- Los que producen efectos al embrión durante el embarazo.
- Los que provocan quemaduras por exposiciones excesivas.

El daño producido por la radiación sobre el tejido biológico depende, no sólo de la cantidad total de energía depositada, sino también de la naturaleza de las trazas de iones que dejan las partículas a su paso. En efecto, las trazas consistentes en una densa concentración de iones son las más peligrosas. Por lo tanto es útil clasificar las radiaciones ionizantes en base a una razón de deposición de energía denominada transferencia lineal de energía o LET. La cual se define como la energía depositada por unidad de longitud de recorrido de la radiación.<sup>9</sup>

Hemos mencionado que las radiaciones producen alteraciones en diferentes moléculas celulares. Si por ejemplo se altera una proteína que tiene una determinada función reguladora, esta proteína puede dejar de funcionar y, por tanto, la reacción que regula no se producirá correctamente. Pero la célula puede producir nuevas moléculas «correctas» de esta proteína y, por lo tanto, si la exposición a la radiación no continúa, las consecuencias pueden no ser muy graves.<sup>10</sup>

El daño genético ocurrirá si se altera la secuencia de bases del ADN, produce malformación a nivel del tejido y puede transmitirse a futuras generaciones. El DNA es la molécula donde está codificada la información necesaria para producir las diferentes proteínas de la célula y, por tanto, si se altera el DNA (si introducimos mutaciones), todas las nuevas copias de esta proteína se producirán de manera errónea.<sup>10, 11</sup>

La célula activa una respuesta que le permite reparar este daño ocasionado por las radiaciones, ya sea de luz ultravioleta o ionizante, y en caso de que no pueda repararlo del todo induce su muerte por un mecanismo llamado apoptosis. Pero en algunos casos, si la radiación es excesiva, todos estos mecanismos, incluido el de inducción de muerte, se ven sobrepasados. La consecuencia de eso es la aparición de mutaciones en el DNA sin que la

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

célula se muera. Por lo tanto, las radiaciones, pese a los esfuerzos de la célula por evitarlo, acaban teniendo un claro efecto mutagénico.<sup>11, 12</sup>

La exposición a la radiación ionizante puede aumentar sus probabilidades de desarrollar cáncer. Al igual que con otros efectos sobre la salud, la posibilidad de desarrollar cáncer depende de cuanta radiación recibió, la edad a la que se expuso y del tipo de cáncer.<sup>13</sup>

Los efectos de la radiactividad en partes locales pueden ser eritema o necrosis de la piel, caída del cabello, necrosis de tejidos internos, la esterilidad temporal o permanente, la reproducción anormal de tejidos como el epitelio del tracto gastrointestinal, el funcionamiento anormal de los órganos hematopoyéticos (medula ósea y bazo), o alteraciones funcionales del sistema nervioso y de otros sistemas.<sup>14</sup>

Entre éstos han de considerarse: las cicatrices atróficas locales o procesos distróficos de órganos y tejidos fuertemente irradiados, las cataratas del cristalino, el cáncer de los huesos debido a la irradiación del tejido óseo, el cáncer pulmonar, las anemias plásticas ocasionadas por radiolesiones de la médula ósea, y la leucemia.<sup>5</sup> Los efectos diferidos pueden ser la consecuencia de una sola exposición intensa o de una exposición por largo tiempo.

Según el tipo de células que afectadas

- Los efectos biológicos
  - Efectos en células somáticas.
  - Efectos en células germinales.

De acuerdo al período de latencia, los efectos biológicos de las radiaciones se clasifican en: estocásticos, probabilísticos (tardíos o a largo plazo), determinísticos, agudos (a corto plazo). Estocásticos, probabilísticos (tardíos o a largo plazo). Son aquellos cuya ocurrencia está en función de la dosis, es decir, la probabilidad de ocurrencia del efecto es proporcional a la dosis recibida. Los efectos estocásticos se producen sin umbral, es decir, que incluso la dosis más pequeña implica algún riesgo. Ejemplo: el cáncer y mutaciones genéticas. En Hiroshima se observó que en más del 60% de las personas expuestas a una dosis entre 0,2 y 0,4 Gray presentaron leucemia.<sup>4, 7</sup>

Cuando estamos frente a un paciente que tiene que ser sometido a altas dosis para poder disminuir o eliminar el funcionamiento de algunas células malignas, es importante valorar el riesgo beneficio, o sea el beneficio siempre debe ser mayor, pero hay que tomar todas las medidas de seguridad que se requieren.

### ☞ Tipo de lesiones radioinducidas

**Lesión letal:** Es irreversible e irreparable, que conduce necesariamente a la muerte de la célula.

**Lesión subletal:** En circunstancias normales puede ser reparada en las horas siguientes a la irradiación, salvo que la inducción de nuevas lesiones subletales por sucesivas fracciones de la dosis determine letalidad.

**Lesión potencialmente letal:** Es una lesión particular que está influida por las condiciones ambientales del tejido irradiado durante y después de la irradiación.<sup>4</sup>

A pesar de los daños que pueden producir las radiaciones en el tejido vivo, y las diferentes maneras en que se pueden manifestar, son útiles para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS), traza una estrategia para dar respuesta a la necesidad de utilizar adecuadamente las radiaciones ionizante tanto para el diagnóstico por imágenes como el tratamiento en paciente con cáncer.

La OMS ha establecido un programa sobre las radiaciones para proteger a los pacientes, los trabajadores y la población contra los riesgos para la salud de la exposición planificada, existente o de emergencia a la radiación. El programa se centra en los aspectos de salud pública de la protección contra la radiación y abarca actividades relacionadas con la evaluación, la gestión y la comunicación de los riesgos. De conformidad con su función básica de "establecer normas y promover y seguir de cerca su aplicación en la práctica", la OMS ha

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

cooperado con otras siete organizaciones internacionales en la revisión y actualización de las normas internacionales básicas de seguridad de la radiación. Adoptó las nuevas normas en 2012 y en la actualidad está prestando apoyo a su aplicación en los Estados Miembros de la Organización.<sup>6</sup>

Por lo general, una protección radiológica eficaz excluye cualquier forma de exposición innecesaria o improductiva a la radiación. Los principales instrumentos para lograr este objetivo son la justificación de las prácticas, la optimización de la protección y el uso de límites de dosis. Puesto que los límites de dosis no se aplican en las exposiciones médicas, la justificación individual (indicación clínica adecuada) y la optimización son aún más importantes que en otras prácticas que utilizan radiaciones ionizantes.<sup>12, 15</sup>

Siempre que sea posible, hay que evitar la irradiación de un feto. La responsabilidad fundamental para identificar a estas pacientes recae en su médico. A las mujeres en edad de procrear que acuden para una exploración, hay que preguntarles si están o pueden estar embarazadas. Si la paciente no puede descartar un posible embarazo, hay que preguntarle si se le ha retrasado la menstruación, si la paciente está embarazada, o si cabe sospechar que lo está, el radiólogo y el médico tienen que reconsiderar la justificación de la exploración solicitada y tomar la decisión de posponerla hasta después del parto o hasta que se presente la menstruación siguiente.<sup>16</sup>

Como se indica en los principios fundamentales de seguridad, el objetivo fundamental de la seguridad es proteger a las personas y el medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes. Este objetivo debe alcanzarse sin limitar indebidamente la operación de instalaciones o la realización de actividades que generan riesgos radiológicos. En consecuencia, el sistema de protección y seguridad tiene por objeto evaluar, gestionar y controlar la exposición a la radiación a fin de reducir, en la medida en que sea razonablemente posible (ALARA), los riesgos radiológicos, comprendidos los riesgos de efectos en la salud y los riesgos para el medio ambiente.<sup>17</sup>

Habitualmente existen dificultades en algunos lugares que imposibilitan el cumplimiento de estas normas de protección, como por ejemplo:

### ☞ Deficiencias de infraestructura que dificultan el cumplimiento de los requisitos

#### 1. Debilidades en la infraestructura nacional de educación que den lugar a:

- Insuficientes recursos humanos médicos, físicos y técnicos para satisfacer las necesidades de los planteles mínimos en las prácticas médicas radiológicas
- Falta de programas de capacitación en protección radiológica en el nivel de grado para médicos con consecuencias sobre la formación de médicos prescriptores.
- Falta de formación específica en protección radiológica en otras especialidades médicas que también emplean radiaciones ionizantes (urología, cardiología, traumatología, entre otras.)

#### 2. Debilidades en la infraestructura de salud tales como:

- Diferencias excesivas en la calidad y la seguridad en la medicina
- Baja prioridad de las políticas de garantía de calidad en el sistema de salud
- Baja prioridad de los programas de protección radiológica en el ámbito de la Autoridad de Salud
- Falta de incentivos para retener a los profesionales y técnicos en sus puestos de trabajo que ocasiona una excesiva movilidad de personal.
- Falta de reconocimiento de profesionales no médicos esenciales en la protección del paciente, (físico médico, radiofarmacéutico, entre otros.) como profesionales de salud.
- Prolongación excesiva del uso de equipos más allá de su vida útil.
- Mercado de equipamiento de segunda mano.
- Infraestructuras deficitarias de mantenimiento y de control de calidad de equipamiento médico.<sup>18</sup>

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Muchas de estas deficiencias, lamentablemente también la tenemos en la provincia y es de vital importancia extremar las medidas de seguridad como son:

Cumplir con los principios básicos de protección radiológica

Distancia: la tasa de dosis disminuye con el cuadrado de la distancia a que se encuentra la fuente productora de radiación.

Tiempo: la dosis equivalente recibida disminuye conforme lo hace el tiempo que dura la exposición.

Blindaje: las radiaciones ionizantes, al atravesar la materia pierden intensidad. En este hecho se basan los blindajes y/o pantallas protectoras contra las radiaciones ionizantes.

De estos principios se deducen las tres reglas más generales de Protección Radiológica contra la radiación externa.

1.- Permanecer lo más lejos posible de las fuentes de radiaciones ionizantes.

2.- Reducir el tiempo de exposición al mínimo posible.

3.- Interponer entre la fuente y el personal expuesto pantallas protectoras<sup>19</sup>

Es muy importante utilizar los blindajes adecuados como espejuelos, guantes, paraban, protectores de gónadas, tiroides y delantales plomados, pero que estén bien ubicado y sobre todo que no estén en mal estado.

### CONCLUSIONES

Al profundizar en el análisis de los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes se considera importante la preparación de los profesionales de la salud que laboran en los servicios de Imagenología de los diferentes centros asistenciales, a fin de propiciar hábitos de trabajo sanitarios que disminuyan la probabilidad de exposiciones innecesarias. De esta manera se sugiere recordar el principio ALARA: que alude a la concientización de minimizar dosis y exposiciones tanto como lo razonablemente sea posible, mejorando así la ejecución de medidas de radio-protección sanitaria y la optimización de la práctica laboral.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Los rayos X. [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: [http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte\\_02.htm](http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/parte_02.htm)
2. Pedroso Mendoza Luis E, Vázquez Ríos Belkis S. Introducción a las ciencias de las imágenes diagnósticas médicas. Cap.1. En Pedroso Mendoza Luis E, Vázquez Ríos Belkis S. La Habana: Editorial Ciencias Médicas 2005. P 1-2.
3. Rickards Campbell Jorge y Camaras Ross Ricardo (1995). INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN CON LA MATERIA [internet]. 2016 [citado 2 febrero 2017]. Disponible en: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec\\_6.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec_6.htm)
4. Asociación Española. Técnica en Radiología. Radiobiología [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: <http://metode.cat/es/Revistas/Monografics/Radiaciones/Efectes-biologics-de-les-radiacions-electromagnetiques-d-alta-energia>.
5. Rickards Campbell J. / Camaras Ross R. EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec\\_10.htm](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec_10.htm).
6. Centro de prensa de la OMS .Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>.
7. Muñoz P. Efectos de la radiación en los seres vivos. [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: <http://es.slideshare.net/xpiiii/efectos-de-la-radiacin-en-los-seres-vivos>.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

8. Mantilla V. Efectos de la Radiación sobre los seres vivos. [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: <https://prezi.com/rtgurs-rxj5/efectos-de-la-radiacion-sobre-los-seres-vivos/>.
9. Amaro J.E. Mecanismos de interacción de la radiación con el tejido vivo. [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: <http://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema7/node14.html>.
10. Agell Jané Neus. Efectos biológicos de las radiaciones electromagnéticas de alta energía. [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: <http://quimica4m.blogspot.com/2010/01/efectos-de-la-radiacion-en-los-seres.html>.
11. Alas de la Ciencia- Colegio Santa Juana de Arco. Efectos de la radiación en los seres vivos. En Alas de la Ciencia- Colegio Santa Juana de Arco. Química 4M. [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: <http://aetr.net/radiobiologia/>.
12. Roldán Arjona J. M. EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOBRE EL ORGANISMO [internet]. 2016 [citado 12 Diciembre 2016]. Disponible en: [http://www.apccc.es/arch\\_apccc/tertulias/Radiacion/radiacion.pdf](http://www.apccc.es/arch_apccc/tertulias/Radiacion/radiacion.pdf).
13. ATSDR en Español. Radiación ionizante (Ionizing Radiation) [internet]. 2016 [citado 2 Febrero 2017]. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs149.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs149.html)
14. ROSERPERA. Efectos biológicos de las radiaciones en los seres vivos. [internet]. 2011 [citado 2 Febrero 2017]. Disponible en: <https://venusauxpoissons.wordpress.com/2011/03/24/efectos-biologicos-de-las-radiaciones-en-los-seres-vivos/>
15. Protección Radiológica 109. Guía Sobre los niveles de referencia para diagnóstico en las exposiciones médicas. Comisión Europea;1999.P5-8
16. Delaloye Angelika B. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA 118. Guía de indicaciones para la correcta solicitud de pruebas de diagnóstico Comisión Europea;2000.P.17
17. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección Radiológica Y Seguridad De Las Fuentes de Radiación: NORMAS BÁSICAS INTERNACIONALES DE SEGURIDAD [internet]. 2011 [citado 2 Febrero 2017]. Disponible en: [http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/SupplementaryMaterials/SupM\\_Pub1531\\_Spanish.pdf](http://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/SupplementaryMaterials/SupM_Pub1531_Spanish.pdf)
18. Organismo Internacional de Energía Atómica. Programa Nacional de Protección Radiológica en las exposiciones médicas. [internet]. 2013 [citado 2 Febrero 2017]. Disponible en: <http://www.foroiberam.org/documents/193375/193699/Programa+nacional+de+Proteccion+de+la+proteccion+radiologica+en+las+exposiciones+m%C3%A9dicas/ec6862ef-8e50-4d4c-b616-9152129109f4>
19. Servicio de Física Médica y Protección Radiológica HUCA. MANUAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DE LOS CENTROS HOSPITALARIOS PERTENECIENTES A LA RED PÚBLICA DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS. [internet]. 2012 [citado 2 Febrero 2017]. Disponible en: [http://www.hca.es/huca/web/documentos/FIS-MEDICA/manual\\_pr\\_FM.pdf](http://www.hca.es/huca/web/documentos/FIS-MEDICA/manual_pr_FM.pdf)
20. Revista Biomedicina [Mastología. Efectos biológicos de las radiaciones: importancia de la protección radiológica [internet]. 2012 [citado 2 Febrero 2017]. Disponible en: [http://www.um.edu.uy/docs/revistabiomedicina\\_nov\\_dic%202009/bio\\_efectosbiologicos.pdf](http://www.um.edu.uy/docs/revistabiomedicina_nov_dic%202009/bio_efectosbiologicos.pdf)
21. Revista digital Extensionista UNLP. La importancia de capacitarse en Protección Radiológica [internet]. 2012 [citado 2 Febrero 2017]. Disponible en: [http://www.extensionistas.unlp.edu.ar/articulo/2012/9/18/la\\_importancia\\_de\\_capacitarse\\_en\\_proteccion\\_radiologica](http://www.extensionistas.unlp.edu.ar/articulo/2012/9/18/la_importancia_de_capacitarse_en_proteccion_radiologica)
22. Alcaraz Baños M. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA EN RADIODIAGNOSTICO. [internet]. 2016 [citado 2 Febrero 2017]. Disponible en: <https://webs.um.es/mab/miwiki/lib/exe/fetch.php?id=temas&cache=cache...>