



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS Y TECNOLÓGICAS
T.S.U IMAGENOLOGÍA
INFORME MONOGRÁFICO**

**LA RADIACIÓN IONIZANTE Y SU REPERCUSIÓN EN LAS CÉLULAS DEL
ORGANISMO**

**AUTOR
KRISSELL MIJARES
19.722.590**

NAGUANAGUA, 05 DE MAYO DEL 2015



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMÉDICAS Y TECNOLÓGICAS
T.S.U. EN IMAGENOLOGÍA
INFORME MONOGRAFICO

CONSTANCIA DE ENTREGA

La presente es con la finalidad de hacer constar que el Informe Monográfico titulado:

**LA RADIACIÓN IONIZANTE Y SU REPERCUSIÓN EN LAS CÉLULAS DEL
ORGANISMO**

Presentado por los bachilleres:

KRISSELL MIJARES 19.722.590

Fue leído y se considera apto para su presentación desde el punto de vista metodológico, por lo que tiene el derecho de hacer la presentación final de su **INFORME MONOGRAFICO**. Sin más a que hacer referencia, se firma a petición de la parte interesada a los _____ días del mes de _____ del año 2015.

Nombre del tutor: Msc. YADIRA CHACÓN

C. I. N°: 5.020.778

Firma



**REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMEDICAS Y TECNOLÓGICAS
DIRECCIÓN DE ESCUELA
CÓMITE DE INVESTIGACIÓN Y PRODUCCIÓN INTELECTUAL**

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DEL JURADO

Quienes suscribimos profesoras Bianca Noboa y Nileth García, jurados evaluadores del trabajo en presentación escrita y jurado de la presentación oral del trabajo final de grado titulado. **La Radiación Ionizante y su Repercusión en las Células del Organismo**, cuyo autor es la bachiller: Krissell Mijares. Presentado como requisito para obtener el título de Técnico Superior Universitario en Imagenología, el mismo se considera APROBADO.

En Naguanagua, a los once días del mes de mayo del dos mil quince

Prof: Bianca Noboa

Jurado

Sello



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMEDICAS Y TECNOLOGICAS
T.S.U. EN IMAGENOLOGÍA
INFORME MONOGRAFICO



LA RADIACIÓN IONIZANTE Y SU REPERCUSIÓN EN LAS CÉLULAS DEL
ORGANISMO

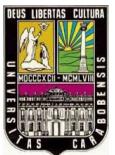
AUTOR:

MIJARES KRISSELL
19.722.590

RESUMEN

La radiación ionizante es utilizada en la imagenología en múltiples estudios o tratamientos, ésta incide y repercuten en el ser humano, debido que se produce un choque entre el rayo x y la unidad fundamental que compone al ser vivo: la célula. El objetivo general de esta monografía es analizar los efectos de la radiación ionizante en las células del organismo. La metodología utilizada es de tipo documental bajo un diseño descriptivo. Es importante conocer la relación entre la radiación ionizante y su forma de incidir sobre las células del ser humano, ya que al afectar esta estructura se verá reflejado en la salud y equilibrio del ser humano. La mayor frecuencia de choque entre el rayo X y la célula se realiza en el citoplasma donde ocurre la hidrolisis del agua, también puede incidir con el núcleo afectando de forma aún más grave o la membranoplasmática pero es menos probable. Por consiguiente, la conclusión de esta investigación radica en que los efectos de la radiación ionizante en el ser humano depende de la frecuencia o el tipo dosis de radiación recibida, de acuerdo a esto se pueden producir diferentes consecuencias en la salud del hombre, por lo tanto se deduce que a menor dosis de radiación menor incidencia y deterioro celular, por lo que se reducen los efectos negativos que pueden llegar a evidenciarse a largo plazo.

Palabras claves: radiación, ionizante, célula, efectos



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMEDICAS Y TECNOLOGICAS
T.S.U. EN IMAGENOLOGÍA
INFORME MONOGRAFICO



THE IRRADIATION AND ITS IMPACT ON CELLS BODY

AUTHOR:
MIJARES KRISSELL
19.722.590

ABSTRACT

Ionizing radiation is used in imaging in multiple studies or treatments, it affects and affects humans, due to a clash between the x-ray the fundamental unit that makes the living being is produced: the cell. The overall objective of this paper is to analyze the effects of ionizing radiation on the body's cells. The methodology is documentary under a descriptive design. It is important to know the relationship between ionizing radiation and how they impact on human cells since it affects this structure will be reflected in the health and balance of the human being. The increased frequency of collision between the x-ray is performed and the cell in the cytoplasm where water hydrolysis occurs, can also affect the core affecting more severe form or the plasma membrane but is less likely. Therefore, the conclusion of this research is that the effects of ionizing radiation on humans depends on the frequency or radiation dose rate, accordingly may produce different effects on human health, so therefore it follows that the lower the radiation dose lower incidence and cell deterioration, so the negative effects can become evident in the long term are reduced.

Keywords : radiation, ionizing, cell, effects.

INDICE

Contenido	Pag.
INTRODUCCIÓN.....	7
Mecanismo de acción de la radiación ionizante en las células.....	9
Radiación ionizante.....	9
Tipos de radiación ionizante.....	10
Radiación alfa.....	10
Radiación beta.....	10
Radiación gamma.....	10
Fuentes de radiación.....	11
Radiación Ionizante y su incidencia en la estructura de la célula eucariota.....	12
Consecuencias en la salud del ser humano frente a la exposición radiaciones ionizantes....	14
Exposición a radiación ionizante.....	14
Consecuencias de la exposición a radiación ionizante.....	15
Daño biológico por radiación ionizante de acuerdo a la dosis recibida.....	16
Tipo de dosis de exposición a la radiación ionizante.....	16
Daño biológico de acuerdo a la dosis recibida.....	17
Efectos determinísticos.....	18
Efectos no determinísticos.....	19
CONCLUSIONES.....	21
RECOMENDACIONES.....	22
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	23

INTRODUCCIÓN

La radiación ionizante en el cuerpo humano ha sido tema de discusión e investigación de muchas instituciones y organizaciones, quienes buscan a través de diferentes estrategias disminuir la dosis absorbida y de esta forma reducir las posibles secuelas que esta puede traer en la salud tanto del paciente como del personal ocupacionalmente expuesto. Asimismo, la mayor preocupación del técnico radiólogo hoy día es la protección frente a diversos factores que pudieran afectar su integridad a largo o corto plazo, esto, durante la ejecución de su jornada diaria, debido a las exposiciones a diferentes fuentes de radiación ionizantes. Por tal razón, la radiación ionizante considerada como aquella capaz de arrancar un electrón de su órbita al interaccionar con un átomo de la materia en la que está incidiendo, que en este caso son los átomos que conforman la estructura molecular de un ser humano, donde el mismo puede verse afectado, originando consecuencias que verán reflejadas en la salud integral del individuo.

Por consiguiente, es necesario destacar que existen muchos tipos de radiación que no son perjudiciales, pero las ionizantes si pueden dañar al ser humano, por lo tanto, técnico radiólogo se encuentra expuesto a este tipo de radiación ionizante ya que forman parte de los rayos x utilizados en la imagenología como radiodiagnóstico. Por lo tanto, es importante especificar los efectos reales a nivel celular de la acción de la radiación en el ser humano, y a su vez como dichas acciones perjudican el equilibrio biológico del organismo. Así como también, es importante recordar que el ser humano está compuesto por células, que son consideradas la unidad fundamental de todo ser vivo; la unión de células conforman los diversos tejidos del cuerpo y la asociación de los tejidos similares constituyen los órganos que componen la anatomía de los diferentes sistemas y aparatos que dan vida y funcionamiento al individuo.

Por otra parte, se destaca la relevancia de esta monografía ya que se indica como la radiación ionizante puede afectar directamente la integridad del ser humano, originando efectos que varían desde consecuencias leves hasta incluso la muerte; por consiguiente es necesario conocer el origen de como la radiación afecta directamente a nuestro cuerpo, y para ello se requiere indagar sobre la unidad fundamental de todo ser vivo y que conforma

el punto de inicio de nuestra organización: la célula. Siendo esta estructura primordial para todo ser vivo, son ellas las principales afectadas y de esta forma desencadena las diversas patologías que se desarrollan en el ser humano luego de la exposición a la radiación ionizante. En tal sentido, se conoce que la radiación es considerada perjudicial para el organismo, pero el principal tema de esta monografía es conocer por qué y cómo de esta premisa, es decir como nuestro cuerpo reacciona ante la radiación ionizante, como desde adentro esta respuesta se refleja hacia afuera.

En este mismo orden de ideas, la importancia de reconocer todas estas afecciones permitirá a todo el personal ocupacionalmente expuesto, tomar previsiones de acuerdo a la exposición y a la cantidad de dosis absorbida, buscando disminuir los efectos que pueden surgir perjudicando considerablemente el bienestar y la salud de las personas que frecuentemente se vinculan con este tipo de radiación.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, la presente investigación, tendrá como objetivo general analizar los efectos de la radiación ionizante en las células del organismo, para lo cual es necesario plantearse los siguientes propósitos específicos, primero describir la radiación ionizante y su acción biológica en las células del cuerpo. Identificar las consecuencias que afectan la salud luego de ser expuesto a la radiación ionizante, finalmente mencionar el dañobiológico que se produce por radiación ionizante de acuerdo a la dosis recibida. Asimismo, la presente monografía se encuentra enmarcada dentro de un diseño bibliográfico, de tipo documental, en un nivel descriptivo bajo la modalidad de informe monográfico. Finalmente en el primer capítulo se desarrollará la temática de la radiación ionizante y sus tipos, las diversas fuentes de radiación que pueden emitir dicha radiación, una introducción a la estructura básica de la célula, y luego la relación entre radiación y la célula. Continuando de esta forma se abordará en el segundo capítulo los tipos de exposiciones a la radiación y las consecuencias sobre la salud luego de exponerse. Por último en el tercer capítulo se ampliará sobre los tipos de dosis de radiación, los daños biológicos de acuerdo a la dosis y los tipos de efectos de acuerdo a la dosis.

Mecanismo de acción de la radiación ionizante en las células

Radiación ionizante

Antes de definir que es radiación ionizante se tiene que dejar en claro que es radiación. Se entiende por radiación como la energía emitida y transferida. Es decir es la transferencia de energía. La radiación ionizante por su parte, es un tipo de energía liberada por los átomos en forma de ondas electromagnéticas (rayos gamma o rayos X) o partículas (partículas alfa y beta o neutrones). La desintegración espontánea de los átomos se denomina radiactividad, y la energía excedente emitida es una forma de radiación ionizante. Los elementos inestables que se desintegran y emiten radiación ionizante se denominan radionúclidos. Cada radionúclido se caracteriza por el tipo de radiación que emite, la energía de la radiación y su semivida¹.

En este mismo orden de ideas, otra definición de radiación ionizante expone como radiaciones con energía necesaria para arrancar electrones de los átomos. Cuando un átomo queda con un exceso de carga eléctrica, ya sea positiva o negativa, se dice que se ha convertido en un ión (positivo o negativo). Entonces son radiaciones ionizantes los rayos X, las radiaciones alfa, beta y gamma. Las radiaciones ionizantes pueden provocar reacciones y cambios químicos con el material con el cual interaccionan. Por ejemplo, son capaces de romper los enlaces químicos de las moléculas o generar cambios genéticos en células reproductoras².

Por las condiciones anteriores, se describe a la radiación ionizante como aquella que tiene la capacidad de interaccionar con un átomo de la materia, que viene siendo el del ser humano, y logra modificar su estructura atómica desprendiendo un electrón a raíz del choque de las cargas iguales de ambos electrones. Esto trae como consecuencia tergiversar el equilibrio de la materia con quien está relacionando, por lo tanto puede producir cambios considerables desencadenando consecuencias negativas en el ser humano.

Tipos de radiación ionizante

Radiación alfa

Se denomina radiación alfa, cuando las partículas son conjuntos de dos protones y dos neutrones. La emisión de este tipo de radiación ocurre en general en átomos de elementos muy pesados, como el uranio, el torio o el radio. El núcleo de estos átomos tiene bastantes más neutrones que protones y eso los hace inestables. Al emitir una partícula alfa, el átomo cambia la composición de su núcleo, y queda transformado en otro con dos protones y dos neutrones menos. La característica de estas partículas a ser muy pesadas y tiene doble carga positiva les hace interactuar con casi cualquier otra partícula con que se encuentre incluyendo los átomos que constituyen el aire².

Radiación beta

Las partículas beta tienen una carga negativa y una masa muy pequeña, por ello reaccionan menos frecuentemente con la materia que las alfa pero su poder de penetración es mayor que en estas (casi 100 veces más penetrantes). Este tipo de radiación se origina en un proceso de reorganización nuclear en que el núcleo emite un electrón, junto con una partícula no usual, casi sin masa, denominada antineutrino que se lleva algo de la energía perdida por el núcleo².

Radiación gamma

Por último, se encuentran, las emisiones alfa y beta suelen ir asociadas con la emisión gamma. Es decir las radiaciones gamma suelen tener su origen en el núcleo excitado generalmente, tras emitir una partícula alfa o beta, el núcleo tiene todavía un exceso de energía, que es eliminado como ondas electromagnéticas de elevada frecuencia. Los rayos gamma no poseen carga ni masa; por tanto, la emisión de rayos gamma por parte de un núcleo no conlleva cambios en su estructura, interaccionan con la materia colisionando con las capas electrónicas de los átomos con los que se cruzan provocando la pérdida de una determinada cantidad de energía radiante con lo cual pueden atravesar grandes distancias. Su energía es variable, pero en general pueden atravesar cientos de metros en el aire, y son detenidas solamente por capas grandes de hormigón, plomo o agua. Tienen gran poder de penetración incluso mayor al de los rayos X³.

De acuerdo a esto, se entiende como radiación gamma como la radiación más potente, con respecto a las anteriores ya que es capaz de interaccionar más profundamente con la materia, sin embargo va perdiendo velocidad a medida que choca con átomos de las capas más superficiales. Asimismo, esta capacidad de penetración es capaz de provocar daños considerables, ya que puede viajar metros en el aire, debido que solo es detenida por ciertos materiales, donde está incluido el agua, no obstante, puede ocasionar efectos en la misma, cambiando su estructura molecular.

Fuentes de Radiación

Se denomina fuentes de radiación o fuentes radiactivas, a quienes son capaces de originar radiación a través de la transformación de los núcleos de los átomos, o así bien aquellos que pueden pasar de un estado energético a otro, mediante la emisión de radiaciones. El proceso que sufren se denomina decaimiento radiactivo o desintegración radiactiva. Esta transformación o decaimiento sucede de manera espontánea en cada núcleo, sin que pueda impedirse mediante ningún factor externo. La energía que se lleva cada radiación es perdida por el núcleo, siendo la fuerza nuclear el origen de esta energía y lo que da a las radiaciones sus dos características más útiles: poder penetrar materia y poder depositar su energía en ella. No todos los núcleos de la naturaleza son radiactivos. El decaimiento nuclear sólo sucede cuando hay un exceso de masa-energía en el núcleo, la emisión le ayuda entonces a lograr una mayor estabilidad⁴.

Asimismo, estas fuentes se pueden dividir en dos categorías principales: radiación ambiental natural y radiación producida por el hombre. La radiación natural produce una dosis anual de aproximadamente 3 milisieverts (mSv). La radiación producida por el hombre origina aproximadamente 3,2 mSv al año. Un mSv es la unidad de dosis equivalente. Se utiliza para expresar la exposición a la radiación de la población y el riesgo que implica en dichas poblaciones⁵.

En tal sentido, en la radiación ambiental natural se distinguen cuatro componentes: rayos cósmicos, radiación terrestre, radionúclidos depositados en el interior del organismo humano y radón. Los rayos cósmicos son radiaciones electromagnéticas y de partículas

emitidas por el sol y las estrellas. La radiación terrestre proviene de depósitos de uranio, torio y otros radionúclidos terrestres. La mayor fuente de radiación natural es el radón. Se trata de un gas radiactivo producido por la degradación natural de uranio, que está presente en la tierra en forma de trazas. Los materiales de construcción, como el hormigón, el ladrillo o el yeso de enlucir, contienen radón. Este gas emite partículas alfa que son no penetrantes, y por ello contribuyen a dosis de radiación solo en el pulmón. En cuanto a, la radiación producida por el hombre, la mayor fuente de origen humano lo constituyen los rayos X, quien ha presentado un incremento considerable que puede atribuirse principalmente al uso creciente de tomografía computarizada (TC) y a la fluroscopía de alto nivel⁵.

Consecuentemente, los beneficios de la aplicación de los rayos X en medicina son indiscutibles; sin embargo, estas aplicaciones deberían realizarse con prudencia y con las medidas dirigidas a reducir la exposición innecesaria de los pacientes y el personal. Esta responsabilidad recae principalmente en el técnico de radiología, dado que es él quien normalmente controla el sistema de imagen con rayos X, durante las exploraciones radiológicas⁵.

Por consiguiente, existen diferentes tipos de fuentes que emiten radiación ionizante, y todos los seres humanos se encuentran expuestos, debido a la presencia de la misma en materiales y elementos de la naturaleza, no obstante el técnico radiólogo se relaciona con una fuente de radiación ionizante artificial creada por el hombre y que en las últimas décadas se ha venido incrementando su uso considerablemente, lo que lo coloca en una posición vulnerable a que este tipo de radiación lo afecte directamente.

Radiación Ionizante y su incidencia en la estructura de la célula eucariota

Se refiere cuando la radiación ionizante incide sobre un organismo vivo, la cual lleva a una interacción a nivel celular que se puede llevar a cabo en las membranas, el citoplasma, y el núcleo. En este caso, todas estas estructuras básicas y esenciales en la célula, que junto a los demás organelos conforman la unidad eucariótica. La membrana se encarga de regular las sustancias que entran y salen de la célula, es decir la permeabilidad. Asimismo el núcleo es la estructura que contiene toda la información genética que será transmitida a

generaciones posteriores. Por último el citoplasma cumple la función de albergar los organelos y contribuir a su movimiento⁶.

Por tal razón, 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 morir⁷

Por otra parte, si 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 (H₂O₂), 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 envenenamiento⁷.

Por último, cuando hablamos de que la radiación ionizante llega hasta el núcleo de la célula, puede producir alteraciones de los genes e inclusive rompimiento de los cromosomas, provocando que cuando la célula se divida lo haga con características diferentes a la célula original. Esto se conoce como daño genético de la radiación ionizante, que si se lleva a cabo en una célula germinal (espermatozoide u óvulo) podrá manifestarse en individuos de futuras generaciones⁷.

En este sentido, una radiación ionizante puede interaccionar con el ADN a través de dos mecanismos: directo e indirecto. En el mecanismo de acción directo la primera molécula que absorbe radiación es el ADN. En el mecanismo de acción indirecto, el agua absorbe la radiación, tras lo que se forma radicales libres, especies químicas altamente reactivas, que pueden llegar a reaccionar con la molécula de ADN dando lugar a cambios químicos, indistinguibles de la acción directa. Por consiguiente, el ADN es la diana de las radiaciones ionizantes, el daño radioinducido en éste es el que tiene mayor transcendencia biológica puesto que el ADN es la molécula encargada de guardar la información necesaria para el funcionamiento de las células y de transmitir esa información a la descendencia. Por lo tanto, los cambios que las radiaciones ionizantes producen en el ADN, ordenadas según la

transcendencia biológica, son: a) cambio o perdida de una base nitrogenada; b) ruptura de los puentes de hidrógeno; c) roturas simples o dobles de las hebras; es importante destacar que el daño biológico por radiaciones ionizantes en el ADN puede provocar la muerte de una célula⁸.

Por lo expuesto anteriormente, vemos que la radiación ionizante puede producir en las células diversas consecuencias que van desde aumento o disminución de volumen, muerte, un estado latente, y mutaciones genéticas. Lo que permite dejar entrever que la relevancia recae en la prevención y en la utilización apropiada y consciente de las fuentes emisión de radiación ionizante para que de esta forma se pueda llegar a disminuir los efectos biológicos a nivel celular.

Consecuencias en la salud del ser humano frente a la exposición radiaciones ionizantes

Exposición a radiación ionizante

La exposición a la radiación puede ser interna o externa, y puede tener lugar por diferentes vías. La exposición interna a la radiación ionizante se produce cuando un radionúclido es inhalado, ingerido o entra de algún otro modo en el torrente sanguíneo (por ejemplo, inyecciones o heridas). La exposición interna cesa cuando el radionúclido se elimina del cuerpo, ya sea espontáneamente o gracias a un tratamiento. En relación a la contaminación externa se puede producir cuando el material radiactivo presente en el aire (polvo, líquidos, aerosoles) se deposita sobre la piel o la ropa. Generalmente, este tipo de material radiactivo puede eliminarse del organismo por simple lavado¹.

Por lo tanto, la exposición a la radiación ionizante también puede resultar de la irradiación externa (por ejemplo, la exposición médica a los rayos X). La irradiación externa se detiene cuando la fuente de radiación está blindada o la persona sale del campo de irradiación¹.

En este mismo orden de ideas, en esta monografía se hace referencia a la exposición externa, que se tiene a la radiación ionizante que se expide de fuentes de radiación médica, que son aquellas que se utilizan para el radiodiagnóstico y que afecta a las personas que rodean este ambiente de trabajo, donde existen diversos artefactos que emiten radiación en diferentes dosis, en el cual unos requieren mayor presencia del hombre y por lo tanto mayor

exposición y otros de operan desde una maquina detrás de una estructura que detiene al rayo.

Consecuencias de la exposición a la radiación ionizante

Las consecuencias pueden variar de acuerdo a la dosis recibida, tomando en cuenta esta premisa se pueden clasificar los efectos en tres grandes grupos, aquellos que producen muerte celular, transformación celular o ambos. En este propósito, los efectos pueden dividirse en dos conjuntos: los efectos deterministas, que incluyen opacidades en el cristalino, daños en piel, infertilidad, depilación, entre otros; y los efectos estocásticos que comprenden el cáncer, efectos genéticos, entre otros⁹.

Dentro de este marco de ideas, las consecuencias varían de acuerdo a los mSv absorbidos, en una escala ascendente de 60 a 3500 mSv los padecimientos son posibles malformaciones en el feto, formación de cataratas, esterilidad (temporal o permanente), formación reducida de glóbulos rojos, enrojecimiento de la piel (eritema) y posible pérdida del cabello. La mayor parte de estos efectos, se consideran efectos tempranos ya que se observan tras unos días o semanas de exposición⁹.

Por otra parte, los efectos denominados agudos pueden variar desde el más leve que es el síndrome de irradiación que incluyen náuseas, vómitos, diarrea, que no es letal hasta el daño más grave al sistema nervioso central que es rápidamente mortal. Otras consecuencias, incluidas en este grupo son daños a los glóbulos blancos y en el intestino donde la muerte puede deberse a infecciones secundarias⁹.

De la misma manera, se busca relacionar la radiación ionizante con el daño que puede causar en los órganos y tejidos, para ello hay que entender que dichas lesiones parten de la dosis recibida, o dosis absorbida, que se expresa en una unidad llamada gray (Gy) y que a su vez las consecuencias que puede producir una dosis absorbida depende del tipo de radiación y de la sensibilidad de los diferentes órganos y tejidos. Por ende, 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 dosis¹.

No obstante, si la dosis es baja o se recibe a lo largo de un periodo amplio (tasa de dosis baja) hay más probabilidades de que las células dañadas se reparen con éxito. Aun así, pueden producirse efectos a largo plazo si el daño celular es reparado, pero incorpora errores, transformando una célula irradiada que todavía conserva su capacidad de división. Esa transformación puede producir cáncer pasados años o incluso decenios. No siempre se producen efectos de este tipo, pero la probabilidad de que ocurran es proporcional a la dosis de radiación. El riesgo es mayor para los niños y adolescentes, ya que son mucho más sensibles que los adultos a la exposición a la radiación¹.

De acuerdo a lo anterior, se explica que las consecuencias que pueden evidenciarse en el ser humano luego de una exposición a radiación ionizante, poseen muchas variables, que va a depender, de la cantidad y dosis recibida, del tiempo de exposición y de la sensibilidad del tejido que absorbe la radiación. Asimismo, el daño en el tejido repercutirá dependiendo igualmente de la capacidad del mismo en regenerarse, ya que algunas células consiguen reparar el daño causado, sin embargo esto sujeto a la gravedad del deterioro y el tipo de célula que se trate.

Daño biológico por radiación ionizante de acuerdo a la dosis recibida

Para poder medir y comparar las energías absorbidas por el tejido en diferentes condiciones ha sido necesario definir ciertos conceptos relacionados con los distintos tipos de dosis que se puede recibir, así como las unidades correspondientes.

Tipos de dosis de exposición a la radiaciónionizante

La exposición es una medida de la ionización producida por una radiación; su unidad es el Roentgen. Un Roentgen (R) es la exposición (X o gamma) recibida por un kilogramo de aire en condiciones estándar de presión y temperatura. Por otra parte, la dosis de radiación absorbida es el gray y el rad, en vista de que el Roentgen deposita diferentes cantidades de energía según el material que recibe la exposición, se define en un nuevo concepto

denominado la dosis absorbida (D), que es la energía depositada por unidad de masa, independientemente de qué material se trate¹⁰.

Por otra parte, se conoce la dosis equivalente (el sievert y el rem) aunque todas las radiaciones ionizantes son capaces de producir efectos biológicos similares, una cierta dosis absorbida puede producir efectos de magnitudes distintas, según el tipo de radiación de que se trate. Esta diferencia de comportamiento ha llevado a definir una cantidad llamada factor de calidad (Q) para cada tipo de radiación. Asimismo, el factor de calidad es una medida de los efectos biológicos producidos por las distintas radiaciones, comparados con los producidos por los rayos X y gamma, para una dosis absorbida dada. Así, por ejemplo, un Gray de partículas alfa produce efectos biológicos 20 veces más severos que un Gray de rayos X. El factor de calidad Q depende de la densidad de ionización de las diferentes radiaciones. La dosis equivalente es un nuevo concepto que se definió tomando en cuenta el factor de calidad¹⁰.

Daño biológico de acuerdo a la dosis recibida

En relación a lo antes descrito, consecuentemente, se habla de que cualquier dosis dada produce un efecto; para obtener un efecto cero requiere una dosis cero. Y cuando se recibe una dosis de radiación ionizante va a depender de la rapidez con la cual se absorbe la radiación esto permitirá en la determinación de los efectos. Una dosis dada producirá menos efecto si se suministra fraccionada, en un lapso mayor, que si se aplica en una sola exposición. Esto se debe al poder de restauración del organismo; sin embargo hay que tomar en cuenta que esta recuperación no es total y siempre queda un daño acumulativo¹¹.

En vista de ello, el lapso entre el instante de radiación y la manifestación de los efectos se conoce como periodo latente. Con base en esto se pueden clasificar los daños biológicos como agudos (a corto plazo), que aparecen en unos minutos, días o semanas, y diferidos (largo plazo), que aparecen después de años, décadas y a veces en generaciones posteriores¹¹.

Por lo tanto, el daño biológico tendrá diferentes manifestaciones en función de la dosis. A bajas dosis (menos de 100 mSv o 10 rem) no se espera observar ninguna respuesta clínica. Al aumentar a dosis mayores, el organismo va presentando diferentes manifestaciones hasta

llegar a la muerte. La dosis letal media, aquella a la cual 50% de los individuos irradiados mueren, es de 4 Sv (400 rem). De este modo, cuando se hace referencia a dosis equivalentes, se quiere indicar una dosis promedio al cuerpo total. Esto es importante ya que en ocasiones pueden aplicarse grandes dosis de radiación a áreas limitadas (como en radioterapia) con un daño local. Si estas mismas dosis se aplican a todo el cuerpo pueden ser letales. Por ejemplo, una persona podría recibir 10 Sv (1 000 rem) en un brazo y experimentar una lesión local, pero esa misma dosis a cuerpo entero le causaría inexorablemente la muerte¹².

De igual manera, el daño biológico por radiación puede presentarse básicamente de cuatro formas: muerte en interfase, cuando se produce el cese de las funciones, retraso mitótico, que se manifiesta como un bloqueo temporal de las células del ciclo mitótico, fallo reproductivo o muerte diferida, solo efectúan unos pocos ciclos antes de morir y por último modificación celular, que consiste en la transformación de la celula y la conservación de su capacidad reproductiva¹².

En relación a lo anterior, el daño biológico depende de factores que afectan la respuesta celular, esto debido que cada tipo de radiación, tiene una transferencia lineal de energía distinta (LET), que representa el promedio de energía transferido por una radiación en la unidad de trayectoria. Es decir, una misma cantidad de energía depositada por la radiación producirá diferente daño biológico dependiendo de la LET de la radiación incidente. A mayor LET, se producen lesiones más complejas; por ejemplo, los rayos X usados en radiodiagnóstico son de baja LET por lo que producirán menor efecto o biológico que otros tipos de radiaciones ionizantes¹².

Lo que antecede permite deducir que, los efectos frente a la radiación son casi inevitables, ya que una dosis así sea mínima va a producir un secuela, que va a variar o depender de la dosis que se reciba, esto indica que a mayor exposición en un corto periodo de tiempo originará un mayor efecto perjudicial en el organismo, no obstante absorber igualmente pequeñas dosis en un periodo largo de tiempo produce consecuencias en un futuro indeterminado

En tal sentido, la relación dosis-efecto que esta sujetada bajo el termino de efectos biológicos de la radiación ionizante, que abarca dos tipos y los clasifica de acuerdo a la cantidad de radiación recibida. Por consiguiente, estos dos tipos de efectos se denominan: efectos determinísticos y efectos estocásticos (no determinísticos).

Por lo tanto, los efectos determinísticos involucran altas dosis sobre porciones grandes del cuerpo. Éstos se caracterizan por tener un umbral de dosis por debajo de la cual no se observa ningún efecto, un corto período de latencia y una severidad que depende de la dosis. Los efectos determinísticos se pueden categorizar en efectos tempranos y tardíos. Los efectos tempranos ocurren dentro del primer año de la exposición y están relacionados con el número de células muertas, la reparación del daño producido y la tasa de recambio de la línea celular irradiada. Algunos ejemplos incluyen el eritema, la caída del pelo, la neumonitis radica y la enfermedad de radiación. Asimismo, los efectos determinísticos tardíos ocurren luego del año de recibida la dosis, están relacionados con el daño inicial producido por la dosis y el deterioro debido a los mecanismos de reparación. Algunos ejemplos incluyen la queratosis, la fibrosis pulmonar y las cataratas¹¹.

Con respecto a, los efectos no determinísticos ocurren a niveles bajos de exposición a la radiación, en cuyo caso el daño será estocástico o estadístico en naturaleza: es posible predecir la proporción de una población dada de personas expuestas que será afectada, pero imposible predecir precisamente qué individuo en particular sucumbirá. No existe una dosis umbral demostrable y el daño se presenta como un pequeño incremento en la incidencia normal o espontánea y se expresa luego de un largo período de latencia¹¹.

Recapitulando, se expone que los efectos que pueden manifestarse van a depender directamente de la dosis de radiación ionizante recibida, y que de acuerdo a esto se reflejará la magnitud de padecimiento que se pueda presentar. Asimismo, va a someterse igualmente al tiempo de exposición y el fraccionamiento de la dosis ya que en general un tejido puede soportar una dosis mucho mayor si ésta es fraccionada. Por lo tanto, el contraste entre estos dos tipos de efectos se encuentra en el tiempo que tarda en aparecer un resultado luego de recibir una cantidad indistinta de dosis sometida a diferentes variables.

CONCLUSIONES

La presente monografía, buscó ampliar la visión sobre la incidencia de la radiación ionizante en las células del cuerpo humano, ya que estas estructuras son parte esencial de la vida del individuo como ser biológico. Una vez planteados los objetivos y desarrollados, se puede destacar que la radiación dependiendo de la fuente que la emite puede clasificarse en distintos tipos, siendo una de las perjudiciales y más usadas por el hombre en el diagnóstico médico la radiación ionizante, esta a su vez se subdivide en tres de acuerdo al alcance y penetración en la materia, estas son alfa, beta y gamma.

En efecto, se expuso la acción biológica de esta radiación ionizante en las células, que básicamente describe cuando el rayo X llega a tener contacto directo con la célula de un ser humano, (esto sucede cuando se realizan algún tipo estudio o se aplican radioterapia), por lo tanto, esta incidencia se diferencia de acuerdo donde se produzca el contacto entre ambos dentro de ella; la mayor probabilidad que existe es que se realice un choque con el citoplasma cuyo componente principal es el agua, ya que la célula está constituida

mayormente por esta sustancia; en este caso se producirá el efecto de ionización donde se rompe la molécula del agua y se forman iones o radicales libres que causan alteraciones a nivel celular. Por otra parte, esta misma radiación dependiendo de la invasión que tenga, va a estar sujeta a las condiciones mencionadas anteriormente (tipo de radiación, tipo de fuente, entre otros), puede incurrir a un nivel más externo que es la envoltura de la célula conocida como membrana plasmática donde surgirá un cambio en la permeabilidad de la misma desarrollando un desequilibrio entre el agua y solutos, pudiendo llevar a la célula a una lisis celular mediante una turgencia o plasmólisis celular. Asimismo, podría incidir a un nivel más interno y al mismo tiempo más dañino afectando alnúcleo o la envoltura nuclear donde causaría alteraciones en la información genética, perjudicando al ADN directa o indirectamente y causando la lisis celular.

En cuanto a, lo que se refiere a las consecuencias en la salud luego de tener una exposición irresponsable a la radiación ionizante y una vez que se han producido cambios a nivel celular, se reflejan efectos directos en la salud y bienestar del ser humano. Fundamentalmente, las consecuencias pueden variar de acuerdo a la dosis recibida, si obtenemos una dosis de radiación baja en un tiempo prolongado, los efectos pueden ir en aumento desde una afectación del cristalino hasta la posibilidad de desarrollar tumores y destrucción de las células sanguíneas que pueden desencadenar cáncer. Así como también, una dosis alta en un tiempo corto de tiempo puede ocasionar la muerte inmediata debido a infecciones secundarias y destrucción directa de las células, o puede producir efectos más leves como náuseas, irritación de la piel entre otros. Cabe destacar que esto va a depender de la capacidad de las células en regenerarse, solo si se le da un periodo de latencia para recuperarse y si el mismo tejido no vuelve a recibir radiación.

Finalmente se puede considerar, como los daños son agrupados de acuerdo a la dosis recibida, se considera la clasificación de los efectos exteriorizados en el ser humano de acuerdo a la dosis. Por consiguiente, se puede afirmar que un Gray de partículas alfa produce efectos biológicos más severos que un Gray de rayos X, asimismo existen afecciones que poseen un umbral para que aparezcan, esto se quiere decir que se necesita alcanzar una cantidad específica de dosis de radiación en un tiempo determinado para que surja esta enfermedad en el organismo, a estos se les clasifica en el grupo denominado

determinísticos, ya que como su nombre lo indica se puede determinar la secuela específica que afectara a cierto individuo que fue expuesto a dicha radiación. Por otra parte, existen los efectos donde es inespecífico el cuando y como será afectado el organismo luego de recibir cierta cantidad de radiación ya que no posee un umbral definido a estos se le conoce como estocásticos o no determinísticos. No obstante, a pesar de que surgirá un efecto independientemente de la clasificación, estos varían de acuerdo al tiempo de exposición, a la capacidad del tejido en recuperarse, en el periodo de latencia, fraccionamiento de la dosis de radiación entre otros factores que inciden en la aparición de estas consecuencias.

RECOMENDACIONES

- Aplicar rigurosamente el protocolo que protección a las radiaciones ionizantes, sobre todos a los técnicos radiólogos y al personal ocupacionalmente expuesto (POE), que esta diariamente en contacto con este tipo de emisiones radioactivas.
- Enfrentar el desconocimiento o falta de preocupación por las consecuencias biológicas o fisiológicas, que hacen que se practique una conducta irresponsable frente a ellas.
- Se concientice aún más sobre las secuelas que afectan internamente la composición de los diferentes tejidos, donde se busca que se cumplan los protocolos de radioprotección y los periodos de descanso que deben tener todos aquellos que tienen contacto con fuentes de radiación ionizante.
- Llevar a cabo estudios minuciosos, sobre la relación que puede tener la radiación ionizante y las células del organismo, actualmente conocido como radiobiología donde

se expone detalladamente la interacción de los rayos x con los diferentes tipos de tejidos.

- Divulgar las consecuencias sobre la salud ante una exposición inadecuada a la radiación ionizante a trabajadores que mantienen contacto diario con este tipo de radiación.
- Realizar investigaciones sobre la radiosensibilidad de las células, a fin de emplear la dosimetría adecuada, ya sea en exámenes de radiodiagnóstico como también en tratamientos con radioterapia donde las células son más sensibles y pueden verse aún más afectadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Organización Mundial de la Salud. Radiaciones ionizantes: efectos en la salud y medidas de protección. [en línea]. Ginebra: 2012. Informe de un Grupo Científico de la OMS. Serie de Informes Técnicos: N° 371. [citado marzo de 2014]. Disponible en: <http://who.int/mediacentre/factsheets/fs371/es/>
2. Ministerio de Educación Argentina. Olimpiadas Nacionales de Contenidos Educativos en Internet. [en línea]. Argentina: Ministerio de Educación; 2013. [citado marzo de 2014]. Disponible en: http://www.biologia.edu.ar/cel_euca/archivospdf/celula1.pdf
3. Domínguez, M. Química: la ciencia básica. (googlebook). [en línea]. Madrid: Paraninfo; 2011. [citado abril de 2015]. Disponible en: https://books.google.co.ve/books?id=QM-Gj2K2ZKYC&dq=Qu%C3%ADmica:+la+ciencia+b%C3%A1sica&source=gbs_navlinks_s

4. Rickards J, Camaras R. Las Radiaciones II: El Manejo De Las Radiaciones Nucleares. [en línea]. Mexico: Fondo de cultura económica; 2009. [citado marzo de 2014]. Disponible en:
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/radia2.htm>
5. Bushong S. Manual De Radiología Para Técnicos. [en línea]. España: DRK; 2010. [citado marzo de 2014]. Disponible en: http://books.google.co.ve/books?id=X83aCgvAYAC&dq=fuentes+de+radiacion+ionizante&hl=es&source=gbs_navlinks_s
6. Jones E, Manson A. Lo esencial en célula y genética. [en línea]. España: Dan Horton; 2003. [citado marzo de 2014]. Disponible en:
http://books.google.co.ve/books?id=DvE7qnyNjzMC&hl=es&source=gbs_navlinks_s
7. Guardiola A. Efectos Biológicos De Las Radiaciones. [en línea]. Mexico: Enseviel, 2012. [citado marzo de 2014]. Disponible en:
http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/094/htm/sec_5.htm
8. Balart S. Análisis de la radiosensibilidad de las células tumorales pancreáticas humanas (Tesis doctoral). [en línea]. España: 2010. [citado mayo de 2015]. Disponible en: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/4379/jbs3de6.pdf?sequence=3>
9. Vivallo L, Villanueva L, Sanhueza S. Efectos de las Radiaciones Ionizantes en el Ser Humano [en línea]. Argentina: 2010. [citado marzo de 2014]. Disponible en: http://oirs.cchen.cl/saber/PDF/efectos_biológicos_mayo2010.pdf
10. White S. Radiología Oral: Principios e Interpretación [en línea]. España: 2007. [citado marzo de 2014]. Disponible en: http://books.google.co.ve/books?id=O8BHQTIFS8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
11. Nuñez M. Efectos Biológicos de las radiaciones: Dosimetría. [en línea]. 2008. [citado marzo de 2014]. Disponible en: http://www.alasbimn.net/comites/tecnologos/material/Efectos_biológicos_de_las_radiaciones.pdf
12. Del Cura J, Pedraza S. Radiología esencial [en línea]. España: Editorial medica panamericana; 2010. [citado mayo de 2015]. Disponible en: https://books.google.co.ve/books?id=0CN0Td3J0yUC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage

&q&f=false