

# Radiobiología

Wulfrano Reyes Arellano, Facultad de Medicina, UNAM.

El estudio de las radiaciones comprende su relación con el medio ambiente, el conocimiento de los diferentes tipos de radiación, cómo se miden estas radiaciones, de qué manera afectan las estructuras de los seres vivos y los mecanismos que ponen en marcha los organismos de cualquier especie para tratar de contrarrestar sus efectos<sup>21 26</sup>.

Un accidente de tipo civil tiene la potencialidad de afectar a grandes porciones de una población<sup>10 20</sup>. Las consecuencias de una posible guerra nuclear afectan tanto al medio ambiente como a la sociedad y los servicios médicos<sup>27</sup>. Un invierno nuclear produce impacto sobre el medio ambiente y la población sobreviviente al conflicto militar, que altera la estructura social<sup>23</sup>.

La patología que surge de la aplicación de las radiaciones, tanto la originada por conflictos bélicos como la resultante de su utilización civil, requiere medios de tratamiento y los conocimientos epidemiológicos disponibles en la actualidad para detectar sus alteraciones agudas y crónicas.<sup>1 13 25</sup>.

Las medidas y acciones de los servicios de salud para tratar a los enfermos afectados por las radiaciones preci-

san de investigación y planeación con anticipación suficiente<sup>4 6</sup>. La interacción entre el médico y el papel que ejerce ante la sociedad puede prevenir las secuelas y evitar la utilización inadecuada de este tipo de energía<sup>8 14</sup>.

El hombre y, en general, la vida en el planeta siempre han estado rodeados de radiaciones, que forman parte natural de su existencia desde que la vida se inició en la tierra<sup>7 15</sup>.

El estudio de las radiaciones y su comprensión desde el punto de vista médico tiene pocos años de evolución. Se inició cuando Mme. Curie hizo el descubrimiento de la radiactividad natural y se continuó tiempo después con el descubrimiento de la radiactividad artificial, efectuada por los hijos de los esposos Curie<sup>7 24</sup>.

Desafortunadamente, el término radiactividad está vinculado a una impresión de nocividad<sup>25</sup>, pero cuando se aprecie que estamos inmersos en un mar de radiactividad, tal vez este concepto cambie y se acepte el hecho del cotidiano contacto con la radiactividad de indole dual, tanto la natural como la artificial<sup>13 15 25</sup>.

El origen de las radiaciones de causa natural se encuentra en el espacio interestelar, las estrellas, el sol, que

inciden sobre el planeta en forma constante y que puede afectar en menor o mayor grado, dependiendo del habitat<sup>21 25</sup>, por ejemplo, en una región a grandes alturas, como en las montañas, donde la atmósfera es más delgada que a nivel del mar<sup>13</sup>. De ahí, la importancia de la capa de ozono que cubre al planeta y que se está destruyendo mediante la polución producto de la industrialización humana<sup>5 17</sup>.

La radiación natural emana del mismo aire que se respira, del suelo que se encuentra bajo los pies<sup>6 11</sup>, ya que contienen pequeñas concentraciones de elementos radiactivos como el potasio, torio, uranio, que despiden en forma natural niveles bajos de radiactividad<sup>17</sup>.

Dado que la composición química del suelo varía de región a región<sup>11</sup>, la intensidad de la radiación de los diferentes tipos de suelo va a ser distinta por tener diferentes concentraciones de material radiactivo, por lo que los materiales de construcción de los edificios y casas, construidos con elementos propios de los suelos de cada comarca, despiden diferentes concentraciones de radiación<sup>6 11</sup>.

No sólo los objetos físicos emanan una radiactividad natural, sino que el cuerpo humano mismo, a causa del contenido de potasio principalmente en el interior de las células y de algunos otros materiales en pequeñas concentraciones como torio o uranio, emana así mismo una radiactividad natural y propia<sup>7 15 21 24</sup>.

Pero, no sólo se dan las radiaciones de origen natural sino que hay otra fuente de radiactividad creada por el hombre, que contribuye a la dosis de radiación a la que está expuesto el ser humano, y está es la radiactividad artificial<sup>7 12 21</sup>.

La radiación artificial proviene en una gran proporción de los usos médicos diagnósticos y terapéuticos de la radioactividad, de la utilización industrial en la fabricación de detectores de humo, de cuadrantes luminosos, de procesos de manufacturación de reactores nucleares para la industria civil y militar, procesos de manufacturación de los laboratorios de investigación física, así mismo de aparatos de uso cotidiano como son los televisores, los hornos de microondas<sup>13</sup>, que también se desprende, en pequeñas cantidades, de las plantas nucleares productoras de energía eléctrica. La radiación artificial proviene también de explosiones nucleares llevadas a cabo a nivel atmosférico, como las que Francia afectúa en el Océano Pacífico<sup>12 25 26</sup>.

De las fuentes de radiación a la que el hombre está expuesto ocupa el primer lugar la radiactividad de origen

natural, les sigue la de origen médico y por último la proveniente de plantas nucleares. El total de radiaciones médicas e industriales juntas tan sólo representa del 15% del total de radiación que recibe el ser humano<sup>7 15 21 25 26</sup>.

El ser vivo, al entrar en contacto con la radiación ionizante, responde biológicamente para manejar el exceso de energía absorbida<sup>26</sup>. La radiobiología estudia la secuencia de eventos que siguen a la absorción de energía proveniente de una radiación ionizante, los esfuerzos que hace el organismo para compensar los efectos de este exceso de energía y el daño provocado en el organismo<sup>7 21</sup>.

Se entiende por radiación el transporte de energía a través del espacio<sup>26</sup>. La energía radiada es absorbida por los materiales que atraviesa. En el caso de la energía ionizante, el proceso de absorción consiste en la eliminación de electrones de los átomos, lo cual produce iones<sup>21 26</sup>.

La radiación ionizante es el subproducto de átomos inestables. Mientras que algunos átomos son estables y retienen su estructura y sus características particulares por siempre (átomos de carbono<sup>12</sup>), hay otros átomos que cambian a otra forma, son los llamados átomos inestables, que son radiactivos y que cambian para convertirse en un nuevo átomo, en un proceso llamado degradación radiactiva, como los átomos de carbono 14 o uranio 235<sup>21 26</sup>.

Durante este proceso, el átomo inestable libera un exceso de energía en forma de ondas electromagnéticas o como partículas de movimiento rápido<sup>21 26</sup>.

Debido a que la radiación ionizante puede transferir el exceso de energía que desprende a las moléculas con que se pone en contacto, esto le da la característica y la capacidad, a las dosis suficientes, de poder modificar la estructura química de las moléculas contenidas en las células de los organismos<sup>7 26</sup>.

Esta modificación química puede transformar una célula sana en una cancerosa o bien transformarla en una célula mutante con múltiples defectos somáticos y también puede llevarla hacia la muerte, pero, de la misma manera, puede matar a las células cancerosas en la terapia contra el cáncer<sup>7 15 26</sup>.

Los elementos ya sea naturales o artificiales que emiten este tipo de radiación son llamados radiactivos<sup>26</sup>. Este tipo de radiación ionizante es emitada en dos formas, radiación electromagnética y radiación particulada<sup>21</sup>. Ejemplo de la radiación ionizante electromagnética son los rayos cósmicos, los rayos X y los rayos gamma y como tipo de radiación ionizante particulada las partículas alfa, las partículas beta y el neutrón.<sup>7 21</sup>.

Desde el punto de vista médico, las que más nos importan son las radiaciones particuladas alfa y beta y la radiación electromagnética por rayos gamma, por ser las que se producen en forma artificial o natural y por la patología que pueden producir en el organismo viviente<sup>7 15 18 21</sup>.

Las radiaciones alfa son partículas cargadas positivamente, emitidas por elementos de origen natural o por material radiactivo producido por la mano del hombre, como el plutonio generado en las plantas nucleares<sup>7 18 21 25</sup>.

Los rayos gamma consisten en ondas electromagnéticas, emitidas de los núcleos que decaen de algunos átomos radiactivos, tienen un gran poder de penetración, pueden atravesar el cuerpo humano, así como capas de espesor medio de acero o concreto. Este poder de penetración convierte a los rayos gamma en poderosas armas para la destrucción de células cancerosas, pero así mismo son potencialmente dañinas a las células sanas. Grandes barreras de concreto, plomo o acero pueden dar protección contra los rayos gamma<sup>7 26</sup>.

Independientemente del tipo de radiación alfa, beta o gamma, ésta es invisible al ojo humano lo que no impide su cuantificación aun en cantidades insignificantes<sup>7 15</sup>.

La medida más utilizada para cuantificar las radiaciones y sus efectos biológicos es la de Sievert. Un "Sievert" de radiación produce el mismo efecto en todos los seres vivos, independientemente del tipo de radiación ionizante ya sea alfa, beta o gamma<sup>7 76</sup>.

Las unidades más pequeñas que miden niveles bajos de radiación se expresan en milisieverts que son milésimas de un sievert y micro sieverts que son una millonésima del sievert.

Combinadas todas las fuentes a las que está expuesto el hombre, el promedio de dosis anual de radiación que recibe el ser humano es de 3.3 milisieverts de radiación que es una cantidad considerada inofensiva<sup>15 21 26</sup>.

Del total de toda esta cantidad de radiación que recibe el ser humano, dos terceras partes son de fuentes radiactivas de origen natural, como son los rayos cósmicos y el radón, siendo éstas las principales fuentes de exposición en el ser humano<sup>7 15 26</sup>.

Menos de una tercera parte de esta cantidad es de origen médico o industrial, pudiendo corresponder aproximadamente al 15% del total de radiación como se explicó previamente<sup>7 15 26</sup>.

Como se ha visto la dosis total de radiación que recibe en un año el hombre es de 3.3 milisieverts; si una persona se expusiera en forma espontánea e instantánea a una dosis de 100 milisieverts, lo que equivaldría a 30 años de exposición normal, los efectos biológicos adversos de tal

exposición son desconocidos. De hecho, la evidencia científica sugiere que tal dosis pudiera resultar en cáncer muchos años más tarde, en una de mil gentes expuesta a tal cantidad de radiación<sup>15</sup>.

La exposición a las radiaciones pueden ser de dos tipos: exposición por periodos prolongados de tiempo a dosis bajas de radiación, que es lo más frecuente, y exposición súbita da dosis elevadas, cosa poco frecuente y de carácter accidental<sup>7 15</sup>.

Como ejemplos de exposición por periodos prolongados de tiempo a dosis bajas de radiación, se encuentran los técnicos y médicos especialistas en radiología y los investigadores en el campo físico nuclear<sup>7 13 15</sup>.

El accidente de Chernobyl es un buen ejemplo de exposición súbita a una dosis elevada de radiación.

Cuando hay una exposición a las radiaciones se pueden producir efectos en los seres vivos de dos tipos: efectos somáticos y efectos genéticos<sup>15 21</sup>.

Los efectos somáticos en un individuo expuesto a radiaciones de baja intensidad consisten en un leve aumento en la probabilidad de padecer cáncer a largo plazo, lo que es un efecto somático tardío. En el caso de un individuo expuesto a una dosis elevada y repentina de radiación, el organismo va a sufrir alteraciones en su homeostasis que se traduce en el síndrome por radiación y que en casos extremos puede llevar hasta la muerte, lo que se llama efectosomático temprano<sup>1 7 21</sup>.

En general el efecto somático temprano está asociado a exposiciones accidentales que involucran dosis mayores de 100 milisieverts en una sola exposición, lo que representa aproximadamente 300 veces la dosis promedio que recibe un ser humano en un año<sup>21 15</sup>.

Por arriba de este nivel, la gravedad de los efectos aumenta rápidamente con la dosis, por ejemplo una dosis en el rango de 1000 a 2000 milisieverts dará como resultado signos y síntomas de enfermedad por radiación (síndrome por radiación), pero no será una dosis fatal, mientras que una dosis mayor de 5000 milisieverts es casi siempre mortal<sup>21</sup>.

A diferencia de los efectos somáticos, los efectos genéticos no se evidencian en el sujeto expuesto sino en sus descendientes. Es interesante hacer notar que no se han observado efectos genéticos en las poblaciones expuestas a grandes cantidades de radiación, como son las sobrevivientes de Hiroshima y Nagasaki, aunque en los últimos años esta aseveración ha entrado en controversia<sup>9 22</sup>.

La incidencia de cáncer y efectos genéticos cuando se está expuesto a las radiaciones es al alza<sup>21</sup>. Un aumento

en la dosis de radiación resulta en un aumento en la probabilidad de que ocurran estos efectos; por ejemplo, si una población es expuesta a un nivel mayor de radiación, un pequeño número de la población desarrollará leucemia y otro tipo de cáncer en una incidencia mayor a la normal prevalente en esa área<sup>9 28 7</sup>.

Parece ser que hay una susceptibilidad individual al efecto de las radiaciones, por que unos están mejor protegidos que otros y el por qué no se desarrollan en todos los seres vivos los mismos efectos están aún por estudiarse.

Dependiendo del uso que se le dé a la energía atómica traerá beneficios o desgracias. De una u otra manera, el hombre debe estar preparado para que si, al utilizarla en

forma pacífica, ocurran accidentes pueda estar en condiciones de manejarlos en forma adecuada y evitar su patología<sup>19 25</sup>. Aunque no se ha dado el caso de que se presente un conflicto bélico atómico, aunque aún no se desarrollan técnicas que protejan de los efectos de tal contingencia, deben estudiarse sus posibles consecuencias y así quizá podrán ser evitadas; en caso de que se presenten, estar mejor preparados para contrarrestarlos<sup>10 16</sup>.

Por todas estas razones el médico tiene y debe tener un papel activo en el conocimiento de las radiaciones y sus efectos y cómo tratarlos para que, a través de este conocimiento, pueda así mismo evitar el mal uso de este tipo de energía.

#### Referencias

1. Adelstein, S. James. Uncertainty and Relative Risk of Radiation Exposure. *JAMA* 258 (5): 655-57, 1987.
2. Beardslee, William R. Youth and the Threat of Nuclear War, *The Lancet* 11 (8611): 618-20, 1988.
3. Council on Scientific Affairs. Nuclear Power Medical Perspectives on Nuclear Power. *JAMA*, 262 (19): 2724-29, 1989.
4. Cassel, Christine K. Political and Medical Lessons of Chernobyl. *JAMA* 256 (5): 630-31, 1986.
5. Clark R.H. Reactor Accidents in Perspective. *Br. J. Radiol.* 60 (720): 1182-8, 1987.
6. Council on Scientific Affairs. Radon in Homes. *JAMA* 258 (5): 668-72, 1987.
7. Cassaret, Alison P. Editorial Radiation Biology. New Jersey, Prentice Hall, 1968.
8. Editorial: Radiation Accidents and the Role of the Physicians: A post Chernobyl Perspective. *JAMA*, 256 (5): 632-33, 1986.
9. Editorial: Studies of Atomic Bomb survivors, *JAMA*, 264 (5): 622-23, 1990.
10. Health Policy Committee. American College of Physicians. The Medical Consequences of Radiation Accidents and Nuclear War. *Ann Int Med* 97:447-50, 1982.
11. Henshaw, D.L. Eatough, J.P. Richardson R.B. Radon as a Causative Factor in Induction of Myeloid Leukaemia and others Cancers. *The Lancet* 1008-12, 1990.
12. Hendee, William R. Radiation Emergencies and Practicing Physician. Editorial *JAMA*, 258, (5): 677, 1987.
13. Loken, Merle K. Commentary.- Physicians' Obligation in Radiation Issues. *JAMA*, 258 (5): 673-6, 1987.
14. Leaning, Jennifer. International Physicians for the Prevention of Nuclear War. Physicians, Triage and Nuclear War. *The Lancet*, 11: 8605 269-70, 1988.
15. Legault, Benoit. Inside the Atom: Radiation Facing Fear With Facts. *Acent*, 8 (2): 14-16, 1989.
16. Lown, Bernard. International Physicians for the Prevention of Nuclear War. Looking Back Seeing Ahead. *The Lancet* 11: 8604 203-4, 1988.
17. Merz, Beberly. Medical Accidents in Perspective. *JAMA* 258 (5): 577-579, 1987.
18. Möbley, James A. Nuclear Accidents A.F.P. 25 (5): 163-72, 1982.
19. McCally, M. Cassel, C.K. Norgrove, L. Medical Education and Nuclear War. *The Lancet* 11: 8615, 834-7, 1988.
20. Nenot, J.C. Nuclear Reactor Accidents: Preparedness and Medical Consequences, Medical Basis for the Establishment of Interventional levels. *J. Radiol.* 60 (720): 1163-9, 1987.
21. Naciones Unidas: Asamblea General. Cuadragésimo Tercer Período de Sesiones. Informe del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas. Naciones Unidas, Nueva York, 1988. Suplemento No. 45 (A/43/45).
22. Neel, J.V, Schull, WJ, AWA, AA. et al. The Children of Parents Exposed to Atomic Bombs: Estimates of the Genetic Doubling Dose of Radiation for Humans. *Am. J. Hum. Genet.* 46: 1053-1072, 1990.
23. Piemont, T. Nuclear Winter. *The Lancet* 11: 8614, 785-6, 1988.
24. Radvany, Pierre Bordry, Monique. La Radioactivité Artificielle et son Histoire. Editorial. Editions Du Seuil, Collections Points. S-42 1984.
25. Steinfeld. Alan D. Environmental Radiation Hazards. A.F.P. Vol. 22, Number 4, Oct 1980; 95-9.
26. Travis, La Torre, Elizabeth. Prime of Medical Radiobiology. 2nd Edition. Editorial. Year Book Medical Publishers. 1989.
27. World Health Organisation WHO. Effects of Nuclear War on Health and Health Services. Editorial WHO. Geneve. 1987.
28. Yamasaki, HN, Schulle, WJ. Perinatal Loss and Neurological Abnormalities Among Children of the Atomic Bomb. Nagasaki and Hiroshima Revisited, 1949 to 1989. *JAMA* 264(5): 605-9, 1990.