Una pequeña dosis de radiación
o
Una introducción a los efectos de la radiación en la salud

Un capítulo del libro
Una pequeña dosis de toxicología-Una pequeña dosis de toxicología- Los efectos a la salud de químicos comunes

Por
Steven G. Gilbert, PhD, DABT
Institute of Neurotoxicology & Neurological Disorders (INND)
Seattle, WA 98115

E-mail: sgilbert@innd.org

Sitios Web de apoyo
web: www.asmalldoseof.org - "A Small Dose of Toxicology"
web: www.toxipedia.org - Connecting Science and People

Dosier

Nombre: Radiación no ionizante
Uso: Transmisión de energía, comunicación, LEDs, bombillas, calefacción, cocina, hornos de microondas, visión, láser, fotosíntesis (luz solar), teléfonos móviles, WiFi, etc.
Fuentes: Luz ultravioleta, luz visible, radiación infrarroja, microondas, radio y televisión, teléfonos móviles, transmisión de energía.
Exposición recomendada: Diferente dependiendo de la fuente, p.ej., la luz solar puede dañar la piel.
Absorción: Depende de la fuente
Personas sensibles: Variable, p.ej., niños de piel clara (quemaduras solares)
Toxicidad/síntomas: Depende de la fuente. Radiación solar: quemaduras solares, cataratas, cáncer; radiación de microondas: calentamiento de la piel o de los órganos internos; Existe controversia en torno a la exposición a la energía de baja frecuencia, como las líneas eléctricas de corriente alterna (CA).
Normas reglamentarias: El gobierno regula la exposición. La FDA y la FCC establecen un límite SAR (tasa de absorción específica) de 1,6 W / kg para teléfonos móviles.
Hechos generales: larga historia de uso
Ambiental: Nuestra dependencia de la energía da lugar a una serie de consecuencias, por ejemplo, las perforaciones petroleras y la minería de carbón para poner en funcionamiento las plantas de generación eléctrica, a su vez el mercurio se libera en la atmósfera por la quema de carbón.
Recomendaciones: Dependiendo de la sensibilidad individual; limitar la exposición a la radiación solar (radiación ultravioleta); reducir el consumo de energía

Nombre: Radiación ionizante
Use: Energía nuclear, radiografías médicas, diagnóstico médico, investigación científica, tratamiento del cáncer, pantallas de tubos de rayos catódicos.
Fuente: Radón, rayos X, material radiactivo producen radiación alfa, beta y gamma, rayos cósmicos del sol y del espacio.
Ingesta diaria recomendada: ninguna (no esencial)
Absorción: Interacción con átomos de los tejidos
Poblaciones sensibles: niños, organismos en desarrollo
Toxicidad/síntomas: daña el ADN lo cual conduce al cáncer
Hechos regulatorios: fuertemente regulado
Hechos generales: larga historia de exposición a niveles bajos
Ambiental: Muchos sitios de limpieza nuclear contienen desechos radiactivos que deben ser trasladados fuera del sitio para evitar posibles fugas
Recomendaciones: Limitar la exposición, monitorear la exposición en el lugar de trabajo donde sea aplicable

Estudios de casos

Las chicas del radio

> " No te preocupes ", le dijeron sus jefes." Si tragas algo de radio, te hará sonrojar las mejillas."
>
> Las chicas del radio a veces pintaban sus dientes y caras y luego apagaban las luces para reírse.
>
> De: 'Radium Girls' por Martha Irvine, Associated Press, Buffalo News, 1998

Marie Curie descubrió el radio en su laboratorio en París en 1898. Las propiedades únicas de este elemento radiactivo natural sugirieron a muchos que tenía usos terapéuticos. A principios de los años 1900 la terapia de radio fue aceptada por la Asociación Médica Americana. Se creía que el radio curaba una variedad de enfermedades incluyendo la artritis, dolencias estomacales y el cáncer. Los tónicos de radio estaban disponibles para el consumo oral, para "llevar el sol al estómago", así como por inyección. En realidad, las emisiones de partículas alfa del radio causan el cáncer en lugar de curarlo.

Este efecto carcinógeno del radio se evidenció sólo después que la trágica situación de las mujeres jóvenes que trabajaban pintando con radio las esferas en las fábricas de relojes llegó a la atención del público. El uso del radio para iluminar los relojes comenzó antes de la Primera Guerra Mundial y continuó durante la década de 1920. US Radium Corporation empleaba a mujeres jóvenes para pintar con radio las esferas de los relojes. Las mujeres usaban sus labios para afinar los pinceles. Cada vez que afinaban las cerdas de sus pinceles, ingerían una pequeña cantidad de radio. El radio se trasladó a los huesos donde continuó emitiendo radiación alfa. La radiación alfa dañó las células cerca de la partícula del radio. Como resultado de su exposición al radio, muchas de estas mujeres desarrollaron una dolorosa y debilitante enfermedad ósea y murieron de cáncer. La vida media larga del radio, combinada con su secuestro en el hueso dio como resultado la exposición a la radiación durante toda la vida. Durante los años veinte, un grupo de estas mujeres demandó a Radium Corporation. Muchos de ellas obtuvieron una victoria en la corte y recibieron una pequeña cantidad de dinero, convirtiéndose en las primeras en recibir una indemnización por lesiones profesionales. Se estima que 4.000 personas, en su mayoría mujeres, fueron expuestas ocupacionalmente al radio como pintoras de relojes. Esta población formó la base de varios estudios sobre los efectos a largo plazo de la radiación. Su historia se convirtió en la película "Radium City" (1987) y, más recientemente, en una obra de teatro. También existe un excelente libro titulado Radium Girls: Women and Industrial Health Reform, 1910-1935 de Claudia Clark.

Radiación solar - Luz del sol del calor a las quemaduras solares

La luz del sol es esencial para la vida, pero, como con la mayoría de las cosas, demasiado puede ser perjudicial. La Organización Mundial de la Salud estima que entre 2 y 3 millones de tumores de piel no malignos y más de 130.000 melanomas malignos ocurren a nivel mundial cada año. La radiación ultravioleta (UV) es la principal causa de cáncer de piel, así como de muchos más casos agudos de quemaduras de sol. El adelgazamiento de la capa de ozono atmosférico, que filtra gran parte de la radiación UV, ha aumentado los efectos nocivos de la exposición a los rayos UV. La exposición a los rayos UV puede aumentar la incidencia de cataratas oculares, reducir la eficacia del sistema inmunológico y acelerar los efectos del envejecimiento. El daño de la piel es también común, particularmente para las personas de piel clara expuestas a demasiada radiación UV del sol. Los niños necesitan protección adicional del sol porque su piel es más sensible a los efectos de la radiación UV. Sin embargo, la luz solar es necesaria, porque estimula la síntesis de vitamina D, la cual es importante en el metabolismo del calcio.

La radiación solar es parte del espectro electromagnético de la radiación. La longitud de onda de la luz visible es de 400-760 nanómetros (nm). Menos de 400 nm es la radiación ultravioleta (UV) y más de 760 nm es la radiación infrarroja, el calor del sol. Nuestra piel, el órgano más grande del cuerpo, ha desarrollado naturalmente medios para protegernos de la radiación UV. La radiación UV estimula la producción del pigmento de melanina, que absorbe la radiación UV y protege las células de la piel del daño. Las personas con piel de color más oscura tienen producción continua de melanina y están mejor protegidas de los daños que las personas con menos color en la piel. Existe una variación genética considerable en la producción de melanina. Las quemaduras ocurren cuando la radiación UV daña una célula y el cuerpo responde aumentando el flujo sanguíneo, dando como resultado una presentación rojiza y caliente. La radiación UV daña el ADN celular. Aunque las células tienen mecanismos de reparación incorporados, el daño repetido del ADN puede resultar en cáncer de piel.

Los productos químicos en los protectores solares funcionan como la melanina para absorber la radiación UV. El más común es el ácido para-aminobenzoico o PABA, pero hay otros. La mayoría del vidrio, pero no del plástico transparente, bloqueará la radiación UV. Medidas relativamente simples, como sombreros y ropa, reducirán considerablemente la exposición. Alrededor del 90% de la radiación UV se refleja en la nieve, lo que hace que la ceguera de la nieve sea una preocupación importante.

La radiación UV ilustra los principios básicos de la toxicología en que la sensibilidad individual varía mucho y lo mejor es limitar su dosis (exposición) para controlar su respuesta. El desafío es entender y manejar el riesgo y los beneficios de nuestra exposición individual y los resultantes efectos agudos y a largo plazo.

Radiación de microondas, comunicación y su teléfono móvil

Los teléfonos móviles o teléfonos celulares son ahora un dispositivo casi esencial con más de 4 mil millones de suscriptores. Los dispositivos se han vuelto cada vez más sofisticados con capacidades que van más allá de la simple llamada telefónica. Estos dispositivos ahora son computadoras potentes con acceso inalámbrico a Internet, posicionamiento global y muchas otras características. Desde el punto de vista toxicológico, hay dos preocupaciones principales: 1) materiales peligrosos en el dispositivo que requieren eliminación adecuada y 2) los efectos potenciales para la salud de la radiación no ionizante asociada con la transmisión de datos. Los miles de millones de teléfonos son ahora una fuente seria de contaminación de una serie de materiales peligrosos como plomo, mercurio, cadmio, PBDE y otros materiales. Aunque constituyen un riesgo mínimo para el usuario, estos materiales son contaminantes ambientales significativos y son peligrosos para las personas si no se reciclan adecuadamente.

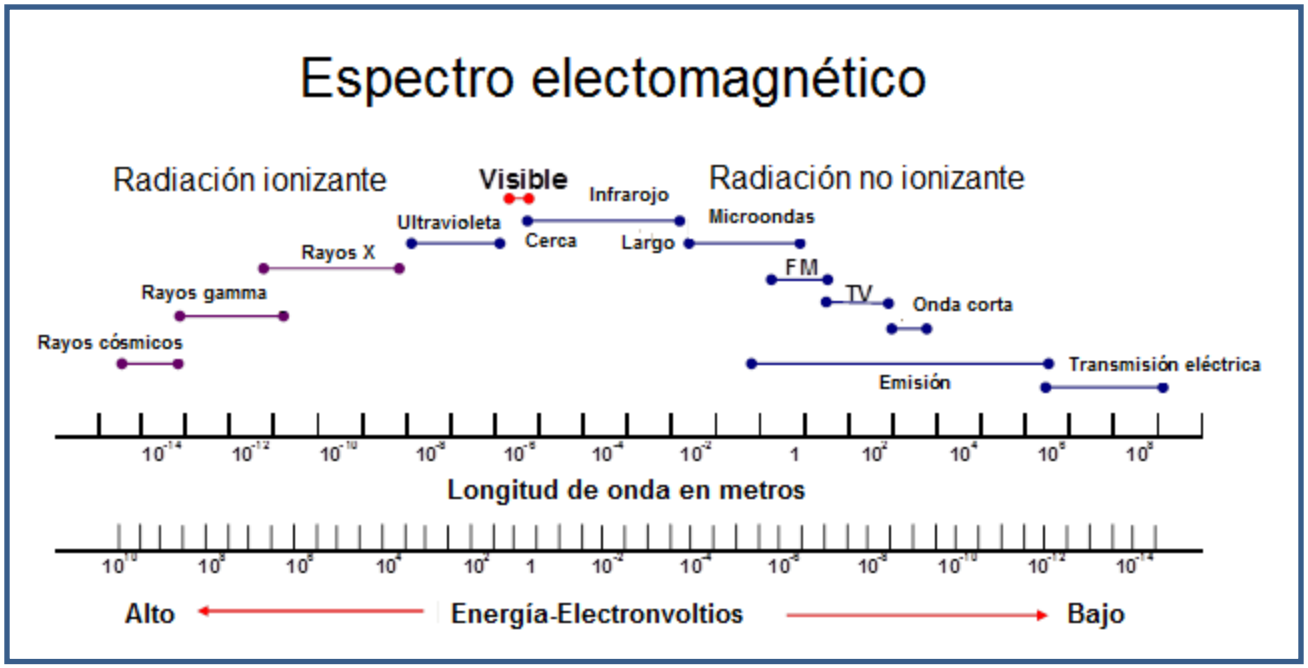
El problema de salud relacionado con el uso directo con los teléfonos móviles se asocia con la radiación no ionizante utilizada para transmitir datos desde y hacia el dispositivo. Estos dispositivos utilizan ondas de radio o microondas para transmitir y recibir información (ondas electromagnéticas con longitudes de onda que oscilan entre 1 mm y 1 m, o frecuencias entre 0,3 GHz y 300 GHz). La radiación no ionizante es absorbida por el cuerpo y estandarizada como la Tasa de Absorción Específica (SAR). En Estados Unidos, la Administración Federal de Alimentos y Medicamentos (FDA) y la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) comparten responsabilidades regulatorias relacionadas con los dispositivos móviles y establecen un límite SAR de 1,6 W / kg, promediado en un volumen de 1 gramo de tejido. En general, las agencias gubernamentales nacionales e internacionales no creen que la exposición a la radiación por el uso de teléfonos móviles esté relacionada con cualquier efecto sobre la salud. Sin embargo, hay una investigación en curso sobre los posibles efectos sobre la salud, particularmente los relacionados con el cáncer. Como medida de precaución, se pueden utilizar dispositivos para mantener el transmisor alejado de la cabeza mientras se utiliza durante períodos prolongados. También hay una creciente regulación sobre el uso de teléfonos móviles mientras se opera un vehículo de motor porque la distracción resultante perjudica la concentración y el tiempo de reacción.

Introducción e historia

Toda la vida depende de pequeñas dosis de radiación electromagnética. Las plantas dependen de pequeñas dosis de radiación, viviendo por convertir esta energía por medio de la fotosíntesis para sostenerlas y, a su vez, proveer alimento para muchos de los animales de la tierra. Estamos rodeados y dependemos de dispositivos emisores de radiación, del sol a nuestros teléfonos celulares y radios, de los rayos X médicos a la electricidad que alimenta nuestros hogares. Hay muchos beneficios de los dispositivos emisores de radiación, pero todavía estamos aprendiendo acerca de algunos de los efectos sobre la salud. Para explorar eficazmente los efectos de la exposición a la radiación en la salud, primero es necesario examinar la física de la radiación.

El espectro electromagnético se divide en términos generales en radiación ionizante y no ionizante (Figura 12.1). La distinción depende de la cantidad de energía transportada por la radiación, que está directamente relacionada con la frecuencia de vibración de los campos eléctrico y magnético. Cuando la frecuencia (y por lo tanto la energía) es lo suficientemente alta, la radiación puede separar los electrones de los átomos, ionizando el material por el que pasa. La radiación no ionizante incluye la radiación ultravioleta, visible, infrarroja, microondas, radio y televisión y transmisión de energía. Dependemos de la radiación del sol para la fotosíntesis y el calor. La radiación ionizante incluye la radiación de alta energía, como los rayos cósmicos, los rayos X o los rayos gamma generados por la descomposición nuclear. La radiación ionizante también incluye varios tipos de partículas subatómicas como la radiación beta (electrones de alta energía) y la radiación alfa (iones de helio) y otros. Las radiografías médicas son un ejemplo de exposición beneficiosa común a la radiación ionizante. La radiación nuclear se utiliza para generar electricidad y curar enfermedades, pero también es un elemento importante en las armas militares. Los usos de la radiación nuclear plantean serios problemas de exposición humana y contaminación ambiental.

La comprensión y el uso posterior de varias formas de radiación proporcionan una ventana fascinante en la civilización humana. Los habitantes de las cavernas fueron probablemente los primeros en manejar la radiación cuando aprendieron a controlar y usar el fuego. El control y el uso de la electricidad fue otro gran paso adelante. Pero el cambio de siglo marcó realmente el comienzo de un rápido progreso en la comprensión y aprovechamiento del poder de la radiación. Este período también dio paso a una creciente comprensión de los posibles efectos adversos de la exposición a la radiación. En 1903, Marie Curie y Pierre Curie, junto con Henri Becquerel, recibieron el Premio Nobel de Física por sus contribuciones a la comprensión de la radiactividad, incluidas las propiedades del uranio. Hasta el día de hoy, el curie y el becquerel se utilizan como unidades de medida de la radiación. En 1895, Wilhem Conrad Roentgen descubrió los rayos X, y en 1901 fue galardonado con el primer Premio Nobel de Física. Estos descubrimientos guiaron hacia avances significativos en la medicina. El trabajo de Enrico Fermi y otros condujo a la primera reacción nuclear sostenida en cadena en un laboratorio debajo del estadio de la universidad de Chicago el 2 de diciembre de 1942. Posteriormente, este conocimiento fue utilizado para desarrollar las bombas atómicas que fueron lanzadas sobre Japón en un esfuerzo para terminar la Segunda Guerra Mundial. Gran parte de nuestra comprensión de los efectos de la exposición a la radiación nuclear ha venido de las víctimas en Japón, así como de los muchos trabajadores de las minas de uranio.



Propiedades físicas y biológicas

<u>Radiación no ionizante</u>

La radiación no ionizante tiene menos energía y en general es menos interactiva con el material biológico que la radiación ionizante. Estamos rodeados de energía de dispositivos y productos que emiten radiación no ionizante. Por ejemplo, la radio y la transmisión de TV nos rodean, pero no interactúan significativamente con nuestros cuerpos. Las bombillas convierten la energía eléctrica en luz visible y calor, todas formas de radiación no ionizante.

Por otra parte, un horno de microondas está diseñado para interactuar con el material biológico para producir calor. La energía del microondas pasa fácilmente a través de papel, vidrio y plástico, pero es absorbida por las moléculas de agua en los alimentos, haciendo que vibren, lo que calienta el material. El horno de microondas genera suficiente energía para ser potencialmente dañino sin el blindaje apropiado. Las regulaciones gubernamentales están trabajando para limitar la cantidad de fuga de energía permitida de un horno de microondas. Obsérvese que la interacción de las microondas con el tejido humano no es a través de la ionización sino más bien del calentamiento.

Alrededor de nuestra casa estamos expuestos a una variedad de diferentes tipos de radiación. Los electrodomésticos como los secadores de pelo emiten radiación electromagnética. Nuestros televisores y monitores de computadora nos exponen a radiación electromagnética adicional, al igual que nuestros teléfonos celulares y radios.

Tabla 12.1 Productos que dependen de radiación no ionizante

- Teléfonos móviles/Celulares
- Estaciones base de telefonía móvil / celular
- Torres de radio
- Torres de microondas
- Láseres (incluyendo apuntadores láser)
- Imagen de resonancia magnética (MRI)
- Transmisiones de radio (AM o FM)
- Transmisiones de TV
- Transmisiones de radio de onda corta
- Transmisiones de satélite
- Mantas eléctricas
- Electrodomésticos
- Bombillas
- Monitores de computadoras y TV
- Hornos de microondas
- Líneas eléctricas (larga y corta)
- Luz visible
- Radiación ultravioleta
- Radar
- Redes WiFi

Radiación ionizante

La radiación ionizante tiene energía suficiente para producir pares de iones a medida que pasa a través de la materia, es decir, libera electrones y deja el resto de los átomos cargados positivamente. En otras palabras, hay suficiente energía para eliminar un electrón de un átomo. La energía liberada es suficiente para romper los enlaces en el ADN, lo que puede ocasionar daño celular significativo y cáncer. Los efectos sobre la salud y la relación dosis / respuesta para la exposición a la radiación están bien establecidos a partir de la exposición humana a la radiación y de otras investigaciones. Los cuatro tipos principales de radiación ionizante son partículas alfa, partículas beta (electrones), rayos gamma y rayos X.

Las partículas alfa son pesadas y tienen emisiones relativamente bajas de energía del núcleo de material radiactivo. La transferencia de energía ocurre a una distancia muy corta de unos 10 cm en el aire. Un trozo de papel o capa de piel detendrá una partícula alfa. El peligro primario ocurre en el caso de la exposición interna a un material emisor alfa. Las células cercanas al material emisor de partículas alfa se dañarán. Los sitios típicos de acumulación incluyen hueso, riñón, hígado, pulmón y bazo. El radio es un

emisor de partículas alfa que cuando se ingiere se acumula en el hueso, causando un sarcoma óseo.

El viaje en avión aumenta nuestra exposición a la radiación cósmica y solar que normalmente está bloqueada por la atmósfera. La intensidad de la radiación es mayor en los polos y en las altitudes más altas, por lo que la exposición individual varía según la ruta de viaje. Las tormentas en el sol pueden producir erupciones solares que pueden liberar mayores cantidades de radiación de lo normal. Para el viajero ocasional, esta exposición a la radiación está muy por debajo de los límites recomendados establecidos por las autoridades reguladoras. Sin embargo, los viajeros frecuentes y los trabajadores de aerolíneas pueden estar expuestos a niveles de radiación que exceden las pautas establecidas.

Fuentes de radiación ionizante o poblaciones expuestas:

• Dispositivos médicos de rayos X (pacientes, trabajadores médicos)
• Material radiactivo que produce radiación alfa, beta y gamma (Trabajadores de laboratorio, trabajadores de hospitales, pacientes)
• Rayos cósmicos del sol y el espacio (Viajeros en avión)

Unidades de radiación

Las unidades utilizadas para describir la exposición y la dosis de radiación ionizante al material vivo son confusas, en el mejor de los casos. Primero, las unidades cambiaron a un sistema internacional, SI, que significa Systeme Internationale. Usaremos el sistema SI, pero la tabla a continuación compara el sistema SI con el sistema anterior.

La unidad descriptiva fundamental de la radiación ionizante es la cantidad de energía, expresada en culombios por kilogramo de aire, y es la unidad de exposición en el aire. La dosis absorbida es la cantidad de energía recibida por un material específico, como el cuerpo humano, y se le da la denominación de gray (Gy), anteriormente Rad. La transferencia de energía de las diferentes partículas y rayos gamma es diferente. Se usa un factor de ponderación para permitir la comparación entre estas diferentes transferencias de energía. La unidad para la dosis equivalente es el Sievert (Sv). Es posible un refinamiento adicional que aplique un factor de ponderación a cada tipo de tejido. Los límites recomendados para la exposición a la radiación se expresan en Sv (Tabla 12.2).

Tabla12.2 Medidas de energía de radiación

Item	Unidad previa	Unidad SI	Equivalencia
Actividad (es decir, cantidad de rayos o partículas)	Curie (Ci)	Bequerel(Bq)	1 Ci = 3.7 x 10^{10} Bq 1 mCi = 37 MBq 1 μCi = 37 KBq
Exposición	Roentgen (R)	X (Coul/kg)	1 R = 2.58x10^{-4} coul/kg
Dosis absorbida	Rad	Gray (Gy) Gy = 1 J/kg	1 Gy = 100 rad 1 rad = 10 mGy
Dosis equivalente	Rem	Sievert (Sv)	1 Sv = 100 Rem 1 rem = 10 mSv

m = milli = 1/1000
SI = Sistema internacional de unidades (Systeme Internationale)

Efectos sobre la salud

Estamos constantemente expuestos a la radiación ionizante y no ionizante de fuentes naturales, así como a la radiación generada y manejada por nuestra sociedad. El desafío es comprender y gestionar los riesgos y beneficios de nuestra exposición individual

Radiación no ionizante

Estamos rodeados de radiación no ionizante, la mayoría de la cual no nos hace daño. La luz visible del sol, las bombillas internas, las transmisiones de radio y TV y los aparatos eléctricos contribuyen a la exposición de fondo a la radiación no ionizante. La mayoría de las pruebas indican que esta radiación es inofensiva, aunque algunos estudios han encontrado posibles efectos. Sin embargo, a niveles más altos y una mayor duración de exposición, la radiación no ionizante puede ser dañina.

El ejemplo clásico es la luz solar o la radiación solar. La radiación ultravioleta del sol, parte del espectro electromagnético con longitudes de onda inferiores a 400 nm, puede dañar la piel. Las quemaduras solares (eritema) son el resultado de una exposición excesiva de nuestra piel a la radiación UV cuando no contamos con la protección de la melanina que absorbe los rayos UV (consulte el estudio de caso arriba). El daño celular agudo causa una respuesta de tipo inflamatorio y un aumento de la circulación vascular (vasodilatación) cerca de la piel. El aumento de la circulación causa enrojecimiento y sensación de calor en la piel. Al presionar ligeramente sobre la piel, se elimina la sangre y la mancha aparece blanca. Las personas de piel más oscura tienen una producción continua de melanina, que las protege en cierta medida de la radiación UV. En personas de piel más clara, la radiación UV estimula la producción de melanina, produciendo un bronceado y protección contra la radiación UV. La exposición extrema puede causar ampollas y daños severos en la piel. La radiación UV también puede dañar el ADN celular. El daño repetido puede abrumar el mecanismo de reparación del ADN, lo que resulta en cáncer de piel. El cáncer de piel representa aproximadamente un tercio de todos los cánceres diagnosticados cada año. Se sospecha que el debilitamiento de la capa

de ozono atmosférico, que filtra la radiación ultravioleta, es una de las causas de la mayor incidencia de cáncer de piel. Usar ropa protectora puede reducir la exposición a la radiación UV. Los bloqueadores solares contienen productos químicos que absorben la radiación UV al igual que la melanina. La radiación solar es un ejemplo clásico del principio de la toxicología: tenga cuidado con la sensibilidad individual y dosifíquese usted mismo de una manera que limite cualquier respuesta adversa.

El uso de microondas y radiofrecuencia (MW / RF) ha crecido dramáticamente en los últimos 20 años. Los productos de consumo más populares son los hornos de microondas y teléfonos móviles o celulares. La radiación MW / RF también se usa en una amplia gama de aplicaciones comerciales tales como radares, máquinas de soldadura, soldadores, selladores de calor, equipos de secado, curado con pegamento y otros. En los tejidos biológicos, la radiación de microondas produce calor. Se puede sentir una sensación de calor en la piel o incluso en órganos internos y se puede elevar la temperatura corporal. Los hornos de microondas deben cumplir con los estándares del gobierno para minimizar la exposición. Los teléfonos celulares usan energía de radiofrecuencia de bajo nivel que está muy por debajo del nivel que calienta el tejido, pero hay investigaciones en curso sobre los efectos relacionados con la exposición crónica. En los Estados Unidos, la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) es responsable de proteger al público de la radiación de hornos de microondas, televisores, monitores de computadoras y teléfonos celulares. La FDA y la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC) comparten las responsabilidades regulatorias relacionadas con los dispositivos móviles y establecen un límite SAR de 1.6 W / kg.

Radiación ionizante

La radiación ionizante es más dañina que la radiación no ionizante porque tiene suficiente energía para remover electrones de un átomo y dañar así el material biológico. La energía es suficiente para dañar el ADN, lo que puede provocar muerte celular o cáncer. El estudio de la radiación ionizante es una gran área de la toxicología clásica, que ha producido una gran comprensión de la relación dosis / respuesta.

El efecto primario de la radiación ionizante es el cáncer. También puede afectar el desarrollo del feto en madres expuestas durante el embarazo. La exposición a la radiación tiene una relación dosis-respuesta directa: mientras más radiación reciba, mayor será su probabilidad de desarrollar cáncer.

Nuestro conocimiento de los efectos de la radiación se desarrolló gradualmente a partir de experiencia trágicas del siglo pasado. A principios de siglo, investigadores como Marie Curie murieron de cáncer presuntamente relacionados con su exposición a la radiación. En ese momento, algunos escritores incluso exaltaron las virtudes de las personas que mueren por avanzar en la causa de la ciencia. La exposición ocupacional fue otro ambiente de aprendizaje trágico. Las mujeres jóvenes empleadas para pintar radio en las esferas de reloj murieron por cáncer de huesos en los años 1920 y 1930 (ver el estudio de caso anterior). Durante este tiempo, el radio fue promovido como una cura

de muchas enfermedades e incluso reconocido por la Asociación Médica Americana. Tuvimos mucho que aprender.

De los mineros del uranio nos enteramos de los peligros de la exposición al radón. El radón es un gas radiactivo que está presente en las minas de uranio, así como en una gran concentración en el suelo en algunos lugares. La exposición al radón produce cáncer de pulmón y esófago. Los verdaderos carcinógenos son productos secundarios del radón que se adhieren al tejido interno y emiten partículas alfa. Si bien el exceso de cáncer en los mineros está bien establecido, existe una preocupación considerable acerca de los efectos de la exposición crónica de menor nivel que se puede encontrar en los hogares, particularmente en el sótano (ver el capítulo sobre Cáncer y Enfermedades Genéticas).

Se aprendió mucho de los sobrevivientes de la bomba atómica. Los militares estadounidenses lanzaron la primera bomba atómica en Hiroshima, Japón, el 6 de agosto de 1945 y una segunda en Nagasaki, Japón, tres días después. Las bombas usaron dos tipos diferentes de material radiactivo, ^{235}U en la primera bomba y ^{239}Pu en la segunda. Se estima que 64,000 personas murieron por las explosiones iniciales y la exposición a la radiación. Aproximadamente 100,000 sobrevivientes se inscribieron en estudios de seguimiento, que confirmaron una mayor incidencia de cáncer.

Los rayos X también se usaron para tratar enfermedades. Desde 1905 hasta 1960 se usaron rayos X para tratar la tiña en niños. Hasta bien entrada la década de 1950, los rayos X se usaban para tratar una enfermedad ósea degenerativa llamada espondilitis anquilosante.

La principal lección aprendida en todo esto es que cuanto mayor es la dosis, mayor es la probabilidad de desarrollar cáncer. La segunda lección fue que podría haber un retraso muy largo en la aparición del cáncer, de 10 a 40 años. Debe recordarse que evolucionamos con una exposición de fondo a radiación ionizante natural y continuamos expuestos a niveles bajos de radiación de fondo natural. Algunos han estimado que 1 de cada 100 cánceres son el resultado de esta exposición de fondo.

Reducción de la exposición

Tres formas de reducir la exposición a la radiación son:

- **Tiempo**
  Limite la cantidad de tiempo que pasa cerca de la fuente de radiación. Un ejemplo fácil es evitar las quemaduras solares al limitar la cantidad de tiempo a la luz del sol. Este mismo principio se aplica a la radiación ionizante, como un material radiactivo.

- **Distancia**

  Aumente su distancia de la fuente de radiación. Las emisiones desde la fuente de radiación disminuyen en intensidad rápidamente.

- **Blindaje**

La efectividad de la protección depende del tipo de radiación y del material de protección en sí, pero en general colocar material de protección absorbente entre usted y la fuente de radiación reduce la exposición. Esto puede ser tan simple como usar un sombrero para proteger su rostro del sol o usar un delantal de plomo en la silla del dentista para proteger otras partes de su cuerpo de las radiografías dentales.

Normas reglamentarias

El primer esfuerzo organizado para proteger a las personas de la exposición a la radiación comenzó en 1915 cuando la Sociedad Británica Roentgen adoptó una resolución para proteger a las personas de los rayos X.

En 1922, los Estados Unidos adoptaron las reglas de protección británicas y se formaron varios grupos gubernamentales y no gubernamentales para proteger a las personas de la radiación. En 1959, se formó el Consejo Federal de Radiación para asesorar al presidente y recomendar estándares. En 1970, se formó la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. y asumió estas responsabilidades. Ahora, varias agencias gubernamentales son responsables de proteger a las personas de los dispositivos que emiten radiación.

Estándares para la exposición a la radiación

Los límites de exposición recomendados son establecidos por el Consejo Nacional de Protección contra las Radiaciones (NCRP) de los EE. UU. y en todo el mundo por el Consejo Internacional de Protección contra las Radiaciones (ICRP). Las pautas de exposición ocupacional son 100 mSv en 5 años (promedio, 20 mSv por año) con un límite de 50 mSv en un solo año. Para el público en general, el estándar es de 1 mSv por año. Esto debe situarse en el contexto de la radiación de fondo natural, que es de aproximadamente 3 mSv / año según la ubicación (como la elevación) y otras variables.

Recomendaciones y conclusiones

Nos desarrollamos en un ambiente de radiación natural desde la energía solar del sol hasta elementos radiactivos. La radiación se describe por el espectro electromagnético en términos de longitud de onda y frecuencia. Se realiza una división adicional entre radiaciones ionizantes y no ionizantes. La radiación ionizante tiene suficiente energía para eliminar los electrones, por lo tanto, la capacidad de dañar directamente el tejido biológico. Durante el siglo pasado, aprendimos a explotar el espectro electromagnético para muchos fines útiles (y algunos no tan útiles) y, a lo largo del camino, aprendimos sobre algunos de los peligros de la exposición a la radiación.

Algunas radiaciones son útiles y necesarias, como en el caso de la luz solar, que nos permite ver el mundo. La radiación no ionizante del sol nos calienta, pero demasiada

radiación ultravioleta puede causar quemaduras solares o cáncer dependiendo de nuestra sensibilidad individual. Claramente, existe una relación dosis-respuesta entre la exposición y el efecto, y la sensibilidad individual juega un papel importante. La radiación de microondas y de radiofrecuencia es increíblemente útil para calentar y transmitir información.

La radiación ionizante es mucho más peligrosa que la radiación no ionizante porque puede dañar directamente el ADN y las proteínas celulares, causando la muerte celular o posiblemente cáncer. La radiación ionizante se divide en partículas alfa y beta y rayos gamma. Cada uno tiene sus características únicas, que requieren diferentes enfoques de seguridad. En general, mientras más exposición a radiación reciba una persona, mayor será la probabilidad de cáncer. Por lo tanto, es mejor adoptar un enfoque precautorio que limite la exposición a la radiación.

Más información y referencias

Diapositivas

Material de presentación de una pequeña dosis de radiación y referencias en: http://www.toxipedia or http://www.toxipedia.org/display/dose/Radiation .

El sitio web contiene material de presentación sobre los efectos de la radiación sobre la salud.

Agencias europeas, asiáticas e internacionales

- Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). Online: <http://www.arpansa.gov.au/> (accessed: 5 May 2009).

  ARPANSA tiene "la responsabilidad de proteger la salud y la seguridad de las personas y del medio ambiente contra los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes y no ionizantes”

- England – Health Protection Agency (HPA) - Centre for Radiation, Chemical and Environmental Hazards. Online: < http://www.hpa.org.uk> (accessed: 5 May 2009).

  La sección de radiación de HPA hace investigación, proporciona información y asesoramiento sobre los efectos de la radiación en los seres humanos y el medio ambiente.

- World Health Organization (WHO) - Ultraviolet radiation. Online: <http://www.who.int/health_topics/ultraviolet_rays/en/> (accessed: 5 May 2009).

El sitio contiene información sobre los esfuerzos globales para reducir la exposición a la radiación UV (luz solar).

Agencias norteamericanas

- Health Canada – Radiation Protection Bureau. Online: < http://www.hc-sc.gc.ca/> (accessed: 5 May 2009).
  El sitio contiene información sobre los esfuerzos globales para reducir la exposición a la radiación UV (luz solar).

- US Centers for Disease Control and Prevention (CDC) National Center for Environmental Health. Online: <http://www.cdc.gov/nceh/> (accessed: 5 May 2009).

Este sitio contiene información sobre los efectos en la salud y la respuesta de emergencia por la exposición a la radiación.

- US Environmental Protection Agency (EPA) - Radiation Protection. Online: <http://www.epa.gov/radiation/> (accessed: 5 May 2009).

  Este sitio tiene una enorme cantidad de información sobre radiación ionizante y no ionizante y contaminación ambiental.

- US Environmental Protection Agency (EPA) - Radiation Protection - Calculate Your Radiation Dose. Online: <http://www.epa.gov/radiation/understand/calculate.html> (accessed: 5 May 2009).
  Este sitio le muestra cómo examinar su exposición actual a la radiación.

- US Food and Drug Administration – Center for Devices and Radiological Health. Online: <http://www.fda.gov/cdrh/radhealth/> (accessed: 5 May 2009).

  Este sitio contiene información sobre los efectos en la salud y la regulación de los dispositivos y productos que emiten radiación. La misión del programa radiológico de salud CDRH es proteger al público de las emisiones de radiación peligrosas o innecesarias de los productos electrónicos.

- U.S. Food and Drug Administration – Cell Phones. Online: <http://www.fda.gov/cellphones/> (accessed: 5 May 2009).
  El sitio contiene información general y regulatoria sobre teléfonos celulares y tecnología relacionada.

- US Federal Communications Commission (FCC) – Office of Engineering and Technology – Radio Frequency Safety. Online: <http://www.fcc.gov/oet/rfsafety/> (accessed: 5 May 2009).
  La FCC debe "evaluar el efecto de las emisiones de los transmisores regulados por la FCC sobre la calidad del ambiente humano".

- US Department of Labor, Occupational Safety & Health Administration (OSHA), Radiofrequency and Microwave Radiation. Online: < http://www.osha.gov/SLTC/radiofrequencyradiation/> (accessed: 5 May 2009).

  El sitio de OSHA contiene información sobre dispositivos de microondas y radiofrecuencia.

- US New Jersey - Nonionizing Radiation Section. Online: <http://www.state.nj.us/dep/rpp/> (accessed: 5 May 2009).

  Nueva Jersey tiene un excelente y amplia gama de información sobre la radiación.

- US Agency for Toxic Substance Disease Registry (ATSDR). Online. <http://www.atsdr.cdc.gov/> (accessed: 5 May 2009).
  Consulte las hojas de datos ToxFAQs ™ y los estudios de casos en salud ambiental.

- US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Air Resources Laboratory. Online: <http://www.arl.noaa.gov/> (accessed: 5 May 2009).
  El sitio contiene información de monitoreo de radiación UV para los EE. UU.

- US Nuclear Regulatory Commission (NRC). Online: <http://www.nrc.gov/> (accessed: 5 May 2009).
  "
  La NRC regula las plantas de energía nuclear comercial de los EE. UU. y el uso civil de materiales nucleares."

Organizaciones no gubernamentales

- National Council on Radiation Protection and Measurements (NCRP). Online: <http://www.ncrp.com/> (accessed: 5 May 2009).
  "
  El NCRP busca formular y difundir ampliamente información, orientación y recomendaciones sobre protección radiológica y medidas que representan el consenso del pensamiento científico destacado.

- Health Physics Society. Online: <http://www.hps.org/> (accessed: 5 May 2009).

  El sitio tiene amplia información sobre salud la física y la protección radiológica.

- University of Michigan - Radiation & Health Physics. Online: <http://www.umich.edu/~radinfo/> (accessed: 5 May 2009).

El sitio contiene información "escrita para tres grupos distintos: el público en general, los estudiantes y la comunidad de salud física en general".

- Washington Nuclear Museum and Educational Center (WANMEC). Online: <http://www.wanmec.org> (accessed: 5 May 2009).
  WANMEC proporciona información sobre la historia del uso de materiales nucleares en el estado de Washington.

References

Radium Girls: Women and Industrial Health Reform, 1910-1935
by Claudia Clark, Publisher: University of North Carolina Pr; ISBN: 0807823317; (June 1997). 384 pages.