

223
2 Gen



ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES

**IZTACALA
U. N. A. M.**

CARRERA DE CIRUJANO DENTISTA

***DOSIMETRIA RADIOLOGICA EN
ODONTOLOGIA***

MARIA DE LA CRUZ LARA RUIZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

PROLOGO	3
INTRODUCCION	5
GENERALIDADES	7
DOSIMETRIA	24
DAÑOS BIOLÓGICOS	47
PROTECCION RAYOS X	59
CONCLUSIONES	68
BIBLIOGRAFIA	72

P R O L O G O

Ha sido una preocupación personal, la Dosimetría o la medición de las radiaciones recibidas por los constantes peli--gros a los que nos vemos expuestos tanto profesionales en el área de la salud, como pacientes que requieren de un diagnós--tico o de una terapéutica radiológica, puesto que cualquier -cantidad de radiación es perjudicial ya que es acumulativa.

A pesar de la gran ayuda que nos brinda en el diagnósti--co Odontológico, a veces se hace un uso indiscriminado sin saber los daños que se pueden producir a causa de esto.

Con el aumento del uso de los rayos X en la práctica dental, es de recomendarse la precaución y restricción en el uso de las radiaciones innecesarias para el diagnóstico.

Los Cirujanos Dentistas que usamos procedimientos roent--genográficos, debemos tener una amplia comprensión de los -principios básicos, físicos, teniéndolos siempre presentes para evitar la transgresión de estas reglas simples que mantie--nen condiciones de seguridad en el consultorio, para nuestra seguridad, la de nuestros ayudantes y pacientes.

Por lo tanto y teniendo en cuenta lo mencionado anterior--mente es para mí un motivo recordar las medidas de seguridad básicas o principales con las que nos podemos proteger y así controlar lo más posible, la dosimetría permitida sin ocasio--nar patologías.

Todas las medidas encaminadas a la protección son impor--tantes, dados los abusos que se cometen actualmente.

Las personas que trabajan con los rayos X o con alguna - otra forma de radiación ionizante, deben estar consientes con sigo mismos y para con las personas que requieran de estas ex posiciones empleando solo dosis requeridas sin dejar de lado las respectivas medidas de seguridad.

Cualquiera de estas medidas por mínimas que sean, siem pre estarán indicadas y no está por demás utilizarlas.

I N T R O D U C C I O N

Ya que los materiales radioactivos y los instrumentos que producen radiación han llegado a ser aceptados por la sociedad moderna, el campo de la seguridad radiológica puede considerarse como la protección de la humanidad contra los riesgos excesivos sin interferir con la utilización benéfica de la energía nuclear ó de otras actividades que involucren radiación.

El objetivo debe ser obtener los máximos beneficios de estas nuevas fuerzas sin riesgos para la salud pública.

No obstante que sabemos que la radiación origina daños serios en la salud cuando se tienen dosis grandes, poco se sabe de los efectos en el organismo cuando las dosis son pequeñas. Es difícil por lo tanto, determinar el grado de riesgos en términos de los beneficios derivados de una aplicación particular.

Basados en algunos casos de accidentes en que unas cuantas personas han sido dañadas ó muertas por rayos X, se ha obtenido cierta experiencia para establecer las dosis máximas permisibles que no deben excederse sin una fuerte razón, tal como se hace con relación a los riesgos de otras actividades. En la década 1920-1930, el problema de la protección radiológica parecía ser interna, de interés únicamente académico, - excepto para un grupo relativamente pequeño de personas que vieron los peligros reales que aparecían a medida que se incrementaba el uso de la radiación.

Este pequeño grupo sin embargo, no tuvo manera de prever

la multitud de problemas nuevos que vendrían con la liberalización de la energía nuclear, bajo condiciones de control ó - sin este. A pesar de esta comprensible falta de clarividencia la filosofía fundamental y premisas de la protección radiológica que fueron desarrolladas en los años "30", bastaron para prever lo que pudo haber sido un daño catastrófico para la - raza humana con el advenimiento de la era atómica.

GENERALIDADES

BIOGRAFIA DE WILHELM KONRAD ROENTGEN.

En 1895 el físico alemán Wilhelm Konrad Roentgen descubrió los rayos que luego llevarían su nombre.

Había envuelto en una caja negra un tubo para rayos catódicos. Al conectar la corriente, rayos particulares se comenzaron a penetrar con el papel negro y se observó fluorescencia sobre una pantalla cubierta con platinocianuro de bario, cuando Roentgen puso la mano detrás del tubo pudo ver sus huesos.

Acababa de descubrir una especie de rayos que modestamente, denominó "Rayos X".

Las aplicaciones de este descubrimiento (que cumple 88 años) han sido y seguirán siendo fundamentales y múltiples -- para la medicina y otras ciencias técnicas.

Por otra parte, como nadie conocía el peligro de las radiaciones aplicadas sin cautela necesaria, los rayos X fueron causa de no pocas muertes prematuras. No menos de 168 pueden reconocerse como víctimas de los rayos Roentgen.

Wilhelm Konrad Roentgen nació el 27 de marzo de 1845 en Remscheidlenep. Fue hijo único; estudio en Utrecht y en Zurich.

Se recibió de ingeniero de máquinas y sucesivamente se doctoró en filosofía.

En 1873 encontramos a Roentgen en Estrasburgo y después en Guesse, donde le nombran en 1879 profesor y director del Instituto de Física.

Al realizar su descubrimiento gracias al cual entra en la historia como uno de los más grandes investigadores y más aún, como benefactor de la humanidad Roentgen expuso sus resultados en una "comunicación provisoria" titulada "Un Nuevo Género de Rayos" que muy pronto se difundió por todo el mundo.

En 1901 fue el primer físico del mundo en recibir el premio Nobel y muere en Munich el 10 de febrero de 1923.

PROPIEDADES DE LOS RAYOS "X"

A) Naturaleza de los Rayos X

Un haz de rayos X está formado por un grupo de rayos que son fundamentalmente de la misma naturaleza que la luz visible la luz ultravioleta y la infrarroja. Todas ellas son radiación electromagnética, la cual se crea originada por perturbaciones ondulatorias asociadas a cargas eléctricas vibratorias.

La radiación electromagnética se mide en términos de la energía y la longitud de onda.

Los rayos X que se emplean en medicina tienen una longitud de onda de aproximadamente 2.5×10^{-9} cms., característica que origina gran penetración.

B) Dualidad de los Rayos X

Actualmente se atribuye a toda radiación electromagnética una naturaleza dual.

Ciertos experimentos pueden explicarse si se piensa que los rayos X son ondas continuas, mientras que otros son difíciles de explicar, a menos que se considere a los rayos X como partículas de una energía definida. Combinando ambas ideas, - los rayos X y Gama pueden considerarse como manojos o paquetes de ondas, generalmente conocidos como fotones o quanta.

C) Diferencias entre los rayos X y Gama

Los rayos Gama se originan dentro del núcleo de los átomos en tanto que los rayos X se generan fuera del mismo por la interacción de electrones de alta velocidad con el átomo y tienen un espectro continuo.

II PRODUCCION DE RAYOS X

A) Los Rayos X se producen cuando un haz de electrones de alta velocidad chocan con un material, en el cual son frenados dichos electrones pueden también perder energía por excitación e ionización de los átomos 'blanco', pero esto no resulta en la producción de rayos X.

B) Cuando los electrones de alta velocidad son detenidos por el blanco, la radiación producida tiene una distribución continua de energías (longitudes de onda).

Cuando los electrones de alta velocidad entran a las capas superficiales del blanco, son bruscamente frenados por interacciones con el intenso campo coulombiano del núcleo y son ---

desviados de su dirección original de movimiento. Cada vez - que el electrón sufre un cambio de velocidad o en dirección o ambos, se irradia energía en forma de rayos X.

La energía de los fotones X que se emiten dependerá del grado de desaceleración que ocurra. Si el electrón es llevado al reposo en una sola colisión, la energía del fotón resultante corresponderá a la energía cinética del electrón frenado y será la máxima.

Si el electrón sufre una colisión menos drástica, se producirá un fotón de energía menor.

Como pueden ocurrir muchos tipos diferentes de colisiones se producirán fotones de todas las energías, hasta ese máximo.

Esta es la razón para que el espectro de rayos X tenga -- una distribución continua. La máxima intensidad corresponde a una longitud de onda de aproximadamente 1.5 veces la longitud de onda mínima.

C) Las radiaciones características se producen de la siguiente manera: Cuando los electrones de alta velocidad chocan con el blanco, en un tubo de rayos X, pueden perder energía por colisiones con electrones de las capas internas de los átomos; como resultado de esto, de esos electrones, es expulsado de su órbita y del átomo, quedando vacante en esa órbita esta vacante es ocupada rápidamente por otro electrón emitiéndose la energía asociada a la transición, como un rayo X.

III. ABSORCION Y DISPERSION DE RAYOS X

A) Una de las propiedades más importantes de los rayos X es por supuesto, su alto poder de penetración. La extensión de la penetración depende de la naturaleza del material absorbedor y la energía de la radiación. Así cuando el haz de rayos X pasa por las primeras capas de un material dado, se absorberá un gran porcentaje de los rayos X más suaves o sea -- los menos penetrantes, cuando los rayos X pasan los espesores adicionales de absorbedor se eliminan más y más de los componentes más suaves.

B) Concepto de capa Hemirreductora

La calidad de un haz de rayos X puede describirse por su capa hemirreductora, que es el espesor de un material dado -- (usualmente aluminio o cobre) que atenúa el haz a la mitad de su intensidad original, dicha capa es función de su energía efectiva, la cual es, a su vez aproximadamente el tercio del kilovoltaje aplicado y es influenciada parcialmente por la naturaleza de la fuente de poder y crece cuando se agregan filtros.

La capa Hemirreductora (CHR) de un haz sin filtrar aumenta considerablemente al agregar más filtros, teniendo cada incremento de filtración adicional menos y menos efecto en la capa hemirreductora.

Así, la capa HR de un haz altamente filtrado, se altera muy levemente por filtración adicional y describe mejor la calidad del haz.

C) Dispersión de Rayos X

Cuando un haz de rayos X entra en un material absorbedor una parte de la energía del haz se absorbe y al mismo tiempo existe una remisión de rayos X en todas direcciones; así, el material absorbente se convierte en fuente de rayos X.

Los rayos X emitidos por el material absorbente son en general, de dos clases:

- a) Dispersados
- b) Radiaciones secundarias

ambas resultan de la colisión del haz primario con los átomos del material absorbente

a) Rayos X dispersados.- Son aquellos que han sufrido un cambio de dirección después de chocar con un átomo del material absorbente. Se emiten en todas direcciones pero su intensidad es mayor en la dirección inicial.

La intensidad y calidad de la radiación dispersada dependen del material dispersor, del ángulo de dispersión, de la energía e intensidad del haz incidente y del volumen irradiado.

b) Rayos X secundarios.- Se definen como aquellos emitidos por los átomos del material absorbente.

Son características del material absorbedor y de hecho son idénticos a los rayos X características emitidos por el mismo material, si se usara como blanco en un tubo de Rayos X.

Los rayos X secundarios se emiten sin preferencias en varias direcciones.

IV. EQUIPO PARA LA PRODUCCION DE RAYOS X

A) Tubo de rayos X; los componentes esenciales son:

- 1.- Un recipiente de cristal al alto vacfo, que contiene al ánodo y al cátodo.
- 2.- Una fuente de electrones que procedan del cátodo.
- 3.- Un blanco (o ánodo) colocado en la trayectoria de la corriente de electrones.

B) Tipos de tubo de rayos X

1.- Tubo de gas: un tipo primitivo de fuente de rayos X, fue el tubo de gas, que tenía un cátodo frfo; la calidad e intensidad de la radiación se controlaba por la presión del gas (aproximadamente 10^{-4} mm. de Hg. dentro del tubo.

Este tipo utilizó electrones liberados por el bombardeo del cátodo por iones positivos impulsados por la diferencia de potencial entre el cátodo y el blanco, dichos electrones se aceleraban después através del tubo hacia el blanco. El voltaje límite de operación era aproximadamente 50 Kv.

2.- El tubo del filamento caliente

a) Propiedades generales. El desarrollo del tubo del filamento caliente por Coolidge en 1913 significó un rápido avance en radiología, quizá el más importante desde el descubrimiento de los rayos X.

La mayoría de los tubos de rayos X en uso hoy día, son de este tipo. Aquí la mayoría de los electrones libres se --

emiten del filamento incandescente colocado dentro de un tubo al vacío y obtienen velocidad al acelerarlos através de un -- campo eléctrico.

Las ventajas del tubo de filamento caliente son:

- 1) La calidad e intensidad de la radiación, pueden controlarse independientemente.
- 2) El control de estos parámetros se efectúa por medios eléctricos simples.
- 3) Pueden obtenerse longitudes de onda e intensidades en -- intervalos bastante amplios.
- 4) Las características del tubo permanecen razonablemente - constantes durante toda su vida útil.

b) Suministro de energía.

Los altos voltajes necesarios para la operación del tubo de rayos X se obtienen empleando transformadores, la salida - de los cuales es siempre de corriente alterna.

Como los electrones deben fluir únicamente del cátodo al ánodo dentro del tubo, se hace necesario el empleo de un sistema de rectificación.

i) Autorrectificación:

Quando se aplica un voltaje alterno a dicho tubo los electrones fluyen solamente del cátodo al ánodo, en tanto que el - ánodo permanezca frío; si se calienta al ánodo el flujo de e- electrones se invierte durante el segundo medio ciclo y el cátodo se daña. Así el tubo autorrectificado se limita a bajas

corrientes y cortos períodos de operación.

ii) Rectificación con Válvulas:

El uso de válvulas (o tubos rectificadores) en el circuto de la fuente de poder, elimina el voltaje inverso en el tubo de rayos X. De este modo puede manejarse más potencia en el tubo de rayos X, la radiación neta se aumenta y el tiempo de exposición se acorta.

Existen muchos tipos de circuitos de fuentes de poder, - utilizando de una a cuatro válvulas. Los circuitos más comunes utilizados hoy en día emplean dos válvulas para rectificación de media onda y cuatro válvulas para rectificación de onda completa.

iii) Rectificación Mecánica:

Antes de que se inventaran los tubos "Válvula" la rectificación se hacía por medio de discos giratorios (similares a conmutadores), movidos por un motor sincrotrón.

El método es obsoleto, pero algunas unidades de rectificación mecánica están todavía en uso.

V Otras fuentes de rayos X

Los rayos X se producen también por máquinas de supervoltaje, tales como los generadores Van de Graff.

Los tubos electrónicos tales como pantallas de T.V.

Tubos rectificadores pueden servir como fuente accidental de rayos X.

A continuación se exponen algunas definiciones sobre radiación que se incluyen en esta tesis.

RAYOS ROENTGEN - RADIACIONES X - RAYOS X : Una forma de energía radiante con poder para penetrar substancias ordinariamente opacas y para producir imágenes de sombra en una película fotográfica. Se originan en el punto de impacto de los electrones sobre el ánodo y se dispersan en todas direcciones. Estos rayos son invisibles al ojo humano, tienen la velocidad de la luz, no pueden ser desviados por fuerza magnética tal como lo son los rayos catódicos y tienen una longitud de onda muy corta.

ROENTGEN (r): La UNIDAD INTERNACIONAL de cantidad o dosis de Rayos X o Gama se llamará en Roentgen, será la emisión corpuscular asociada por 0.001239 gramos, o un c.c. de aire, produce en el aire iones que acarrearán una unidad electrostática de cantidad de electricidad u otro signo. Un "r" produce 2.1×10^9 pares de iones, por gramos de aire.

KILOVOLT (kv): 1,000 volts; se refiere a la cualidad de penetración de las radiaciones X.

RADIACIONES BLANDAS: Radiaciones consistentes en longitudes de onda mayores. (Menor penetración).

RADIACIONES DURAS: Radiaciones consistentes en longitudes de onda corta (Mayor penetración).

Miliamperio (ma): 1/1,000 de amperio; se refiere a la can-
tidad de radiación X emitida del punto focal. Los tiempos de-
exposición se computan multiplicando el miliamperaje por los -
segundos de exposición y se refieren comunmente con las inicia-
les MAS o ma/seg.

RADIACION: Energía propagada através del espacio

ELECTRON: Una partícula que tiene aproximadamente ----
1/1845 de la masa del átomo de hidrógeno proyectada por el --
cátodo o por el filamento caliente de un tubo de rayos G, como
rayos catódicos.

RADIACION PRIMARIA: El rayo útil de radiación X que ema-
na del punto focal.

ABSORCION: El proceso por el cual la radiación comunica
algo a toda su energía a algún material através del cual pasa.

ESCAPE (DIRECTO) RADIACION: La radiación que escapa ---
atraves de las protecciones de la cabeza del tubo de la unidad
de rayos X. La radiación se percibe a los lados, parte supe-
rior, fondo o parte posterior de la cabeza del tubo.

RADIACION SECUNDARIA: La radiación emitida por cualquier
materia que se irradia con rayos X.

RADIACION DISEMINADA: La radiación que, durante su paso
atraves de una sustancia ha sido desviada. Es una forma de -
radiación secundaria, producida por materiales más ligeros que
el aluminio y por substancias orgánicas (pacientes).

RADIACIONES DESVIADAS: Las que emanan de partes del tubo distintas del punto focal.

RADIACION CARACTERISTICA: Cuando los rayos primarios se vuelven incidentes sobre un metal más pesado que el aluminio - la energía de la radiación primaria se transforma en una nueva radiación de longitud de onda relativamente más larga.

ESPACIOS OCUPADOS: El espacio que puede ocupar personas o material radiosensible, durante el tiempo de operación del equipo de rayos X.

VERIFICACION DE RADIACIONES: Exámen crítico de la cantidad de radiación cerca de una instalación bajo la supervisión de un experto calificado en Higiene de la Radiación.

PROTECCION: Las medidas aconsejadas para reducir la exposición de personas a la radiación. Para radiación externa, consiste en el uso de barreras protectoras hechas de material radioabsorbente, asegurando la distancia apropiada en relación con las fuentes de radiación, reduciendo el tiempo de exposición o en combinación con todos estos factores. Para fuentes internas, se refiere a medidas para restringir la inhalación, ingestión u otro medio de entrada de materiales radioactivos - al cuerpo humano.

HIGIENE DE LA RADIACION: El arte y ciencia de la protección del ser humano contra las lesiones por radiación, puesto que cualquier cantidad de radiación es dañina en cierto grado

el propósito principal es el de prevenir la exposición innecesaria de cualquier persona cuando no haya propósito médico definido.

EQUIVALENTE EN ALUMINIO: El espesor del aluminio que proporciona la misma atenuación, bajo condiciones específicas, -- como las del material en cuestión.

ATENUACION: La disminución en el grado de dosis de radiación, a su paso através de un material.

DELANTALES PROTECTORES DE PLOMO: Delantales hechos de -- materiales que contienen plomo metálico o compuestos de plomo -- con propósito de reducir los peligros de la radiación.

BARRERA PROTECTORA: Barrera de material absorbente de radiación, como el plomo, concreto u otros materiales usados para reducir los peligros de la radiación.

BARRERAS PROTECTORAS PRIMARIAS: Barreras que reducen el rayo útil hasta la dosis permitida o menor.

BARRERAS PROTECTORAS SECUNDARIAS: Barrera suficiente --- para reducir la radiación secundaria hasta la dosis permitida menor.

CAPA DE VALOR MEDIO: (x_{0.5}) El espesor del material absorbente necesario para reducir la dosis de un haz de rayos X a la mitad de su valor original. Una capa de valor medio reducirán la dosis a la cuarta parte; tres capas de valor medio a la octava parte, etc. La capa de valor medio de radiación ionizante depende no solo de la cantidad y de la forma de la

onda del potencial, sino también sobre la cantidad y calidad de los absorbentes a través de los cuales ha pasado la radiación.

CABEZA DEL TUBO DE RAYOS X: Parte del equipo que confina al tubo de rayos X y a la mayor parte de la radiación emergente, en el rayo útil.

DISTANCIA DEL CONO: La distancia entre el punto focal y el extremo externo del cono; se le designa en centímetros o pulgadas. Las unidades dentales de rayos X, tienen hoy en día conos de 5 a 20 pulgadas.

CONOS: Diafragmados apropiadamente, de acuerdo con su longitud, restringen el haz de radiación a la parte del objeto que se está examinando, disminuyendo así la radiación secundaria, limitando el volumen de área expuesta. El resultado es un aumento en el contraste, lo que produce un detalle roentgenográfico más claramente visible.

DIAFRAGMAS: Se trata casi siempre de hojas de plomo en el cual se limita al tamaño del haz de rayos roentgen en rebase del cono, la abertura del diafragma limita el tamaño del haz de rayos roenrgen en relación al área de exposición deseada. Con esto se reduce la cantidad de radiación secundaria general ya que solo está expuesta, la superficie mínima práctica del objeto, sujeto al paso de los rayos X.

FILTROS: Casi siempre se trata de hojas de aluminio puro

comercial colocadas en la base de los conos, usadas con o sin diafragma, para controlar o disminuir la radiación secundaria o para aumentar el factor seguridad. Puesto que la radiación X en el extremo de la onda larga del espectro es particularmente capaz de dañar, removerla de compuesto de haz de rayos X, por medio de filtración, aumentará el factor de seguridad. No resultará un aumento de los factores de exposición como resultado del uso de un filtro de aluminio de espesor apropiado. La combinación de la filtración añadida, un rayo colimado y -- una distancia mayor del cono aumenta materialmente el factor de seguridad tanto para el paciente como para el operador, al reducir la dosis sobre la piel y la radiación secundaria generada por el paciente.

FILTRO INHERENTE: La filtración proporcionada por la pared del tubo de rayos X y por cualquier parte de la armadura del tubo.

FANTASMA: El fantasma es un aditamento que absorbe y disemina los rayos X en forma aproximadamente a la de los tejidos del cuerpo. Puede estar hecho con un globo con agua, con hojas de madera y masonite, un saco de arroz, un coco u otra sustancia similar. Las lecturas hechas sin el fantasma o el fantasma en la posición de exámen, no tienen valor cuando el propósito es la protección del personal, debido a que no se toma en cuenta el efecto del cuerpo del paciente en la diseminación a través de la habitación.

DOSIS: La CANTIDAD total de radiación en roentgen en un --

punto determinado, "medido en el aire" y tiene el significado que la medición se hace en un punto determinado del campo radiado sin presencia del cuerpo humano.

DOSIS ABSORBIDA: La cantidad de energía impartida a una masa de material expuesta a la radiación.

CANTIDAD DE DOSIS ABSORBIDA PERMITIDA: La dosis total - máxima a la que se permite en una parte del cuerpo de una persona que sea expuesta continuamente o en forma intermitente, en determindo tiempo. Debe ser 0.1r (100 mr.) por semana. - El Comité Nacional sobre protección de la radiación, ha recomendado que la dosis máxima acumulada permisible, de una radiación total del cuerpo, no debe exceder de 5r. por año por persona que recibe exposición debido a su ocupación. Ya que esta es equivalente a un promedio de 0.1r por semana por un tiempo indefinido que se espera que no cause ningún daño apreciable - en alguna época durante su vida.

GRADO DE DOSIS MAXIMA PERMISIBLE (DMP): Grado al que la dosis de radiación puede ser permitido recibir con objeto de - que el máximo de dosis permitido no se exceda.

COMPROBACION EN AREA: Comprobación de rutina del nivel - de radiación sobre cierta área en particular, edificio, equipo en una habitación o espacio exterior.

COMPROBACION EN EL PERSONAL: Verificación sistemática - PERIODICA DE LA DOSIS DE RADIACION que recibe cada persona --- durante sus horas de trabajo.

COMPROBACION PERSONAL: En cualquier parte del cuerpo -- su aliento o excrecencia o cualquier parte de la ropa.

DOSIMETRO: Instrumento usado para verificar y medir una dosis acumulada de radiación; se usa comunmente una cámara de ionización del tamaño de un lápiz que lleva incorporado un -- electrómetro de lectura automática. Se sujetan a una bolsa de la ropa o cualquier otra parte en la persona. Indican en esca la microscópica, la radiación a la cual ha sido expuesta la -- persona, y si le advierten a tiempo contra la posible sobreexposición. Para la verificación personal en el consultorio den tal se recomienda el dosímetro de 0.200 mr.

PLACA DISTINTIVO: Placa fotográfica empaquetada para verificar las radiaciones que una persona puede recibir. Usualmente es del tamaño de una placa dental radiográfica y la lleva la persona sobre sí.

VAN DE GRAAF: (Robert Jemison), físico norteamericano. Na ció en 1901, creador de una máquina electrostática.

SINCROTRON: Acelerador utilizado para dar a las partículas atómicas cargadas, velocidades más altas que las obtenidas con ciclotrón; fue inventado por el físico Oliphant.

D.M.A.: Dosis máxima admisible

Q.M.A.: Cantidad máxima admisible

C.M.A.: Concentración máxima admisible

C.I.P.R.: Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones

E.B.R.: Eficacia Biológica Relativa

D O S I M E T R I A

Dosimetría.-Ciencia que se encarga de la medición de las radiaciones recibidas, para manejar con seguridad y precisión la cantidad de dosis absorbidas por el organismo.

En un mismo individuo, la sensibilidad varía también de unos tejidos a otros, los tejidos más sensibles de mayor a -- menor grado son: las gónadas, órganos elaboradores de la sangre, mucosa intestinal, médula ósea, ojos y piel.

Para protegerse contra las radiaciones externas existen métodos posibles, por ejemplo:

1) La reducción por absorción, que consiste en envolver la fuente de radiaciones con una capa adecuada de material -- aislante.

2) La reducción por alejamiento: Apartarse de la fuente de radiación.

3) Reducir el tiempo de trabajo

Dosis se refiere, tanto a la recibida por el cuerpo en su totalidad como a la correspondiente a un órgano en particular.

Dosis admisible se define como aquella dosis de radiación ionizante que, tiene una probabilidad casi nula de causar una lesión corporal apreciable en el individuo. Esto no significa que por debajo de una cierta dosis de radiación no exista posibilidad de que se produzca una radiolesión.

Como la duración de la exposición no está definida es necesario expresar la dosis en unidades de tiempo que por numero sas razones se ha elegido la semana como unidad.

La dosis semanal admisible es la que permite repetir el trabajo con emisores de radiaciones semanalmente con una duración indefinida, sin que produzca ninguna lesión corporal apreciable durante la totalidad de la vida. Esta dosis puede ser recibida en un segundo ó en cuarenta horas.

No obstante de conocerse los Rayos X desde 1895, fue --- hasta el año 1921 que se decidió definir una dosis máxima de tolerancia caracterizada por un patrón biológico reproducible y expresado, en lo posible, en unidades físicas.

En 1925 se constituyó la Comisión Internacional de Protección contra las Radiaciones* que llegó a ser la autoridad internacional en la materia.

En 1940 se definió correctamente la unidad Roentgen(r) y después la dosis de tolerancia externa de los rayos X y Gama fijada inicialmente en 1,000mr/semana reducida por etapas sucesivas a 300 mr/semana en 1950.

En la actualidad existe una reducción a 100 mr/semana como media anual.

La eficacia biológica relativa (EBR) se expresa en una unidad especial, el rem (roentgen equivalente para el hombre).

En 1954 surge la noción de órgano crítico y se calculan las concentraciones y cantidades máximas admisibles, con lo -- que se acepta que la irradiación no debe rebasar en ningún caso la dosis admisible externa, es decir 100 mr/semana.

La protección que al principio sólo se había considerado en función de la persona y en el curso de la vida de ésta, se

amplia ahora a su descendencia y a la población tomada en conjunto. Desde la concepción hasta los 30 años de vida NO DEBE SOBREPASAR EN NINGUN CASO el valor de 5 rem/año.

DOSIMETRIA O EL ARTE DE MEDIR Y CALCULAR LAS RADIACIONES RECIBIDAS

Cualquier dosis recibida de rayos X en principio es indeseable. Entendemos el concepto de "protección contra las radiaciones a todas las medidas que sirven para reducir al máximo la inevitable irradiación.

Para manejar con seguridad y precisión las radiaciones ionizantes es indispensable poder medir exactamente la cantidad de radiación ó dosis absorbida por la sustancia u organismo.

Esta dosis se mide en rads (radias). Un rad corresponde a la absorción de 100 ergios de energía radiante por 1gr. de materia.

En los tratamientos clínicos con rayos X y gama, los radiólogos utilizan otra unidad, el roentgen (r) y su submúltiplo el miliroentgen (mr) que se define como aquella cantidad de radiación producida en 1cm^3 de aire (a la presión y temperatura ambiente por $2,083 \times 10^9$ pares de iones), lo cual corresponde a la absorción de 83 ergios por gramo de aire ó 0.83 rads.

Esta unidad se mide fácil y exactamente por métodos eléctricos pero corresponde solamente a la energía absorbida por la capa de aire en contacto con la piel (ó dosis de exposi--

ción) y no a la dosis absorbida, que es la única que condiciona la importancia y naturaleza de los efectos radiobiológicos o radioquímicos. Sin embargo, el roentgen va bien para la radiología porque en condiciones de irradiación idénticas, la dosis de exposición media es proporcional a la absorbida por el enfermo para lograr el efecto terapéutico deseado.

Para una misma dosis de exposición de roentgens, en el aire que rodea al organismo, este puede recibir dosis absorbidas muy variables, según la naturaleza de la radiación y del tejido. La dosis absorbida (medida en rads) por las diferentes clases de tejidos varía en función de la exposición.

Aunque los efectos de las radiaciones nucleares nos sorprenden enormemente, no difieren nada de las ocasionadas por otros agentes químicos y físicos. Dependen, no solamente de la dosis recibida, sino también del modo como ésta se distribuye en función del tiempo (irradiación única más nociva que las irradiaciones repetidas) y del espacio (dosis local tolerada mejor que una irradiación general).

La noción de dosis máxima admisible (D.M.A.) empleada para calibrar la irradiación externa no es conveniente para las intoxicaciones provocadas por los radioelementos y se reemplaza por la cantidad máxima admisible (Q.M.A.) que puede soportar el organismo intoxicado y por la concentración máxima admisible (C.M.A.) en el agua potable ó en el aire que se respira de manera continua. El umbral tóxico se puede alcanzar, bien por ingestión única (C.M.A.) o bien por acumulación de pequeñas cantidades que penetran en el organismo con el aire o el agua si estos

contienen trazas de radioelementos.

La dosis admisible externa es decir 300 mr es la concentración admisible, que permite beber y respirar normalmente - sin que el riesgo suplementario debido a la presencia del radioelemento, pueda ser apreciable en el curso de la vida de una persona.

No existe dosis umbral para las mutaciones puesto que un solo par de iones puede ser eficaz, no puede definirse una -- verdadera dosis de tolerancia de inocuidad absoluta para el -- individuo irradiado y su descendencia, por tanto, desde el -- punto de vista de la protección, la exposición debe tomarse -- en el sentido bastante más amplio de que ésta es una dosis -- capaz de producir efectos "tolerables o despreciables" y por ello es más conveniente emplear la expresión "dosis admisible"

Para precisar más la D.M.A. no excluye la posibilidad de una radiolesión durante la vida del irradiado y de sus descendientes, pero la probabilidad de que ello ocurra es tan pequeña, que el riesgo puede ser fácilmente aceptado por los usuarios igual que se aceptan los que se derivan de otros accidentes, heridas, quemaduras, etc.

Numerosas experiencias sobre animales muestran que por -- debajo de 300 mr/semana de 4 hrs., es decir de 7.5 mr/hr., no se detecta ningún efecto biológico incluso después de varios años de exposición a la irradiación. Este valor ha sido elegido (por la C.I.P.R)* como dosis semanal admisible, con rayos X para los casos de exposición de todo el cuerpo a la ---

irradiación y en especial de los órganos formadores de la --
sangre.

Para los órganos críticos, la misma comisión ha adoptado
los valores semanales siguientes:

Gónadas	300 mr.
Ojos	300 mr.
Piel	600 mr.
Mano y Antebrazo	1,500 mr.

Además de la radiación evadida de los tubos Roentgen, la
intensidad de radiación en la sala de exploración, peligrosa
para el médico, es producida principalmente por radiaciones di-
fusas secundarias y terciarias. El paciente es generalmente
la fuente más importante de estas radiaciones difusas, pero -
también lo son los materiales de protección, los instrumentos
de exploración, las paredes, suelos, techos y todas las zonas
afectadas por la radiación difusa más o menos intensa.

La protección se realiza, bien por medio de pantallas --
sólidas, delantales de goma con plomo, cortinas del mismo ma-
terial, etc., todos ellos absolutamente necesarios. Son espe-
cialmente importantes las protecciones laterales junto a la -
pantalla radioscópica, no deben ser demasiado estrechas, a fin
de que se constituya un "área de sombra" suficientemente am-
plia.

Esta claro que todas las medidas sólo pueden mantenerse
con una estricta y consecuentemente disciplina en el trabajo,

y es una medida práctica proveer de medidores de la radiación a todo el personal.

PRINCIPIOS BASICOS SOBRE INSTRUMENTOS DE DETECCION

Antes de describir los instrumentos que utilizan los medios para detectar la radiación, es conveniente determinar los propósitos que deberán desempeñar.

Los instrumentos de monitoreo personal se diseñan para -- medir la exposición a la radiación total acumulada, en unidades tales que puedan relacionarse con la dosis absorbida; los instrumentos de monitoreo (no personales) se diseñan para medir mr/hr o cuantas por minuto (cpm).

Los instrumentos de laboratorio se diseñan principalmente para medir la actividad de una muestra en unidades relacionadas con el curie.

La detección y medida de la radiación debe hacerse con -- instrumentos, ya que el hombre no está provisto de sentidos -- capaces de responder a su presencia. Todos los procedimientos usados se basan en la propiedad que tiene la radiación de causar ionización.

Existen 5 clases de medios (de uso general) para la detec ción de la radiación, que son:

- A) Gases
- B) Emulsiones fotográficas
- C) Medios de Centelleo (fósforos)
- D) Medios de Descomposición química
- E) Medios Radiofotoluminiscentes

A) Instrumentos de ionización en gas

Los instrumentos para la detección de la radiación que se basan en el principio de colección de los iones que se forman por la acción de la radiación ionizante en un gas, comprenden la gran mayoría de los instrumentos actuales.

Regiones de respuesta de los instrumentos. Si se coloca una fuente variable de voltaje directo en un volúmen cerrado de gas y si se mide la rapidez de carga producida por una fuente constante de radiación en dicho gas (mediante un medidor externo), se observan cinco regiones de respuesta del instrumento conforme crece el voltaje a partir de cero.

1.- Región de Recombinación: En ésta primera región, los iones producidos por la radiación estarán urgidos por gradientes de voltaje muy bajos y tenderán entonces a recombinarse entre ellos en vez de emigrar a los electrodos y ser colectados.

Esta recombinación de pares de iones disminuye cuando se aumenta el voltaje aplicado y finalmente se hace nula cuando la intensidad del campo sea suficiente para colectar todos los pares de iones que se formen.

2.- Región de Ionización: Se inicia en el voltaje en que todos los iones formados se colectan. Si existe un incremento de voltaje arriba de la región de recombinación, existe un flujo de saturación (de iones), que es igual al número de iones producidos por la radiación que entra a la cámara.

Esta región da una indicación directa del número de iones producidos por una radiación dada, por lo que es eminentemente

capaz de indicar exposición total o índice de exposición.

Las cámaras de ionización no son sensibles a bajas intensidades de radiación, pero tienen la habilidad de medir grandes dosis a altas intensidades de radiación.

3.- Región Proporcional: Si el voltaje se incrementa todavía más, arriba de la región de cámara de ionización se notará que la colección de iones aumenta en relación con el número colectado en la región anterior; esta aparente anomalía (que se colecten más iones que los formados por radiación primaria) es el resultado de la fuerza creciente aplicada a los electrones que emigran al ánodo de la cámara. Cuando el gradiente de voltaje es suficiente alta para causar ionización secundaria en el gas, que ocasiona una amplificación de la corriente de iones primarios producidos por la radiación.

Los instrumentos proporcionales encuentran su mejor aplicación en la discriminación entre radiaciones alfa y beta.

Poseen una alta sensibilidad (debido a la amplificación del gas). Los contadores proporcionales se llenan usualmente con argón, metano o una mezcla de ambos y a veces aire.

4.- Región Geiger Mueller: (GM), si se incrementa el voltaje de operación arriba de la región de proporcionalidad, ocurrirá un incremento en la amplificación del gas, que se debe al aumento de la aceleración de los electrones y da por resultado una verdadera avalancha de ellos hacia el ánodo de la cámara. En esta región, tanto la rapidez de conteo producida por esta avalancha como la ionización específica de la partícula o fotón iniciales, son relativamente independientes del voltaje aplica-

de (en un intervalo limitado).

Los instrumentos que operan en ella tienen un factor de -- amplificación del gas del orden de 10^{10} . La región es extre-- madamente sensible a cualquier radiación que se produzca un -- par de iones cuando menos y consecuentemente pueden detectarse eventos individuales de ionización.

Los iones positivos producidos durante la avalancha de -- electrones se satisficieron las cargas negativas que existen -- en el cátodo, cuando se llenan las órbitas vacantes, se emite -- la radiación electromagnética, la cual puede ser como rayos X -- o ultravioleta; dicha radiación tiende a continuar la acción -- de descarga y mantener el período durante el cual el gas es -- esencialmente un medio conductor.

A fin de amortiguar esta acción de descarga se añade otro -- gas, llamado vapor amortiguador, usualmente de moléculas poli-- atómicas (acetato de amilo o alcohol etílico), que por efecto -- de la radiación no se disocian en partículas lo suficientemente -- pequeñas para continuarla avalancha.

Tiene una sensibilidad extremadamente alta y por conse-- cuencia, un intervalo reducido, debido al tiempo muerto de des-- carga, que es el tiempo durante el cual el tubo está conducién-- do y por tanto es insensible a cualquier otro evento de ioniza-- ción. Debido a la naturaleza de la descarga, no es posible -- discriminar los diferentes tipos de radiación en esta región; -- las cámaras GM se llenan usualmente con argón o helio (y un va-- por amortiguador) a una presión inferior a la atmosférica y -- opera entre 1000 y 3000 volts.

Los instrumentos GM ofrecen dispositivos indicadores extremadamente sensible para medir bajas intensidades de radiación.

5.- Región de Descarga Continua: Si el voltaje crece más allá de la región GM, se forma un arco en el gas y el sistema queda en estado de descarga continua.

Características de Operación.

De las cinco regiones de respuesta del instrumento, tres pueden utilizarse para detección de radiación:

La primera (ionización) de baja sensibilidad, pero amplio alcance ya que mide solamente la ionización primaria producida.

La sensibilidad se define como la propiedad de un instrumento para responder al tipo y energía de la radiación que va a medirse. El voltaje de operación para los instrumentos de cámara de ionización usualmente está entre 60 y 300 volts dependiendo del tamaño de la cámara y del gas de llenado.

B) Emulsiones Fotográficas:

El ennegrecimiento de una placa fotográfica por las radiaciones que emanan de un material radiactivo, fue el primer método utilizado para detectar la radiación nuclear.

El uso de películas para medir la radiación está actualmente reducido al monitoreo de personal expuesto, al monitoreo de área y para algunas radioautografías de materiales que contienen sustancias radiactivas. Las películas se utilizan también ampliamente en trabajos de investigación particularmente en el campo de los rayos cósmicos.

El modo de interacción de la radiación con una emulsión de

halogenuro de plata es por ionización, después de que una emulsión se ha expuesto a la radiación, no existe señal visible de cualquier cambio pero al revelarla, la imagen latente se convierte en un depósito negro de plata metálica.

La radiación causa un ennegrecimiento de la película (después del revelado) que puede relacionarse con el tipo, energía y cantidad de radiación recibida por la película.

Por ejemplo la película Dupont 502 puede utilizarse de -- 100 mr. a 10 R y la Eastman 548-0 (de doble capa) es adecuada - de 500 a 10,000 R.

C) Detectores de Centelleo:

Se utilizan medios centelleadores, aunque esta técnica -- fue usada desde 1900, su resurgimiento ocurrió recientemente, siguiendo al diseño mejorado de los tubos fotomultiplicadores y a la mayor facilidad de adquisición de materiales.

Operación:

El principio involucrado en la operación de los dispositi-
vos detectores de centelleo, se basa en la transferencia de --- energía de la radiación a una sustancia que responde a ella, re-
mitiéndola en forma de luz visible o radiación cercana, este --
pulso de luz, cuando es detectado por un tubo fotosensitivo, se
transforma en un pulso eléctrico.

Como la magnitud de cada pulso luminoso en el fósforo es -
proporcional (en un intervalo amplio) a la energía de la radia-
ción de los fósforos pueden utilizarse para obtener datos de la
distribución de energía.

Ventajas:

1.- Es posible detectar diferentes tipos de radiación combinando el fósforo utilizado con el tubo fotomultiplicador.

El sulfuro de zinc activado con plata se emplea ampliamente para la detección de radiación alfa.

Se requiere una gran cantidad de transferencia de energía por cristal para producir la emisión de la luz necesaria, por esta razón, los cristales responderán únicamente a las radiaciones más densamente ionizantes. El antraceno es, quizá el fósforo más ampliamente utilizado para medir la radiación beta aunque también se usan otras sustancias, tales como naftalina y el estalbeno.

Como la Radiación alfa también estimula a los cristales - se acostumbra cubrirlos con una capa delgada de aluminio para detener cualquier radiación alfa que pueda estar presente.

El yoduro de sodio, activado con talio, es quizá en la actualidad el detector más sensible a la radiación gama por lo que el rápido crecimiento y desarrollo de los dispositivos de conteo por centelleo se ha evidenciado con más fuerza en el campo de la detección de rayos X que en cualquier otro.

2.- Capacidad para medir actividades extremadamente altas sin las pérdidas debidas a tiempos muertos del fósforo.

D) Indicadores por Descomposición Química:

Como la radiación es capaz de causar ionización es posible utilizar la ionización producida en un sistema químico como indicación de la cantidad recibida, en donde los iones produci-

dos por la radiación se combinan químicamente para formar nuevos compuestos o para cambiar las características químicas que poseían antes de ser irradiados.

Un indicador típico de descomposición química es una mezcla de cloroformo y agua, la cual, cuando se expone a la radiación, produce ácido clorhídrico en proporción a la radiación absorbida.

La formación del ácido disminuye el PH, empleando el indicador que frecuentemente es el rojo de bromocresol y es posible conocer la dosis recibida por el sistema químico.

Un inconveniente de los sistemas de descomposición química es el hecho de que tienen una sensibilidad extremadamente baja se requiere el orden de 25 Roentgens antes de que sea detectable cualquier cambio químico inducido en cualquiera de los sistemas anteriores. Consecuentemente, estos sistemas se emplean para medir dosis de grandes fuentes de radiación o para propósito de monitoreo en la defensa civil.

E) Radiofotolumiscencia:

Es el fenómeno que exhiben ciertos materiales que florecen (después de que se han expuesto a la radiación ionizante) bajo la luz ultravioleta en una región espectral diferente a la región en que ellos florecen antes de la irradiación.

Una de sus propiedades, después de la irradiación, representa un cambio permanente en las características espectrales del material involucrado y por lo tanto, esta propiedad puede ser utilizada con ventaja en dosímetros de amplio intervalo.

Cuando se utilizan emulsiones fotográficas, indicadores de descomposición química o dosímetros fotoluminiscentes, puede hacerse una estimación de la exposición sin el empleo de dispositivos mediadores de corriente.

En el caso de emulsiones fotográficas el grado de ennegrecimiento se determina con un densitómetro.

En los dosímetros químicos la dosis de radiación se estima utilizando indicadores que cambien de color con el pH. La dosis que recibe un dosímetro radiofotoluminiscente se mide con un fluorómetro que indica la intensidad de la luz (de un intervalo espectral dado) emitida por el dosímetro cuando se expone a la luz ultravioleta.

Instrumentos para Monitoreo

Son similares a otros instrumentos de detección de radiación en sus características de operación un buen monitor debe ser:

- 1.- Portátil
- 2.- Resistente
- 3.- Sensible
- 4.- Confiable
- 5.- De construcción simple

1.- Lo portátil implica ser ligero y compacto con una asa para su transporte.

2.- La resistencia requiere que el instrumento sea capaz de soportar choques suaves sin sufrir daño.

3.- La sensibilidad que responda al tipo y energía de la radiación que deba medirse.

4.- La confiabilidad es el atributo que implica la capacidad de duplicar la respuesta bajo circunstancias semejantes.

5.- La simplicidad de la construcción implica un arreglo conveniente de sus componentes así como la simplicidad del circuito con partes que pueden reemplazarse fácilmente.

Raramente se encuentra un instrumento capaz de medir todos los tipos y energías de radiación que se encuentran en la práctica.

En cualquier operación de monitoreo se debe elegir el instrumento adecuado, usado inteligentemente y estar capacitado para interpretar los resultados de las lecturas obtenidas.

Descripción Física

En general, los monitores de cámara de ionización se utilizan para medir altos niveles de intensidad; su baja sensibilidad aumenta su capacidad para medir la radiación a mayores dosis e índices de exposición.

(1) Cámara de ionización: Son usualmente de un volumen de 500 a 800 c.c. y se llenan de aire a la presión atmosférica; la pared de la cámara y el tipo de material usado en su construcción determina los tipos de radiación para los cuales es sensible. Entre mayor sea la cámara, mayor será la sensibilidad del instrumento y mayor será también el voltaje necesario para su operación.

Prácticamente todas las cámaras tienen paredes conductoras que sirven como cátodo, mientras que los alambres montados en su centro, constituyen el ánodo; el voltaje de operación se

suministra con baterías y es del orden de 100 volts; la corriente que fluye está relacionada directamente al tipo, energía y cantidad de radiación que penetra en la cámara, con blindajes cambiables, tal como en el "Juno" es posible discriminar entre varios tipos de radiación.

(2) Circuito Electrónico.-Es realmente un amplificador de precisión, con circuitos de bulbos o transistores para amplificar la corriente de ionización, para que pueda medirse directamente con un microamperímetro.

La mayoría de los monitores tienen incorporado un sistema mediante el cual las características de amplificación del circuito pueden cambiarse por factores de 10, lo que facilita al operador al seleccionar el intervalo del instrumento y su sensibilidad.

Como el factor de amplificación del gas es la unidad, el circuito de amplificación se convierte en un problema, que no necesariamente debe presentarse en un instrumento GM; por otra parte, no existe el problema de amortiguar la descarga o de pérdidas por coincidencia.

(3) Carátula: Es usualmente un microamperímetro que registra la corriente amplificada y está generalmente calibrada en mr/hr o en el caso de monitores de contaminación "Samson", en cuantas por minuto.

La mayoría de los monitores tienen un switch selector, - marcado con "apagado", "espere", x1, x10 y x100.

La cámara de ionización no se gasta o sufre cambios en -

sus características como ocurre con los tubos GM., sin embargo el circuito de un monitor de ionización tiene más elementos -- que se desajustan si no se maneja adecuadamente (conexiones flojas y baterías débiles) pero pueden subsanarse rápidamente.

Estos instrumentos no se utilizan con indicación audible y se debe observar constantemente a la carátula.

Medidores de Condensador

Es un instrumento adecuado y exacto para calibración de rayos X, que por su naturaleza, miden dosis acumuladas. Consiste en un mecanismo cargador y varias cámaras para detección de iones; estas cámaras se cargan y se dejan en un campo de radiación durante un tiempo conocido, cuando se hace la lectura muestran la dosis total recibida durante el tiempo de exposición. Las cámaras de ionización para estos aparatos se obtienen desde 25 mr. hasta 250 R. y son independientes de la energía (2%) --- para rayos X de 30 a 400 kev., efectivos.

FACTORES USADOS PARA REDUCIR LA CANTIDAD DE RADIACION DEL PACIENTE DENTAL

A) Usando filtración máxima para absorber radiación de --
onda larga inútil.

B) Reduciendo el rayo primario de radiación el diámetro -
práctico más pequeño.

C) Usando las películas de rayos X más rápidas que se pue-
dan conseguir, por ejemplo, películas Eastman "Ultra-speed" y
Dupont "Lightning Fast".

D) Revelado completo de la película, usando reveladores de
la más alta energía, ie., revele 5 minutos por 68°, usando G.E.
"Super mix", o Eastman "Rapid - Kodak".

E) Usando los kilovoltajes más altos, para que sea posible
emplear la exposición más corta y la filtración máxima.

F) Use el cono más largo, distancia dentro de 14" a 20", -
maniovrable cómodamente en la oficina dental.

Ejemplos del resultado de la reducción del grado de dosis
cuando los factores antes mencionados se usan en combinación:

1.- 90 kvp/15ma unidad de rayos X; grado de dosis . . .0.7r/seg.
Inherente más filtración añadida.....3.0mm Al
Diámetro del rayo.....2 3/4 pulg.
Exposición máxima por película.....1/2 seg.
Películas Eastman "Ultra-speed" y Dupont
"Lightning Fast"
Revelando, 5 min. por 68°.....

- Distancia del cono.....16 pulgadas
 Suma hasta..... 0.36r por exposición
 14 películas x 1/2 seg. por exposición x 0.7 r/seg. es igual a
 4.0r exposición total de la piel
- 2.- 90kvp/15ma unidad de rayos X; grado de dosis....1.77r/seg.
 Inherente más filtración añadida.....3.0mm. Al.
 Diámetro del rayo.....2 3/4 pulg.
 Exposición máxima por película.....1/10 seg.
 Película Eastman "Ultra-speed" y Dupont
 "Lightning Fast".
 Revelando, 5 min. por 68 grados.....
 Distancia del cono.....8 pulgadas
 Suma hasta.....18r/exposición
 14 películas x 1/10 seg. por exposición x 1.77r/seg. es igual
 a 2.48r - exposición total de la piel
- 3.- 79 kvp/10ma unidad de rayos X; grado de dosis....0.4r/seg.
 Inherente más filtración añadida.....2.0 mm Al.
 Diámetro del rayo.....2 7/8 pulg.
 Exposición máxima por película.....1 1/4 seg.
 Películas Eastman "Ultra-speed y Dupont"
 "Lightning Fast"
 Revelando, 5 min. por 68°.....
 Distancia del cono.....16 pulgadas
 Distancia del cono.....0.5r/exposición
 14 películas x 1 1/4 seg. por exposición x 0.4 r/seg. es igual
 a 7r - exposición total de la piel

4.- 70 kvp/10ma unidad de rayos X; grado de dosis...1.39r/seg.
 Inherente más filtración añadida.....3.0 mm Al.
 Diámetro del rayo..... 2 3/4 pulg.
 Exposición máxima por película.....1/5 seg.

Películas Eastman "Ultra - speed" y Dumont

"Lightning Fast"

Revelando . 5 min. por 68°.....

Distancia del cono.....8 pulgadas

Suma hasta.....0.28r/exposición

14 películas x 1/5 seg. por exposición x 1.39 r/seg. es igual
 a 3.89 r - exposición total de la piel.

Añadiendo 0.5 mm de filtración Al. el grado de dosis bajará
 un 27% o más.

Tipo de Unidad de Rayos X	Grados Máximos (kvp/ma)	Filtración inherente Al. Equival.	Para películas Rápidas Mínimas Rinn & Ifi.
GE-90	90/15	1.5	1.0
GE.70	70/10	1.5	1.0
GE-CDX(Modelo E)	65/10	1.4	1.5
Ritter 8	65/10	0.25/0.5	1.0/1.25
Ritter, Dual-X	70/10	0.5	1.0
Ritter E 85/15	90/10	1.8/2.2	0
Universal	65/10	0.5	1.0
Weber 6A	65/10	1.0	0.5
Weber 7	70/10	1.0	0.5
Weber 7A	70/10	1.0	0.5
Weber 6-R	70/10	1.5	0
Weber 11	70/10	1.5	0
Weber 12	90/15	1.5	1.0
XRM, Modelos 2 & 3	70/10	.75	1.0
(Antes de 1956)	80/15	2.0	0
(Después de 1956)			
XRM, Modelo 90			
Phillips Oralix	45/5	1.0	0
Westinghouse	70/10	0.7	

Factor que va a cambiarse	Cambio en tiempo de exposición	Cambio en dosis p/rel calculada	Cambio en contraste de la película
1) de 0 a 1.75 mm Al. Filtro añadido	0% a 42.5% Aumentar	27% a 57.1% Reducción	Mejoría Perceptible
2) De 3.5 a 2.75 del diámetro en pulgs. del rayo X a 7" del blanco	Ninguno	38.3% Reducción	Mejoría Perceptible
3) De velocidad intermedia a película ultra rápida	79.0% Reducción	79.0% Reducción	Ligera Disminución
4) De 3 a 5 min. Tiempo de revelado a 68°F con revelador de alta energía	20.0% Reducción	20.0% Reducción	Mejorado más oscuros los negros
5) De 65 Kvp a 90 Kvp.	640% Reducción	28.0% Reducción	Ligera Disminución
6) De 0 a 0.35 mm cu. + 0.50 mm Al. Filtro añadido	510% Reducción	83.7% Reducción	Gran Disminución
7) De 7.5 pulgs. a 16 de distancia del cono	400% de aumento, aprox.	Casi 80% Reducción	Mejorado

DAÑOS BIOLÓGICOS PRODUCIDOS POR RAYOS X

Con el aumento del uso de la radiación en la práctica dental es de recomendarse precaución y restricción en su uso, con propósito de diagnóstico.

Se aconseja revisar los métodos de trabajo periódicamente para obtener resultados satisfactorios con menor radiación, -- porque es de mucha importancia que los profesionales de la Odontología sepan el peligro que implica el manejo arbitrario y sin método de la radiación X, ya que ésta es capaz de producir daños biológicos. En nosotros no existen órganos sensibles para detectar la presencia de radiación en el ambiente para permitir una acción evasiva y es difícil determinar las cantidades de -- los radioelementos presentes en el cuerpo y como el daño por radiación es acumulativo deberán tomarse en cuenta todas las fuentes de exposición.

El hecho que la radiación ionizante produzca daño biológico, se ha conocido desde principios de 1902, que fue reportado el primer caso de cáncer inducido por rayos X.

En un mismo individuo, la sensibilidad varía de unos tejidos a otros; el tejido más afectado es el de las gónadas (ovarios y testículos), siguen órganos elaboradores de sangre, --- ojos, piel manos y antebrazos.

Existe una amplia variación de la sensibilidad de diferentes células a radiación. En general las células que se multiplican activamente son más sensibles que aquellas que tienen -- menor actividad, esto indica que las células de los individuos

Jóvenes ó de los fetos serán más sensibles que las de los adultos.

Con la sola excepción de mutaciones benéficas, muy poco -- frecuentes, la radiación es siempre dañina a las células y/o tejidos.

Para exposiciones cortas, los efectos biológicos observados siguen usualmente cierta secuencia y se puede clasificar siguiendo a la radiación y antes de que ocurra el primer efecto detestable, existe un breve lapso de tiempo, conocido como:

a) Período latente.- Representa el intervalo de tiempo hasta que es posible detectar el daño, y son aquellos que aparecen en cosa de minutos, días ó semanas y se consideran agudos. Este período puede atribuirse a la interdependencia de las células, -- así pueden ser demostrables, la inactivación de las enzimas, la desnaturalización de las proteínas esenciales, etc.

La teoría respecto al período latente es que las células -- deben recobrase de la inhibición mitótica causada por la radiación, y cuanto mayor sea la dosis más pronto aparecerá la lesión en la práctica, excluyendo los accidentes y las negligencias, -- las dosis son pequeñas y el período latente para algunos de estos efectos puede ser largo (25 años o mas) y se denominan efectos -- a largo plazo. Durante o inmediatamente después pueden observarse ciertos efectos discretos mediante exámenes microscópicos en los tejidos.

b) Período de efectos demostrables en células y tejidos.- Uno de los fenómenos que se observan más frecuentemente en tejidos en desarrollo expuestos a la radiación, es la cesación de --

mitosis o división de la células, esto puede ser temporal ó -- permanente dependiendo de la dosis de radiación.

Otros efectos que se observan son:

- Rompimiento de cromosomas
- Hacinamiento de cromatina
- Formación de células gigantes u otras mitosis anormales
- Incremento en la granulación del citoplasma
- Cambios en las características del color
- Cambios en la actividad del movimiento ciliar
- Citolisis
- Vacualización
- Alteración en la viscosidad del protoplasma
- Alteraciones en la permeabilidad de la pared celular

Evidentemente esto representa solo una fracción de los efectos celulares que ocurren y deberá puntualizarse que muchos de estos efectos pueden duplicarse individualmente con otro tipo de estímulos. Sin embargo, la gama completa de los efectos no pueden reproducirse por ningún agente químico aislado, aparte esto no admite experimentación. Se hace notar que el único grupo de agentes que están cerca de multiplicar los efectos de la radiación, es el grupo de la mostaza nitrogenada.*

Después de la radiación tiene lugar cierto porcentaje de recuperación.

c) Período de recuperación.- El cual se manifiesta particularmente en el caso de los efectos agudos.

Existe sin embargo un daño residual que no tiene recupera-

ción y es precisamente la base para los efectos a largo plazo.

DETERMINANTES DE LOS EFECTOS BIOLÓGICOS

A) Cantidad total de radiación absorbida.- La dosis es sinónimo de la cantidad de radiación absorbida en el tejido, es una función de muchas variables, incluyendo el tipo de radiación la energía de la radiación y la sustancias que sea irradiada, generalmente el alcance de una radiación dada es inversamente proporcional a la densidad del material absorbedor.

B) Rapidez (Índice) de Absorción.- La rapidez a la cual la radiación se administra ó se absorbe, es lo más importante en la determinación de los efectos que puedan ocurrir. Como en los efectos agudos ocurre un considerable grado de restauración, una dosis dada producirá menor efecto si se fracciona, - que si se aplica en una sola exposición.

Con la mayoría de los efectos a largo plazo, sin embargo como no existe restauración, la rapidez de absorción es probablemente más importante.

C) Area Expuesta.-Ordinariamente, cuando se hace referencia a dosis ó exposición, por ejemplo: Nivel máximo permisible de exposición ó dosis letal media, se requiere significar una dosis promedio al cuerpo total, pueden aplicarse grandes dosis de radiación en áreas locales como terapia, con pequeño daño, pero son letales si estas mismas dosis se aplican al cuerpo entero. Existe evidencia que los órganos hematopoyéticos (Bazo, médula ósea, etc.), son los órganos más radiosensibles cuando se irradia el cuerpo total y que cualquier protección de estos órganos contra la exposición, disminuye considerablemente el

efecto al cuerpo total.

D) Sensibilidad relativa de las células y tejidos.- Existen varias generalizaciones que nos permiten predecir el grado de radiosensibilidad de un tipo particular de célula ó tejido.

Las células más activas y de crecimiento más rápido tienden a ser más radiosensitivas en los tejidos y células menos especializadas o menos diferenciadas.

En general, el núcleo de una célula es más radiosensitivo que el citoplasma.

Observaciones experimentales determinan estas generalizaciones y aceptan esta lista en orden decreciente de radiosensibilidad:

- 1.- Tejido linfático, particularmente linfocitos
- 2.- Células sanguíneas inmaduras que se encuentran en la médula ósea.
- 3.- Células que revisten el canal gastrointestinal
- 4.- Células de las gónadas; los testículos son más radiosensibles que los ovarios.
- 5.- Piel, particularmente la porción alrededor de los folículos capilares
- 6.- Células endoteliales, vasos sanguíneos y peritoneo
- 7.- Epitelio del hígado y suprarrenal
- 8.- Otros tejidos, incluyendo hueso, músculo y nervios, (en ese orden).

E) Otros factores.- Existen intrínsecos y extrínsecos que influyen la intensidad el efecto de la radiación, entre estos

pueden mencionarse el estado de nutrición, la tensión del oxígeno y la rapidez metabólica.

EFFECTOS CLINICOS OBSERVADOS

Efectos Agudos

1.- La "Enfermedad de Radiación" es un término utilizado para designar los síntomas complejos que ocurren en pacientes sometidos a radioterapia. Los síntomas característicos - incluyen:

- Náusea
- Vómito
- Anorexia
- Pérdida de peso
- Fiebre
- Hemorragia intestinal

- Y son usualmente más severos cuando la radiación incide sobre el abdomen.

2.- "Síndrome de Radiación Aguda" es el síntoma complejo originado por la exposición del cuerpo total a una gran dosis de radiación en un período corto de tiempo. Los efectos - probables más inmediatos por la exposición aguda al cuerpo - - - total, pueden resumirse así:

DOSIS AGUDA

EFFECTO PROBABLE

0--25 R

No hay lesión aparente

25--50 R

Cambios posibles en la sangre
sin lesiones serias

50--100 R

Cambios en las células sanguíneas, lesión parcial, no incapacidad

100-200 R	Lesión, posible incapacidad
200-400 R	Lesión e incapacidad, posible muerte
400 R	Fatal en un 50%
600 R	Fatal

La respuesta sistemática del individuo irradiado se debe:

- 1) Productos tóxicos producidos por los tejidos dañados y
- 2) Alteraciones en las funciones de los órganos, producidas más directamente por la radiación:

a) Interrupción de la producción de granulocitos (glóbulos blancos) en la médula ósea y

b) Rompimiento de la barrera intestinal por daños en el epitelio

c) Factores secundarios respecto a la lesión del órgano son:

- Invasión bacterial
- Deshidratación
- Desnutrición

El resultado es la destrucción de tejido en todo cuerpo.

EFFECTOS A LARGO PLAZO

Pueden manifestarse como resultado de una exposición aguda o prolongada. Los que aparecen después de años, décadas y en algunas ocasiones generaciones posteriores, y los efectos a largo plazo de las exposiciones prolongadas son de máxima importancia.

I Carcinogénesis.- En alguna forma, cuyo mecanismo no se conoce, la exposición a la radiación incrementa la incidencia de ciertos tipos de cáncer en el hombre.

La primera evidencia de esto fue la manifestación de cánceres en la piel en el lugar en donde se recibieron quemaduras repetidas con rayos X, en los trabajadores que iniciaron estos experimentos; desde entonces, se han demostrado varias relaciones entre la exposición a la radiación y la incidencia del cáncer -- por ejemplo la ocurrencia de tumores en el hueso, en los decoradores de carátulas luminosas de radio para relojes, la incidencia incrementada de leucemia en los físicos que utilizaron rayos X y entre los supervivientes japoneses de Hiroshima, el aumento de incidencia de cáncer en la tiroides y leucemia en ciertos pacientes tratados terapéuticamente con rayos X.

Se postulan varias hipótesis:

1) El daño y recuperación repetidos parece influir en algunos casos

2) La ocurrencia de mutaciones en las células somáticas

No se ha establecido un umbral para este fenómeno

II Acortamiento de la Vida.- Numerosos datos sobre animales han establecido que la exposición a la radiación produce una aceleración en el proceso de la edad, resultando un acortamiento no especificado de la vida. Los animales simplemente envejecen más rápidamente y mueren más temprano, por causas indistinguibles de aquellos animales no irradiados.

III Producción de mutaciones genéticas.- Las mutaciones ge-

néticas han ocurrido desde que apareció la vida en este planeta. De hecho los procesos de evolución han ocurrido a través de mutaciones genéticas y por selección natural, cuando ocurre la selección natural sin interferencias, las mutaciones indeseables que constituyen la gran mayoría, tienden a desaparecer, mientras que el pequeño número de mutaciones deseables tienden a través de un largo período de tiempo, a incrementar en número. Hoy en día, sin embargo, la selección natural en la raza humana ya no se realiza en una forma no restringida: el propio proceso de la civilización ha tendido a reducir la selección natural y a preservar - las mutaciones deseables que ocurren.

La evidencia establece que no existe umbral para los efectos genéticos de la radiación; cualquier exposición está acompañada por la producción de mutaciones y el número de mutaciones - producidas es proporcional a esta exposición. Así en términos de efectos genéticos, no existe tolerancia o dosis segura de radiación.

IV Efectos Embriológicos y de Desarrollo.- Intimamente ligados a los efectos genéticos, existen ciertos efectos embriológicos y de desarrollo que ocurren como resultado de exposición --- directa de los gametos, cigotos u organismo en desarrollo o que pueden ocurrir en una exposición de la madre embarazada, al exponer directamente al feto.

Se ha determinado, en numerosas ocasiones, que las dosis terapéuticas de radiación suministradas a una mujer embarazada, pueden producir la muerte del feto o el nacimiento de un niño

anormal. En general un feto humano de más de seis semanas de gestación, parece ser menos sensible que uno de 0 a 6 semanas.

El grado de anormalidad varía casi directamente con el --- tiempo de exposición y con la dosis.

No se ha definido un umbral de exposición necesario para producir estos efectos.

V Otros efectos.- a) Efectos de Fertilidad.- La radiación es capaz de reducir la fertilidad, pueden observarse efectos que van desde una disminución en la fertilidad, hasta esterilidad permanente.

b) Inducción de cataratas.- La irradiación del ojo ha mostrado la formación de cataratas, que aparece después de la exposición de rayos X.

PROTECCION RADIOLOGICA

La debida protección deberá llevarse a cabo ante todo por la cautela y el interés que se demuestre en este problema, el conocimiento de los peligros de la radiación debería ser incluido en la mente y actos de los operadores.

Los métodos de protección más importantes que un dentista debe esforzarse de alcanzar en su práctica, son:

- a) La perfección en sus procedimientos Roentgenográficos
- b) La protección física

Cuanto más reducido el consultorio, más atareado el operador y mayor la necesidad de protección y conocimiento de los riesgos de la radiación; a saber:

I La radiación primaria emitida por el cono de rayos X.- El escape que sale por los lados, la tapa, el fondo o dorso - de la cabeza del tubo y

II La radiación secundaria dispersa proyectada en todas direcciones por la cabeza del paciente y cabecera del sillón.

Empleando precauciones sencillas y prácticos auxiliares físicos, estos azares, pueden reducirse a mucho menos de la dosis máxima lícita de hecho, o quedar eliminados por completo.

La dosis recibida por el personal, puede reducirse así:

- 1.- Interponiendo barreras protectoras entre la fuente de radiación y las personas.
- 2.- Trabajando a buena distancia de dicha fuente
- 3.- Colimando el rayo y usando mayor filtración

4.- Empleando películas rápidas de alto KVP de lento revelado a fin de tener exposiciones más cortas, y por fin.

5.- Permaneciendo por más corto tiempo que sea posible en la inmediata vecindad de la fuente de radiación.

Las barreras primarias se emplean para proteger al operador contra la radiación.

Las barreras secundarias, más la debida distancia, eliminan la exposición a la radiación difusa protegiendo además, al personal que se encuentra ocupado en las habitaciones adyacentes al cuarto de Rayos X.

Para más absoluta protección del operador, se emplea un resguardo o pantalla de plomo como barrera, ésta contiene una hoja de plomo de 2 mm. (1/16 de pulgada aproximadamente) de espesor y una ventana de vidrio emplomado. La pantalla debe tener, por lo menos 30 pulgadas de ancho y 6 pies de alto, debiendo quedar entre el operador, la cabeza del paciente y la cabeza del tubo de radiación.

El aparato regulador debe estar situado de tal modo que el operador quede de pie directamente detrás de la pantalla al efectuar la exposición, esta pantalla aún quedando a solo 30 pulgadas del paciente, permitiría que el operador efectuase aproximadamente 1500 estudios radiográficos de 14 exposiciones cada uno por semana, sin salir de la dosificación actualmente recomendada de 100 miliroentgenes semanarios.

Omitiendo tal pantalla, la exposición lícita se alcanzaría al cabo de medio día de trabajo aún cuando el operador se encon

trara alejado de la cabeza del paciente y del aparato de rayos X, por toda la extensión del cable regulador.

Es importante recordar que la radiación emana de un punto en el tubo de radiación para espaciarse en todas direcciones.

A pesar de que algunas cabezas de tubos están debidamente protegidas. Sin embargo la radiación es emitida desde una base en forma de cono, siendo el punto focal.

Como la radiación viaja más allá de la cabeza del tubo, el haz en forma de cono aumenta conforme crece la distancia, de modo que a una distancia de 6 pies de diámetro del haz puede alcanzar 36 pulgadas. Por consiguiente, el operador sin experiencia o aquel que cree que las pequeñas unidades de rayos X para dentistas son perfectamente seguras, suele exponerse, por inadvertencia a demasiada radiación, aún si permanece a un lado del aparato de rayos X.

El operador nunca debe sostener la película en la boca del paciente, ni permitir que lo haga su ayudante, porque adquirida esta costumbre se puede repetir hasta volverse rutinaria que conduce a la línea de peligro antes de que se noten sus efectos.

Si no se utiliza la pantalla de plomo, el operador debe -- permanecer lo más alejado posible del paciente. Los cables de los aparatos reguladores deben ser más largos midiendo de 12-24 pies para que el operador pueda salir del cuarto y pararse detrás de una pared.

La intensidad de la radiación sigue la ley del cuadrado invertido que establece lo siguiente:

Al aumentar la distancia de la fuente de radiación, la intensidad decrece en proporción del cuadrado de la distancia.

El hecho de que la intensidad de la radiación vaya efectivamente reduciéndose conforme va aumentando la distancia puede aprovecharse con beneficio, para construir barreras secundarias y para reducir la dosis cutánea administrada al paciente. Con 6 pies o más de distancia entre la fuente de la radiación y las paredes existentes, el resguardo de plomo, no necesita tener más de 0.8 mm. de grueso. Puesto que las hojas de plomo se venden por peso, haciendo caso omiso del grueso, que tengan, sa reducción puede hacer una diferencia considerable en el costo que implica el desarrollo de la necesaria protección.

Si las paredes son de concreto de 3 1/2 pulgadas o más de grueso, no es necesario agregar mayor protección.

En algunos casos, si las distancias son lo suficientemente grandes, se ha demostrado, que las paredes ordinarias de yeso bien pueden dar la protección suficiente.

El cono largo o de extensión llevando el debido diafragma es el factor que se acostumbra usar para reducir la dosis cutá

nea del paciente. En este caso repito que reducir la intensidad de los rayos y aumentar la distancia es una práctica ventajosa, este factor combinado con la filtración adicional, del cono o la cabeza del tubo, no solo reduce la dosis cutánea del paciente en 27 a 43% según el rendimiento en "r", del equipo, sino que reduce considerablemente la cantidad de radiación difusa generada por el paciente.

La filtración agregada, ofrece un método práctico para proteger a la vez, al dentista y al paciente, sin que importe la distancia a la cual se ponga el cono.

En un equipo de rayos X dental, se hace uso de un circuito rectificador que dá por resultado una radiación que fluctúa entre cero y el máximo de alcance del kilovoltaje, el factor KPV controla el largo de onda o sea la cantidad de radiación penetrante.

En cuanta de rayos X producidos por las ondas largas (o radiación suave), tiene el poder de penetrar hasta la película. Estos cuanta no sirven para ningún propósito útil deben ser filtrados o eliminados, esto se logra utilizando un filtro de aluminio puro en el rayo primordial.

En un equipo de rayos X el cristal de tubo y el aceite el cual baña el tubo, actúan como el equivalente de 0.5 mm. de aluminio. Si se agrega una hoja de aluminio de 0.5 a 1.0 mm. de grueso actuando como filtro, la radiación de ondas largas estarán notablemente eliminadas, sin aumentar el tiempo de exposición. La placa de aluminio se coloca detrás del diafragma

de plomo, de modo que obture la apertura.

El filtro no afecta las radiaciones mayores (más fuertes) puesto que tiene el poder de penetrar hasta la película.

El peligro de los daños causados por la radiación de tipo más penetrante, se reduce considerablemente, puesto que la radiación de alta energía es relativamente menos ionizante.

La dosis cutánea y la cantidad de radiación difusa, puede ser reducida, además utilizando ciertos factores roentgenográficos y fotográficos empleados conjuntamente resultan en exposiciones más cortas, un contraste (long scale) en los roentgenogramas, y desde el punto de vista económico, menor número de películas movidas.

Al emplear la escala de kilovoltaje más elevada para radiografías orales y manteniendo el consiguiente procedimiento de cámara oscura, los tiempos de exposición se acortan automáticamente y se obtiene mayor escala de contraste en los roentgenogramas factor muy deseable para la interpretación, puesto que la película contiene ahora una mayor riqueza en detalle de la estructura dental.

Con una distancia de cono aumentada, se impone el uso de película rápida. Su uso no presenta problemas puesto que las películas actuales son de grano fino y se consigue un detalle muy preciso usando el cono de extensión junto con exposiciones de corta duración.

Las películas "rápidas" tienen emulsiones de 5 a 7 veces más rápidas que las películas de velocidad "intermedia".

Hoy día es posible usar una película con un tiempo de exposición en fracciones de segundo.

Los reveladores concentrados, también ofrecen ventajas de corta exposición y una mayor profundidad de contraste, especialmente cuando se usa revelado completo. Se puede reducir hasta un 25% del tiempo de exposición.

Se consigue una mayor profundidad de color con un revelado completo.

La tabla siguiente nos da tiempo y temperatura indicada para distintos tipos de película rápida.

Revelado.-

- 2 1/2 min. a 75° F.
- 3 min. a 74° F.
- 3 1/2 min. a 73° F.
- 4 min. a 72° F.
- 4 1/2 min. a 71° F.
- 5 min. a 70° es la recomendada ya que permite un medio segundo de reducción del tiempo de exposición.
- 5 1/2 min. a 69° F.
- 6 min. a 68° F.
- 6 1/2 min. a 67° F.
- 7 min. a 66° F.
- 7 1/2 min. a 65° F.

Esta variación tiene límites definidos debido a que ciertas sustancias químicas no reaccionan a temperatura menor de 65° F., y debido al peligro de producción de imagen reticulada

o sombreados cuando la temperatura es mayor de 75° F.

Es recomendable el estudio sanguíneo periódico puesto que el dentista o radiólogo es responsable de su propia protección los primeros exámenes deberán ser hechos en 2 días sucesivos a una misma hora y si estas 2 cuentas iniciales, muestran marca da diferencia, debe hacerse una tercera prueba, estas cifras -- servirán como base para futuras comparaciones.

A las personas que tengan una cuenta de glóbulos blancos - inferior a 4,000 no se debe permitir tomar más radiografías.

Para las personas que traen en la bolsa películas para --- protección el período no debe ser mayor de un año. El personal que no lleve las películas evidenciadoras, el intervalo no debe exceder de 6 meses los estudios sanguíneos.

Debe insistirse en la gráfica que se obtiene con exámenes sanguíneos seriados más que un examen sanguíneo aislado.

La reducción a 2,000 en los glóbulos blancos, puede indicar lesión por radiación.

Se puede proveer de medidores de la radiación al personal, durante las exploraciones, que producen una señal acústica de - alarma cuando se sobrepasa la intensidad permitida, de forma que quedemos inmediatamente prevenidos cuando se penetra en un área de radiación demasiado intensa.

Existen otros tipos de dosímetros:

1) El dosímetro de película, quizá el más práctico, aunque menos exacto, es posible evaluar la exposición a la radiación - da. la cual debe trabajar el personal.

Esto usualmente proporciona material suficiente para inferir el valor de la dosis absorbida; después, si tales inferencias se materializan con los datos de un dosímetro o cámara de bolsillo y la información del índice de dosis dada por un instr, emp, motor, se puede finalmente llegar a estimar una dosis próxima a la verdadera.

2) Dosímetros de Bolsillo, los instrumentos de este tipo - pueden constituirse suficientemente resistentes para soportar las sacudidas de la actividad humana normal; son bastante pequeños para ser usados cómodamente y son muy útiles para medir exposiciones.

Los dosímetros usualmente se constituyen de modo que la -- de flexión máxima corresponda a 200 mR, aunque también pueden - construirse para otras sensibilidades. La ventaja predominante es que puede leerse en cualquier momento sin la ayuda de un lec- tor-cargador suplementario, simplemente dirigiéndolo hacia una fuente de luz y mirar a su interior.

3) Cámara de Bolsillo, es similar en forma y tamaño a una pluma fuente; el cambio en la carga se mide en una escala que puede calibrarse en miliroentgens. La ventaja de esta unidad es su bajo costo comparado con el de un dosímetro.

Una pequeña cantidad de polvo o impureza en un aislante - de alguno de estos instrumentos, puede ser suficiente para des- cargarlo completamente, y por consecuencia, deberán mantenerse absolutamente limpios. El dejarlo caer o moverlo bruscamente ocasionará algunas veces, la descarga del instrumento.

C O N C L U S I O N E S

- 1.- No existen órganos sensibles para detectar la presencia de radiación en el ambiente para permitir una acción evasiva.
- 2.- El Tejido más afectado es el de las gónadas, órganos elaboradores de la sangre, ojos, piel, hueso, músculo y nervios.
- 3.- La radiación es capaz de reducir la fertilidad y llegar a la esterilidad permanente.
- 4.- El operador NUNCA debe sostener la película en la boca - del paciente.
- 5.- Existe un período latente antes de que los efectos de radiación se manifiesten, el cual puede variar de unos pocos días, décadas y aún generaciones.
- 6.- Existe alguna recuperación de los efectos agudos de la radiación pero (probablemente) no para el daño producido por los efectos a largo plazo.
- 7.- Los efectos a largo plazo tienden a ser similares a los padecimientos normalmente presentes en la población y - consecuentemente es difícil establecerlos como resultados de la exposición.
- 8.- El daño por radiación, debido a los efectos a largo plazo es ACUMULATIVO e independiente de la fuente de radiación.

ción.

- 9.- La magnitud de los efectos de radiación depende de la dosis total acumulada.
- 10.- No existe dosis umbral o sea que cualquier dosis por pequeña que sea produce algún daño.
- 11.- Las exposiciones a la radiación se dividen arbitrariamente en agudas y crónicas de acuerdo con su rapidez de absorción.
- 12.- La reducción del área (del cuerpo) expuesta a una dosis dada de radiación, reduce el efecto producido por esa dosis.
- 13.- Existe una amplia variación en la sensibilidad de diferentes células a la radiación.
- 14.- Producción de mutaciones genéticas y producción de cáncer.
- 15.- Aceleración en el proceso de la edad, resultando un acortamiento no especificado demostrado en animales de experimentación.
- 16.- Fuentes de exposición médicas y dentales se consideran la mayor fuente artificial de exposición a la población.
- 17.- Desde la concepción a los treinta años de vida NO DEBE SOBREPASAR EN NINGUN CASO los 5 Rem./año.
- 18.- Es recomendable el estudio sanguíneo PERIODICO para propia protección.

19.- Debe reducirse la exposición a la radiación a los niveles más bajos posibles en vez de ajustarse a un límite arbitrario.

20.- Formula para calcular la dosis a cualquier edad superior a los 18 años.

$$D = 5 (N - 18) \text{ siendo:}$$

D = Dosis máxima permisible

5 = Cantidad probable de rems recibidos por año.

N = La edad expresada en años cumplidos

21.- Obviamente deben establecerse normas para la exposición, pero el criterio debe ser el de exposición mínima en cualquier circunstancia.

22.- Recordemos que en la actualidad, está prescrito el filtro base de 2 mm. de Al. y que los tubos Roentgen deben estar previstos para distancia mínima foco-piel de 35 cm.

23.- Si no se utiliza pantalla de plomo, el operador se puede parar detrás de una pared de 3 1/2 pulgadas de concreto, - mínimo.

24.- Es INUTIL exponer el filme demasiado tiempo

25.- Se debe hacer uso de dosímetros al hacer las exploraciones.

26.- El acceso a la sala de Rayos X debe mantenerse CERRADO -- durante la radiación.

- 27.- En caso de que existan varios equipos de Rayos X en una sala estos NO DEBERAN USARSE SIMULTANEAMENTE.
- 28.- Solo bajo estricta necesidad de diagnóstico se expondrá a una radiación X a un paciente y NUNCA POR DECISIONES DE CARACTER ADMINISTRATIVO O DE RUTINA.
- 29.- Se deberán emplear todos los métodos de diagnóstico antes de los Rayos X y por NINGUN MOTIVO SE UTILIZARA EN NIÑOS MENORES DE 12 AÑOS. (Art. 49 del Reglamento de Seguridad Radiológica).

B I B L I O G R A F I A

Radiología Odontológica
Gómez Mataldi
Ed. Mundi S.A.I.C. y F.
2a. ed. 1975

Manual de Diseño, Planeación y Construcción de Instalaciones
Radiológicas
Departamento de Radiaciones S.S.A.
1979

Reglamento de Seguridad Radiológica para el uso de equipos de
Rayos X tipo Diagnóstico
Diario Oficial del 25 de abril de 1978

Riesgos Genéticos de las Radiaciones Médicas
Seelentag W.
Revista: Crónica de la O.M.S.
1975

Reglamento de Protección Radiológica
Instituto Nacional de Enfermedades Neoplásicas

Investigación de riesgos en las Instalaciones de Radiodiagnós-
tico Dra. Isabel Gavín Aguilar
S.S.A.

Manual Práctico para el uso de Rayos X Médicos y Dentales con
Control de Riesgos de Radiación

Radiografía Dental
Richard C'Obrie
Ed. Interamericana
3a. ed. 1979

Radiografía Dental
Arthur Wuchrmann D.M.D.A.S.
Ed. Salvar Editores S.T.
2a. ed.

Centro especializado de Rx.
Durango # 90
Col. Roma

Radiological Protection in Dental Practice
Department of Health and Social Security