

# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ODONTOLOGIA



**"RADIATIVIDAD Y PROTECCION RADIOLOGICA"**

**T E S I S**

Para obtener el Título de

**CIRUJANO DENTISTA**

**P r e s e n t a**

**ADA LINDA MORENO DAVID**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

# RADIOACTIVIDAD Y PROTECCION RADIOLOGICA

## INTRODUCCION.

### I.- ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CLINICA DE RAYOS X.

- 1.- Características de los Equipos que Emiten Radiación.
- 2.- Instalaciones para Alojar Equipos que Emiten Radiación.
- 3.- Manifestaciones de la Radiación.

### II.- LA RADIACION Y SUS PELIGROS.

- 1.- Efectos sobre el Tejido Viviente.
- 2.- Fuentes de Radiación.
- 3.- Dosis y Control de la Radiación.

### III.- HERIDOS Y EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACION.

- 1.- Daños Somáticos.
- 2.- Daños Genéticos.

### IV.- PROTECCION CONTRA LA RADIACION EN LA PRESCRIPCION DE EXAMENES RADIOLOGICOS.

- 1.- Radiografía Dental.
- 2.- Radiografía Médica.
- 3.- Legislación de la Radiación.

## INTRODUCCION

En 1895 Wilhelm Conrad Roentgen experimentando con un tubo al vacío produjo un rayo invisible capaz de penetrar substancias opacas a la luz. En el curso de un experimento durante el cual cubrió el tubo con papel negro grueso, advirtió que este rayo penetraba el papel y causaba brillo en una pantalla fluorescente. Cuando se colocaban determinados objetos entre el tubo y la pantalla, sus sombras se imprimían en ésta. Experimentos posteriores demostraron que estos rayos oscurecían la emulsión de la película fotográfica en la misma forma que la luz. Roentgen encontró que estos rayos penetraban muchas substancias y que la sombra o imagen de dichas substancias podía ser registrada en una placa fotográfica. Esto ocurría también con el cuerpo humano, y las sombras de los diversos tejidos orgánicos; piel músculo y hueso, podían ser registradas en la película. Incapaz de definir la naturaleza exacta de esta radiación, la nombró "Rayos X".

Una de las responsabilidades del Cirujano Dentista, es la de tomar radiografías para ayudar en el diagnóstico y planeación del tratamiento de los pacientes. Este procedimiento es sumamente técnico y requiere la máxima concentración de su parte debido a que los rayos X pueden producir reacciones altamente perjudiciales en el cuerpo humano. Es necesario un conocimiento cabal de la técnica correcta de manera que ninguna radiografía resulte inaceptable por fallas del operador; puesto que al exponer de nuevo las zonas, la cantidad de radiación absorbida cuando la película errónea se expuso no puede eliminarse del paciente.

Todas las personas que empleen equipos de rayos X deben -  
contar con capacidad y conocimiento no solo en la técnica, sino-  
también en los medios de protección para evitar una exposición -  
excesiva.

## I.- ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CLINICA DE RAYOS X

### 1.- Características de los equipos que emiten radiación:

Los rayos X son vibraciones atómicas y su origen se explica en la siguiente forma: Cuando un electrón libre, animado de gran velocidad, choca dentro de un átomo pesado, con otro electrón satélite, haciéndolo pasar de una a otra de las órbitas profundas del átomo, se produce un desequilibrio energético dentro de éste (átomo), que se manifiesta exteriormente por la emisión de una radiación X.

(Cuando tales choques ocurren en órbitas superficiales, por menor velocidad del electrón libre, se originan radiaciones electromagnéticas de mayor longitud de onda: rayos ultravioleta, luminosos, infrarrojos, etc.).

Los rayos X, que forman parte del espectro electromagnético, son invisibles y tienen como límite 5 Å y 0,01 Å.

(El angstrom o Å equivale a una diezmillonésima de milímetro ó 0.000.000.1 ó  $10^{-7}$ . La relación entre 1 Å y un milímetro es la misma que hay entre un milímetro y 10 kilómetros).

Además de la característica e importante propiedad de atravesar los cuerpos que tienen los rayos X, también tienen otras importantes propiedades, que han determinado su aplicación en medicina, son las siguientes:

- 1) Atacan las sales de plata (haluros): fundamento de la radiografía.
- 2) Excitan la fluorescencia de determinadas sustancias: base de la radioscopia.

3) Su absorción por los medios biológicos se traduce — en modificaciones celulares: irritabilidad, inhibición o destrucción, según la dosis; motivo de su utilización terapéutica o radioterapia. Esto implica, además, la necesidad de su manejo controlado.

Respecto al mecanismo de acción de los rayos X (y del resto de las radiaciones electromagnéticas), se explica sobre la base de la teoría mixta corpuscular-ondulatoria, según la cual — aquellos estarían integrados a la vez por ondas y fotones o — — — "cuantos" (porciones de energía).

Este doble carácter de partícula-onda (que, por otra parte, ha sido comprobado experimentalmente), permite calcular la energía de una radiación (fotón) según la simple fórmula de Plank:

$$\text{Energía del fotón} = h \times v$$

Dónde h es una constante y v representa la frecuencia — de la radiación:

Siendo por otra parte constante la velocidad: 3000.000-kilómetros por segundo (igual para todas las radiaciones electromagnéticas) cuando aumenta la frecuencia disminuye la longitud de onda.

Los rayos X son radiaciones de gran frecuencia (muy pequeña longitud de onda), con respecto a otras radiaciones electromagnéticas (luminosas, ultravioleta, etc.), tienen comparativamente mayor poder ionizante (impacto de los fotones X), poder a su vez causa de las propiedades antes citadas.

Conceptos elementales sobre electricidad:



Electrón.- Es la partícula elemental de la electricidad. Está rodeado constantemente por un campo eléctrico y durante su desplazamiento (corriente eléctrica), adquiere momentáneamente otro campo magnético.

Tensión.- Los electrones tienen igual carga eléctrica (negativa), y por eso se repelen entre sí. De esto resulta que cuando mayor sea la cantidad de electrones que contenga un conductor (mayor proximidad de ellos), más intensa resultará la fuerza que trata de separarlos. Tal fuerza se denomina tensión o potencial.

Campo eléctrico.- Lo constituye el espacio (distancia) hasta dónde se manifiesta la tensión.

Corriente eléctrica.- Al ponerse dos cuerpos en comunicación, si uno tiene exceso de electrones (negativo) respecto del otro que tiene menos electrones (positivo), la tensión del primero tratará de compensar la del segundo, motivándose el desplazamiento de los electrones desde el negativo hacia el positivo. Esta corriente de electrones es lo que se conoce como corriente eléctrica.

Polos.- Se denomina polo negativo ( - ) o cátodo el extremo o punto por el cual salen los electrones de un cuerpo y en contraposición, polo positivo ( + ) o ánodo el extremo o punto por el cual entran.

El desplazamiento de los electrones (corriente eléctrica-rayos catódicos), se hace desde el polo negativo o cátodo ( - ) hacia el polo positivo o ánodo ( + ).

Corriente alternada.- Cuando los polos de una fuente eléctrica se mantienen invariables (sin cambiar de signo) durante

su funcionamiento, la corriente resulta unidireccional o directa, como ocurre en las pilas; en cambio, cuando varían de signo, funcionando alternativamente los polos como negativos y positivos (como lo hacen en los dínamos), la corriente también experimentará variaciones de sentido, denominándose alternada.

En radiología interesa particularmente la corriente alternada.

Conductores.— Según su comportamiento como transmisores de la corriente eléctrica, los cuerpos se clasifican prácticamente como buenos o malos conductores. Entre los buenos conductores figuran los metales y entre los malos conductores los no metales -- (porcelana, plásticos, aceites, minerales, etc.). Los malos conductores también reciben el nombre de aisladores.

Es necesario tener en cuenta que no hay aislación absoluta, ya que ni aún el vacío puede considerarse como tal.

Quando la diferencia de tensión resulta suficientemente elevada, supera la distancia entre dos conductores separados en el vacío, saltando los electrones desde el polo negativo hacia el positivo, tal como ocurre dentro de un tubo de rayos X.

Fuerza electromotriz.— A mayor diferencia de tensión entre dos conductores se producirá mayor velocidad de repulsión de los electrones. Esta energía cinética se denomina fuerza electromotriz y se mide, como la tensión, en voltios ( V ).

Una pila común, de las empleadas en linternas, radios a transistores, etc., tiene aproximadamente una fuerza electromotriz de 1.5 V.

En radiología se utiliza el kilovoltio ( KV ) que repre-

venta mil voltios. Los tubos radiográficos dentales funcionan con diferencias entre 45 y 100 KV.

Intensidad - Amperaje.- La cantidad de electrones que se desplazan por sección de un conductor, durante un segundo, constituye la intensidad o amperaje de una corriente.

La intensidad se mide en amperios ( A ).

En radiología se utiliza particularmente el miliamperio- ( mA ), esto es, la milésima parte del A.<sup>3</sup>

La intensidad de la corriente de alta tensión (rayos catódicos) que circula por un tubo dental varía, según el aparato, - entre 5 y 20 mA.

Resistencia.- Es la mayor o menor oposición que ofrece - un conductor al desplazamiento de los electrones, o sea, a la corriente eléctrica. La resistencia se mide en ohms u ohmios ( ).

Variaciones de resistencia.- La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección:

$$R = \frac{L}{S}$$

La resistencia varía también de acuerdo con la naturaleza del conductor; esto se llama resistencia específica.

El filamento de los tubos radiógenos se fabrica con tungsteno, por la gran resistencia específica y el alto punto de fusión de este elemento (aproximadamente 3.000°C):

Potencia.- La potencia de una corriente (trabajo eléctrico por tiempo) corresponde al producto del voltaje por el amperaje. El producto de  $V \times I$  constituye el vatio o watt ( W ), que es-

la unidad de potencia.

Ley de Ohm.- Los tres factores que intervienen en la corriente eléctrica: intensidad, fuerza electromotriz y resistencia, se encuentran íntimamente relacionados en la Ley de Ohm, que se anuncia así: La intensidad es directamente proporcional a la fuerza electromotriz e inversamente proporcional a la resistencia:

$$I = \frac{E}{R}$$

Efecto Joule.- Al pasar por un conductor la corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor (calentadores, estufas, etc.). Este fenómeno se conoce como efecto Joule.

La cantidad de calor que se produce por efecto Joule resulta directamente proporcional a la intensidad al cuadrado, a la resistencia, al tiempo y a un factor constante. Esto es, de acuerdo con la fórmula: calor =  $I^2 \cdot R \cdot t \cdot K$ .

Efecto Edison-Richardson.- Cuando por efecto Joule se lleva a la incandescencia un conductor en el vacío, del conductor se desprenden y se mantienen alrededor electrones libres formando el llamado "vapor de electrones". Este fenómeno no constituye el efecto Edison-Richardson, denominado así por haber sido descubierto y comprobado empíricamente por T. A. Edison y estudiado por O. W. Richardson, físico inglés.

Por el filamento (cátodo) de los tubos dentales pasa una corriente de varios amperios, la cual provoca su calentamiento e incandescencia con la consiguiente producción de vapor de electrones.

## Aparato Radiográfico

Circuito eléctrico.— Sobre la base de los conceptos anteriores pasaremos a describir el mecanismo mediante el cual se producen artificialmente los rayos X.

Esencialmente, el circuito eléctrico radiógeno está integrado por transformadores y tubo.

En la mayoría de los aparatos actuales, los transformadores y el tubo van ubicados dentro de una unidad blindada denominada "tanque" y sumergidos en aceite el cual actúa a la vez como aislante y refrigerante.

Transformadores.— La reversibilidad de los fenómenos eléctricos y magnéticos permite la construcción de dispositivos especiales llamados transformadores, con los cuales es posible modificar una corriente eléctrica, aumentando el voltaje y disminuyendo el amperaje o viceversa, aumentando el amperaje y disminuyendo el voltaje, sin modificar prácticamente su potencia.

Un transformador consiste en dos arrollamientos de hilos conductores (bobinas) separados por un núcleo de hierro. Un arrollamiento es de hilo grueso y corto, de pocas espiras (vueltas), y el otro es de hilo largo y fino, con gran número de espiras. El funcionamiento de un transformador ocurre así: La corriente alterna que pasa por una de las bobinas llamada primaria, se eleva progresivamente en un sentido hasta llegar a su máximo, descendiendo a continuación hasta cero, para repetir en sentido contrario el mismo fenómeno. En esta forma, el campo magnético que ella determina a su alrededor experimenta una variación de intensidad y un cambio de signo (cuando la corriente, alterna, cambia de signo o

sentido). Estas modificaciones inducen otra corriente también alterna en la segunda bobina o secundario.

La relación entre los voltajes de la corriente inductora e inducida depende de la relación entre el número de espiras del primario y el secundario o relación de transformación.

En los transformadores que se utilizan para aumentar el voltaje, el número de espiras del arrollamiento secundario es mayor que el del primario; así, por ejemplo, en un transformador de alta tensión (kilovoltaje) la relación de espiras puede ser de 1:300. En cambio, en los transformadores que se utilizan para aumentar el amperaje (y lograr los efectos Joule y Edison-Richardson) el secundario tiene menos espiras que el primario.

Tubo radiógeno.— El tubo es la parte vital y específica del aparato de rayos X; constituye esencialmente un acelerador de partículas: los electrones.

El tubo termoelectrónico o de cátodo incandescente fue ideado por el ingeniero W. D. Coolidge, de la General Electric, en 1912. Consiste en una ampolla de vidrio (fénico o pirax), dentro de la cual se ha logrado un vacío del orden de billonésimos de atmósfera; en este vacío se encuentran enfrentados dos electrodos de forma diferente: el cátodo ( - ), productor de electrones, que consiste en un filamento en espiral (de tungsteno) rodeado de una pantalla o pared (de molibdeno) denominada pieza de concentración o copa focalizadora; y el ánodo ( + ), receptor de electrones, llamado corrientemente anticátodo, formado por un grueso cilindro de cobre, certado a "bisel" frente al cátodo; esta pared frontal lleva encastrado un bloque de tungsteno (el agregado de 5 o 10% de Renio da mayor resistencia al "desgaste" que provoca el bombardeo -

electrónico), para blanco o impacto de los rayos catódicos; el cilindro, por su extremo opuesto, sobresale de la ampollita de vidrio, lo que facilita su refrigeración (radiador térmico):

En síntesis, la función del tubo consiste en:

- 1) producir vapor de electrones,
- 2) acelerar éstos contra (choque) el anticátodo (efecto de Forest),
- 3) emitir rayos X.

#### Funcionamiento de la relación transformadores-tubo;

Para su funcionamiento, el tubo se halla unido a dos transformadores: uno de alta tensión y otro de baja tensión:

Haciendo funcionar el transformador de baja tensión, que se halla unido al filamento del cátodo ( - ), al pasar por él una corriente de gran intensidad ( 3 a 5 A ), por el efecto Joule se provoca su incandescencia, con la consiguiente producción de vapor de electrones. Una vez logrado ésto, si entra en funcionamiento el transformador de alta tensión, durante el paso de la corriente alterna de alta tensión, es decir, cuando dicha corriente le haga en sentido filamento-anticátodo (media onda), los electrones libres (vapor) se desplazarán a gran velocidad hacia el anticátodo. Simultáneamente, la pieza de concentración, por acción electrostática concentrará los electrones bajo la forma de un estrecho haz (rayos catódicos), forma en que chocarán en la superficie focal o blanco de tungsteno.

El desequilibrio energético que provoca el choque de los rayos catódicos (electrones libres) sobre los electrones satélites de las órbitas profundas de los átomos de tungsteno, origina la -

emisión de rayos X.

### Rectificación de la corriente alternada. Emisión de rayos.

Por la construcción/disposición de cátodo ( - ), anticátodo ( + ), para que funcione el tubo, la corriente debe "pasarle" sólo en sentido cátodo ( - ) anticátodo ( + )!

### Autorrectificación.

En los aparatos dentales convencionales la corriente alternada llega directamente al tubo, y éste (construcción/disposición) solo deja pasar intermitentemente la media onda durante la cual el filamento del cátodo actúa como polo negativo ( - ) y el ánodo o anticátodo como polo positivo ( + ), situación que se traduce en que la emisión de rayos X no sea continua sino intermitente o discontinua.

Hay que señalar que en éstos circuitos denominados autorrectificados, el doble "trabajo" (simultáneo) que se "obliga" a efectuar al tubo uno adicional; autorrectificar la corriente o deválvula rectificadora y otro específico; producir rayos X, exige un mayor consumo de energía (aumento de temperatura) con la consiguiente disminución de rendimiento.

Media onda.- Mediante la colocación en el circuito AT-tubo, de 1 ó 2 válvulas o semiconductores rectificadores, se logra también el paso de media onda de la corriente alternada y la producción intermitente de rayos X como en la autorrectificación, pero con la ventaja de que esto se hace independientemente del tubo, con lo cual el tubo trabaja solo y libremente en su función específica.



Rectificación completa.- Con la distribución en el circuito del tubo, de 4 rectificadores, al aprovecharse la onda inversa (que se pierde en los circuitos anteriores) se logra menor intermitencia entre picos de onda mayor rendimiento menores tiempos de exposición. Aquí es interesante señalar, que según Selman, con un circuito de rectificación completa, utilizando iguales Kilovoltaje, miliamperaje, distancia, etc., se logra los mismos resultados radiográficos (densidad) con un tiempo de exposición diez veces menor que con otro circuito autorrectificado.

De la trifásica - Con condensador.- Mediante la aplicación de rectificadores a un circuito con corriente trifásica, o utilizando (en un circuito con corriente monofásica común), la descarga de un condensador se puede alimentar el tubo con una corriente unidireccional con mínima "ondulación" (mínima diferencia entre Kilovoltaje mínimo y máximo), con lo cual éste emite una radiación X próxima a lo ideal o monocromática (longitud de onda única).

Tubos de ánodo giratorio.- Otro tipo de tubo (con cátodo incandescente), empleado por sus ventajas en medicina y que también es usado en odontología (aparatos para cefalometría, etc.), es el tubo de ánodo giratorio. En este, mediante un motor eléctrico especial, se logra que el ánodo (en forma de hongo o disco "biselado"), gire sobre su propio eje (aproximadamente a 3,000 r.p.m.) con lo cual su superficie se desplaza ofreciendo distinto lugar al choque de los electrones.

El giro se hace sobre rodamientos de metal autolubrificante (plata, plomo) ya que el vacío provocaría la gasificación, dentro del tubo, si se utilizaran lubricantes extraños.

En otras palabras, los tubos de ánodo giratorio se diferencian de los de ánodo fijo, en que; en éstos últimos el calor desarrollado por el choque de los electrones se concentra en la mínima superficie focal estática; en cambio, en los de ánodo giratorio el calor se distribuye en amplia superficie móvil (corona), con lo cual el metal (tungsteno) puede soportar de 10 a 20 veces mayor carga sin que llegue a fundirse. Este sistema de refrigeración permite utilizar focos más reducidos con mayor carga.

Debe señalarse que, aunque la superficie de emisión varía continuamente, el foco ubicado en el "bisel" (inmediato al borde del disco giratorio), permanece fijo en el espacio, ya que el trayecto (dirección) de los rayos catódicos (electrones) permanece también invariable.

En resumen, el tubo de ánodo giratorio tiene la ventaja técnica de permitir simultáneamente reducir los focos y aumentar la potencia.

#### Elementos complementarios del circuito básico.

El circuito básico, representado por tubo-transformadores, se complementa con el agregado de una serie de accesorios cuyo objeto es controlar la emisión de rayos X y proteger el circuito.

Interruptor General.— El circuito de rayos X (aparato), se pone en conexión con la red eléctrica general por medio de un interruptor bipolar. De este modo, cuando no se utiliza el aparato puede ser separado totalmente de la red general.

Lámpara Piloto.— En la mayoría de los aparatos, la conexión con la red general se controla visualmente mediante la lumi

nosidad de una pequeña lámpara, simple accesorio que evita dejar conectado el aparato durante el tiempo en que no se usa (muchas horas) y, también, "no utilizarlo" mientras está desconectado.

Voltímetro.-- Este instrumento generalmente se coloca en relación con el primario del autotransformador (escala en voltios).

Compensador.-- A fin de compensar las variaciones temporarias que experimenta la corriente de la red general, se emplea un autotransformador que, manejado su primario (desde un dial colocado en el panel) permite compensar la falta o exceso de voltaje de la corriente de la red general. La información sobre esta falta o exceso se conoce a través del voltímetro.

Cronorruptor.-- Entre el autotransformador y el transformador de alta tensión se coloca un interruptor cronométrico o cronorruptor. Este accesorio (cuando está conectado al circuito), permite que, durante segundos o fracciones de segundo, circule por el tubo la corriente inducida de alta tensión, con la consiguiente producción de rayos X (emisión).

Los cronorruptores pueden ser mecánicos (mecanismo de relojería) o electrónicos. Los primeros son inseguros, pues no permiten controlar con exactitud los tiempos de exposición (emisión); hay variaciones entre los tiempos de uno y otro de ellos.

En cambio, los electrónicos representan accesorios de precisión.

Miliamperímetro.-- Para conocer la intensidad de la corriente de alta tensión (cátodo-anticátodo), se intercala en el circuito del tubo un miliamperímetro; el cual indica el miliamperaje promedio (no el máximo o pico).

Cuando este aparato de medida (que sólo informa mientras se producen rayos) indica que el miliamperaje no es el adecuado (mayor o menor), es posible corregirlo actuando sobre el reóstato de calefacción.

Reóstato de calefacción.- Un reóstato, o sea, una resistencia variable permite modificar la intensidad (Ley de Ohm)- de la corriente de baja tensión que pasa por el filamento y con ello aumentar o disminuir el número de electrones libres (vapor de electrones más o menos "dense").

Control del kilovoltaje.- En los aparatos dentales más completos, es posible variar también el kilovoltaje de la corriente de alta tensión (aceleración de los electrones libres) lográndose con ello modificar, dentro de sus límites útiles, la penetración (calidad de los rayos X).

Estabilizadores.- Las variaciones momentáneas o fugaces de la corriente de la red general, que oscilan comúnmente alrededor de un 5%, al escapar al control del compensador se traducen en alteraciones de la penetración y pueden redundar en perjuicio de las radiografías. Tales variaciones se evitan mediante estabilizadores, que son sistemas automáticos eléctricos que mantienen invariable el kilovoltaje cuando ya ha sido controlado.

Protección del circuito.- Como además de las variaciones citadas de la corriente de la red general, pueden presentarse otras bruscas, incontrolables, que pueden aún atentar contra la integridad del circuito, se protege ésto de tal contingencia mediante fusibles u otros dispositivos automáticos (más complicados) que lo separan de la red general cuando tales variaciones pasan los límites de seguridad.

Toma a tierra.- Como medida indispensable de protección contra el peligro eléctrico para el paciente y el operador, es necesario poner el aparato (circuito) en conexión con tierra mediante una derivación (más segura mediante soldadura), a una cañería de agua corriente.

## 2.- Instalaciones para alojar equipos que emiten radiación:

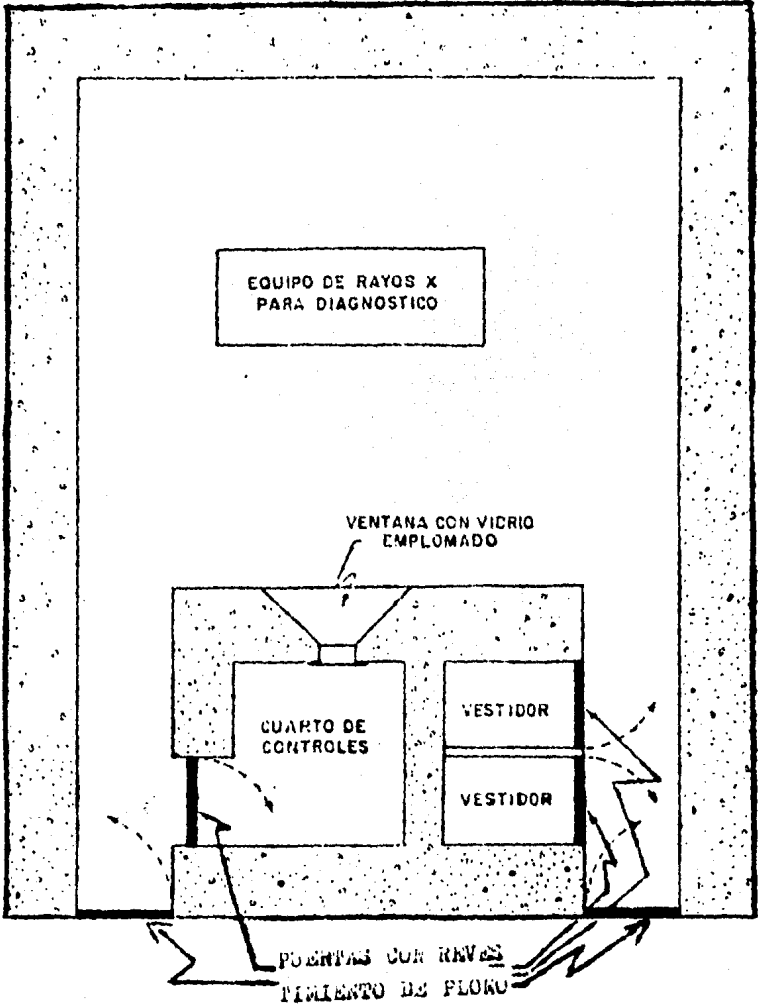
Los cubículos para alojar equipos de rayos X deben estar protegidos con plomo; para evitar el paso de la radiación al exterior.

Todos los muros, pisos y techos expuestos directamente al haz útil tendrán una "protección primaria". En los muros, esta protección se colocará, como mínimo, hasta una altura de 2.10 m. sobre el nivel del piso.

El tablero de controles o puesto de mando del operador, donde se opere el equipo emisor, se localizará en un cuarto separado, o cabina, protegido con blindaje fijo que intercepte el haz útil y la radiación dispersa. Las cabinas de control que se encuentran dentro del cuarto de radiografía, deberán tener puertas, paredes y techos con los espesores equivalentes de protección indicados para los muros.

El cuarto o cabina de control contará con dispositivos para observar al paciente. Si se instala una ventana, ésta tendrá el espesor de vidrio de plomo equivalente a la protección requerida en los muros adyacentes; además, esta ventana deberá tener las dimensiones y posición necesarias para que el operador pueda observar al paciente durante la exposición, sin tener que abandonar el área protegida.

Se debe contar con dispositivos adecuados para que el operador, sin abandonar el área protegida, pueda comunicar instrucciones verbales al paciente.



### 3.- Manifestaciones de la Radiación:

Desde los comienzos de la radioterapia se apreció que la irradiación generalizada o localizada del organismo daba lugar a manifestaciones patológicas generales, a parte del cuadro local determinado. La afectación del estado general por las radiaciones puede tener lugar según alguna de éstas tres circunstancias:

a) Reacción general del organismo a la aplicación local de las radiaciones realizada con fines terapéuticos. En este caso, durante o después del tratamiento pueden aparecer trastornos del estado general que son hasta cierto punto inevitables y que constituyen el cuadro clínico conocido con el nombre de "pequeño mal de rayos" y más comúnmente denominado roentgenkater o radiotoxemia.

b) Como consecuencia de irradiaciones totales masivas, producidas experimentalmente en animales, o bien fortuitamente en el hombre, comprendiendo los síndromes hiperagudo y agudo de irradiación.

c) Reacción general del organismo a pequeñas dosis repetidas durante mucho tiempo. Es el síndrome crónico de irradiación, que se da preferentemente en las personas que profesionalmente están expuestas continuamente a las radiaciones.

Después de la acción de la radiación ionizante sobre el organismo, pueden aparecer efectos generales que en su conjunto se denomina "roentgenkater" (o "intoxicación por los rayos X" de HOLTJUSEN). La sintomatología consta de: cansancio, malestar general, pérdida del apetito, mareos, cefaleas, insom-



nio, náuseas y vómitos, tendencia a la diarrea, y más raramente la aparición de sobreexcitación con estados de angustia y disnea. A veces una ligera elevación de la temperatura. En conjunto el cuadro se parece al del mareo por mal de mar o de montaña.

La intensidad y duración del síndrome dependen de la dosis volumétrica administrada, de la radiosensibilidad de los órganos irradiados y de la susceptibilidad individual del enfermo. Así es comprensible que reduciendo el volumen irradiado, - puedan disminuirse mucho los síntomas.

El papel de la radiosensibilidad de la región irradiada es grande. El roentgenkater será mucho mayor si se irradia la región epigástrica que si se hace sobre las extremidades. Y como el tejido tumoral es más radiosensible que el normal, es de importancia también el tamaño del tumor, pues cuanto más - - grandes más lisis celular.

Es muy marcada la predisposición individual, de acuerdo con la respuesta tan variada que ante un agente exógeno puede dar el sistema neurovegetativo: la vagotonía será entonces - más marcada. Aquí se supone radica la causa de los estados comatosos en sujetos con mal estado general.

Y como precisamente es en radioterapia antitumoral -- donde interesa mucho el no empeorar aún más el estado general, - hay que delimitar el volumen de tejido irradiado, no sólo por - atención al tejido conjuntivo local peritumoral, sino también - en relación al posible daño general. Los síntomas generales -- disminuyen también por un adecuado fraccionamiento de la dosis.

Citemos, finalmente, como forma muy grave de lesión -

general la caquexia por radiación. Aparece ordinariamente en enfermos con mal estado general y en el tratamiento de tumores extensos, en los cuales no se ha valorado adecuadamente su capacidad defensiva frente a los trastornos generales por radiación. Es inútil tratar de alcanzar una dosis fija y determinada si las condiciones físicas del enfermo no lo permiten. HOLMSEY cree que una influencia decisiva en la aparición de esta caquexia proviene de la poca capacidad orgánica de vencer las lesiones en los órganos hemopoyéticos originadas por la radiación.

La caquexia puede originarse igualmente como accidente laboral por trabajar durante años con radiaciones ionizantes sin protección adecuada.

La observación humana comienza con el síndrome agudo: administración accidental de grandes dosis de radiación, en irradiación total y de una sola vez. Estas observaciones se han realizado fundamentalmente en individuos jóvenes y sanos irradiados accidentalmente.

El síndrome agudo se caracteriza fundamentalmente por tres grupos de síntomas: nerviosos, digestivos y hemáticos, que son los que van a comprometer la supervivencia.

El síndrome agudo de radiación comienza con unos prodromos que aparecen rápidamente a la hora o dos horas de la irradiación y que son comunes a todos los tipos de la misma: consisten en náuseas y vómitos. Se presentan aún con dosis muy pequeñas y su intensidad es proporcional a la dosis recibida, de tal manera que cuando no se conoce la dosis recibida en un caso de irradiación aguda, la severidad y rapidez de los vómitos nos sirve para establecer un juicio acerca de la cantidad de

la dosis recibida por el accidentado.

En un primer estadio del síndrome de irradiación aguda, aparecen como primeros síntomas objetivos las ulceraciones bucofaríngeas, consistentes en enrojecimiento y descamación de la mucosa bucal y faríngea, con sequedad intensa, dolor e inflamación amigdalar, que dificultan la deglución. Puede aparecer también en esta fase enteritis con diarrea. Generalmente, la diarrea suele ser de aparición más tardía y su observación en estos primeros días es signo de mal pronóstico.

La fase siguiente dentro de los primeros días de la irradiación, se caracteriza por la aparición de los síntomas digestivos, de importancia extraordinaria. En estómago y esófago las lesiones pueden considerarse como continuación de las descritas en faringe, pero donde alcanzan su máxima gravedad es en el intestino delgado. En la mucosa del intestino delgado, rica en estructuras linfáticas y glándulas, muy radiosensibles, se produce una descamación, caída del epitelio y ulceraciones, lo que da origen al cuadro siguiente: la absorción intestinal está dificultada o abolida, por lo que se anulan y alteran los procesos de nutrición, la enteritis acompañante con la diarrea consiguiente va a producir una pérdida de plasma y electrolitos, modificando el equilibrio hidrosalino, a nivel de las ulceraciones de la pared intestinal pasan al torrente circulatorio productos tóxicos del contenido intestinal, macromoléculas albuminoides y bacterias normalmente saprofitas, con sepsis general grave.

Si las dosis han sido intensas, hacia el final de la primera semana o antes aparecen síntomas generales: focalmien-

to orgánico grave, fiebre, hemorragias, lo que hace que el desenlace sea fatal, condicionado en primer lugar por el complejo de síntomas digestivos, sépticos y hemorrágicos.

Si las dosis han sido menores o el accidentado sobrevive a esta primera fase, se instaura un segundo estadio, correspondiente al final de la primera semana y comienzo de la segunda. La sintomatología anterior ha ido remitiendo y se instauran los síntomas preferentemente sanguíneos. Aparecen modificaciones en la sangre circulante con caída del número de elementos formes, afectándose en las líneas generales descritas anteriormente. La linfopenia aparece en primer lugar, después la granulopenia, la trombopenia, siendo los hematíes los que tardan más en modificarse. Sumada a la acción sobre los elementos de la sangre circulante, empiezan a manifestarse las lesiones sobre los órganos hemopoyéticos, que agravan el cuadro, y los síntomas hemorrágicos.

El complejo síndrome resume la acción final de diversos factores: lesiones parietales vasculares con trombopenia y alteraciones de la coagulabilidad que favorecen la aparición de hemorragias que se presentan en casi todos los órganos y en la piel. Todo ello empeora aún las cifras hemáticas. La intensidad de estas hemorragias varía desde el tipo de hemorragia pete-quial hasta las hemorragias francas y graves.

Las lesiones del tracto digestivo continúan, aunque el intestino tiene gran capacidad regenerativa y puede sobrepasar el primer estadio. El estado general se empeora. Consecuencia de la leucopenia, con su disminución de defensas, es la facilidad para producirse infecciones, sepsis graves, por meca-

nismo distinto de las que pueden aparecer en el primer estadio, pero que pueden sumarse. El estado es de gravedad extrema y si la dosis ha sido alta, la consecuencia es la muerte del individuo, con un cuadro séptico, anémico, enterítico y nervioso, - - acompañado de hipertemia.

Un tercer estadio lo constituyen los casos de supervivencia, incluidos los que han recibido dosis menores. Después de las dos semanas precedentes que, si las dosis fueron bajas, - han transcurrido sin manifestaciones patológicas observables, - salvo los pródomos que ya dijimos, comienzan las lesiones cutáneas (depilación), el malestar general, aparecen infecciones localizadas en boca y faringe, puede haber enteritis, alguna hemorragia y fiebre ligera.

En sangre periférica se observa leucopenia, en la médula hay depopulación pasajera y el desenlace no es desfavorable más que en 50% aproximadamente de los casos.

Otra modalidad la constituye el tipo de irradiación subletal, con pequeñas dosis no mayores de 100 R. No son de pronóstico grave, a no ser por la adición de algún factor personal que condicione una gravedad mayor. Los síntomas generales son muy acusados: malestar, anorexia, astenia, hay manifestaciones diversas de algún tipo de los descritos, pero de escasa gravedad, y la recuperación se hace por completo de no haber alguna complicación intercurrente.

El tratamiento de los enfermos con síndrome agudo de irradiación ha tomado gran interés en los últimos años por los accidentes posibles en industrias que manejan energías atómicas además de las contingencias bélicas.

El pronóstico, cuando la dosis recibida es alrededor de 700 R, es fatal. Las posibilidades de supervivencia aumentan a medida que la dosis recibida disminuye hasta las dosis no letales de 100 R, con todos los grados intermedios y variaciones posibles de acuerdo con las circunstancias personales de cada caso.

El tratamiento de elección debería ser la sustitución de la estructura vital más comprometida, la médula ósea, pues las lesiones gastrointestinales tienen tendencia a la recuperación si las condiciones orgánicas lo permiten. Se hicieron -- trasplantes de médula ósea, a los científicos yugoslavos irradiados por accidente en un reactor (JAMET). Parece ser que no hay una terapéutica específica, por lo que el tratamiento se -- asienta sobre bases inespecíficas, atendiendo a la recuperación del lesionado. El recurrir a sustancias protectoras de la radiación, no tiene ningún caso, pues la función protectora solo tiene lugar si se administra inmediatamente antes de la irradiación.

La terapéutica, se orienta en el siguiente sentido: -- reposo digestivo suprimiendo la ingestión, para permitir la recuperación estableciendo una alimentación parenteral, reparación de la volemia y el equilibrio hidrosalino mediante transfusiones de sangre y plasma; prevenir las infecciones mediante ant antibióticos; protección hepática, renal y cardiocirculatoria y -- administración de anabolizantes y vitaminas.

Efectos generales crónicos: Son los que aparecen tardíamente o como consecuencia de pequeñas y repetidas exposicio-

nes a la irradiación. Los principales son el acortamiento de la vida, el aumento de morbilidad, en especial con alteraciones endócrinas; la disminución de la fertilidad e incluso la esterilidad; la depilación, la nefroesclerosis, etc. De hecho, se comprueba estadísticamente un acortamiento de la vida media -- tras irradiación aguda o una irradiación crónica de duración mínima de seis meses.

Tiempo después de la irradiación.	Dosis letales 700 R	Dosis letales medias 400 R	Dosis subletales 100 R
1a. semana . .	Náuseas y vómitos a las 1 ó 2 horas.  Inflamación de boca y laringe.		
2a. semana . .	Fiebre, decaimiento rápido (muerte 100%).		
3a. semana . .		Comienza la depilación. Anorexia. Malestar general, fiebre, infecciones graves de boca y faringe.	Depilación. Anorexia. Malestar general. Faringitis.
4a. semana . .		Hemorragias Diarrea, astenia. (Muerte 50%).	Cansancio. Petequias. Diarrea. Decaimiento medio. Recuperación si no hay complicaciones.

## II.- LA RADIACION Y SUS PELIGROS

Los peligros de la radiación son reales; por lo que podemos estar conscientes de nuestra responsabilidad profesional, al hacer uso de ella.

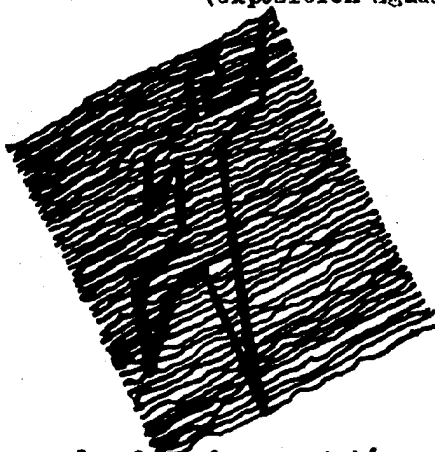
### 1.- Efectos sobre el tejido viviente:

La radiación puede causar: modificaciones genéticas, malformaciones, cáncer, leucemia, acortamiento de la vida, reacciones locales, depilación, atrofia, úlceras, esterilidad y muerte.

El peligro aumenta a medida que se expone a la radiación mayor cantidad del cuerpo, y llega a su máximo cuando todo o -- gran parte del cuerpo ha sido irradiado. Ciertos tejidos, por ejemplo la médula ósea, son más sensibles que otros y existen peligros genéticos al exponer las gónadas.

### GRANDES CANTIDADES DE RADIACION A TODO EL CUERPO

(exposición aguda)



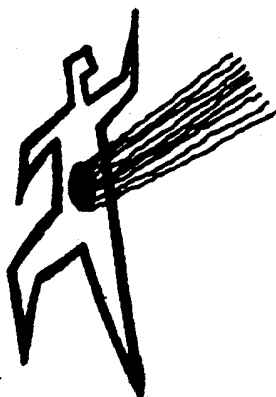
Esta es la clase de exposición producida por las armas atómicas y por accidentes con energía nuclear. La probabilidad de que se produzca ésta exposición con los rayos X de uso diag-



nóstico es muy remota. Si todo el cuerpo recibe grandes cantidades de radiación con gran rapidez, puede ocurrir lo siguiente:

- de 0 a 25 rads - no hay efecto manifiesto.
- de 25 a 50 rads - posible modificación de las células sanguíneas, sin lesión grave aparente.
- de 50 a 100 rads - modificación grave de las células sanguíneas, lesión moderada, sin invalidez.
- de 100 a 200 rads - lesiones, posible invalidez.
- de 450 rads o más - muerte probablemente.

**GRANDES CANTIDADES DE RADIACION  
A PORCIONES LIMITADAS DEL CUERPO  
(exposición aguda y crónica)**



Esta clase de exposición es con frecuencia necesaria para el tratamiento del cáncer y otras enfermedades graves, aceptando se el peligro inherente con tal de aliviar al enfermo. Tales exposiciones pueden ocurrir accidentalmente, a consecuencia de explosiones de armas atómicas, del abuso de exploraciones radioscópicas (tanto para el paciente como para el radiólogo) y de proce

diagnósticos radiográficos demasiado largos o repetidos.

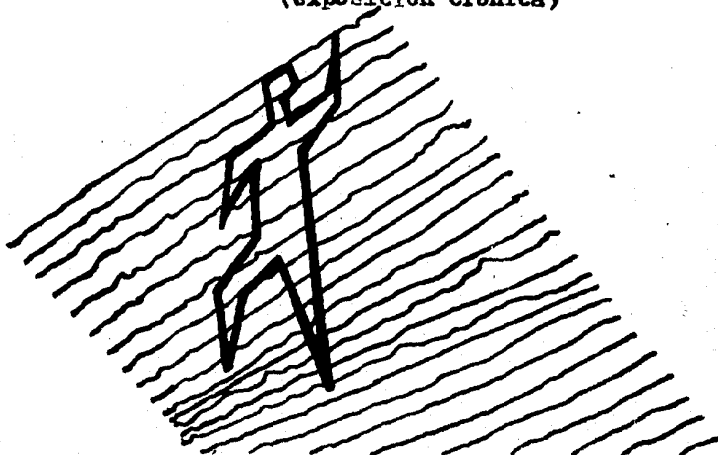
Una pequeña cantidad de 25 rads administrada a un embrión en el período de su desarrollo en que es más sensible (hasta los 3 meses) puede producir malformaciones; exposiciones de 200 rads en la región tiroidea de los niños parecen influir en el índice posterior de cáncer del tiroides.

Exposiciones agudas de 200 a 500 rads en las gónadas pueden producir esterilidad temporal; en la piel, eritema loco y de pilación temporal; depresión de la hematopoyesis en la médula ósea, etc. Sin embargo, pueden tolerarse de 2000 a 6000 rads en zonas locales, tratadas por cáncer, manifestándose solamente reacciones agudas reversibles y modificaciones moderadas de atrofia tardía. Hay que vigilar, sin embargo, la posible aparición de otras modificaciones tardías, tales como cáncer, necrosis ósea acéptica, cataratas por radiación, etc., en años ulteriores.

Durante ciertas aplicaciones terapéuticas de rayos X y de isótopos radiactivos algunos volúmenes muy limitados de tejidos pueden recibir 10.000 a 50.000 rads con reacción local grave, pero sin que al parecer haya ningún efecto general dañino.

#### PEQUEÑAS CANTIDADES DE RADIACION A TODO EL CUERPO

(exposición crónica)



Esta es la clase de radiación que como parte del medio ambiente natural todos recibimos durante nuestra vida como exposición crónica. La exposición profesional es similar, pero algunas regiones como las manos, pueden sufrir más exposición que el resto del cuerpo.

## 2.- Fuentes de Radiación:

Existen dos poderosas fuentes de radiación, la que corresponde al medio ambiente natural y la producida por el hombre.

### RADIACION DEL MEDIO AMBIENTE NATURAL:

Rayos cósmicos.

Tierra, habitación.

Atmósfera.

Radiactividad interna Beta, Gamma, Alpha.

Total de radiación por año: 0.1 r aproximadamente.

### RADIACION PRODUCIDA POR EL HOMBRE:

Médica y Dental.

Profesional.

Medio ambiente industrial.

Precipitación atómica.

Miscelánea (dosis pequeña pero desconocida).

Relojes y medidores con esferas radiactivas.

Eliminadores radiactivos de estática.

Aparatos de televisión.

Isótopos marcados.

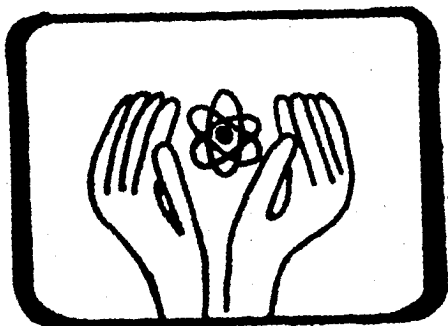
Marcadores luminosos radiactivos.

Efectos personales y caseros ligeramente radiactivos, algunos anteojos, cristalería, etc.

## Dosis y control de la Radiación:

El Comité Nacional de Protección Radiológica ha determinado los límites máximos de exposición radiológica permisible: para quienes reciben exposición profesional, después de los 18 años de edad, es 0,3 r por semana para todo el cuerpo (pero sin exceder un promedio de 5,0 r por año) y 1,5 r por semana para las manos. Una décima de éstas cantidades sería el máximo que podríamos considerar permisible para el promedio de la población por lo que se refiere a radiaciones producidas por el hombre, aunque podría omitirse la que se administra a enfermos graves.

Si se siguen éstas recomendaciones, el único efecto nocivo que podría encontrarse es el acortamiento de la probabilidad de vida, que en la actualidad se estima aproximadamente en un día por 1,0 de exposición total del cuerpo. Si se exceden éstas recomendaciones, puede encontrarse leucemia, cáncer, degeneración de la médula ósea, etc.



### III.- RIESGOS Y EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACION

#### 1.- Daños Somáticos:

Desde los primeros tiempos de la Radiología, se describieron sobre todo dos tipos de lesiones. Unas, localizadas en la piel, consecuencia sobre todo del manejo más o menos imprudente por los radiólogos de los Rayos X y sustancias radiactivas naturales. Como símbolo citemos el monolito que en el Hospital de San Jorge de Hamburgo, perpetúa la memoria de los pioneros de la Radiología, víctimas de su profesión. Están allí representados los médicos, enfermeras, etc., que trabajaron con radiaciones ionizantes y no pudieron, por ignorancia, o no quisieron adoptar las elementales medidas de precaución.

En segundo lugar tenemos los accidentes que se producen en los enfermos irradiados con fines diagnósticos y terapéuticos. Incluimos aquí las radiolesiones de los órganos irradiados con dosis superiores a las tolerables, y que no eran asiento directo de un proceso a curar, como son los tumores óseos consecutivos a infecciones endovenosas de sales de radium, o los tumores por thorostrast, subsiguientes a la inyección de este medio de contraste por vía endovascular. Un capítulo especial lo formaron los sarcomas óseos de maxilar inferior de las obreras que trabajaban en industrias en las que se utilizaban sustancias fluorescentes radiactivas y que absorbieron por vía bucal, al afilar y humedecer con los labios, el pincel que utilizaban para pintar los números. Este problema es de una típica enfermedad laboral.

Desde hace unos 25 años, el campo de las radiolesiones

se ha aumentado considerablemente. Por un lado, los accidentes de origen atómico, con todas las trágicas consecuencias de muerte por irradiación total, y secuelas agudas y subagudas y enfermedades crónicas, tanto en el dominio somático como en el genético. Por otro lado, la multiplicación de los agentes radiológicos biogénicos y terapéuticos, especialmente los núclidos radiactivos artificiales.

Todo ello, con sus múltiples usos, hace que el porcentaje de seres con probabilidades de radiolesiones haya aumentado espectacularmente, pues ya no son solo los médicos o el personal sanitario o los enfermos sometidos a irradiaciones terapéuticas los que pueden sufrir de una lesión radiológica, sino que podríamos decir que en tal circunstancia está la población en general, tanto en la guerra como en la paz, si bien las diferencias entre ambas circunstancias resultan evidentes.

En las radiolesiones por los núclidos radiactivos artificiales debemos recordar que las posibilidades son infinitas pues los núclidos, una vez incorporados al organismo (a través de la piel, pulmón, tracto digestivo) se reparten con arreglo a las características químicas del núclido (los alcalinotérreos - al hueso, el fósforo o los nucleos, etc.), pero una vez introducidos en el ciclo metabólico irradian, pues son emisores de radiación, pudiendo producir lesiones. Tienen especial importancia los núclidos que se fijan en un órgano o sistema y no son eliminados por los mecanismos fisiológicos normales, las posibilidades de radiación son claramente grandes y peligrosas.

En la consideración de los efectos producidos por la radiación distinguiremos las lesiones en locales y generales, te-

siendo en cuenta que ambas se pueden desencadenar por cualquier radiación ionizante (rayos X, núclidos radiactivos naturales y artificiales, neutrones, etc.) sin diferencias sustanciales, aunque las manifestaciones dependan en cada caso de la dosis, latencia, radiosensibilidad del órgano o sistema, etc. Las lesiones generales que produce la radiación son superponibles a los efectos generales ya descritos: quedan con características peculiares las lesiones locales y dentro de ellas tienen mayor importancia las lesiones de la piel, y en segundo lugar, las de los diferentes órganos.

En la delimitación del concepto de lesión tiene un papel esencial la dosis aplicada. Se puede afirmar en general que en la irradiación correcta de un enfermo afecto de un proceso — que se deba someter a tratamiento radiológico, no se presentan más que como excepción lesiones irreversibles, que en la mayoría de los casos deberán tomarse como un mal insoluble, aunque necesario ante la urgente necesidad de alcanzar una dosis suficiente en el órgano afecto, una neoplasia maligna, por ejemplo. Citemos como caso demostrativo la fistulización recto-vaginal, como consecuencia de la irradiación de una infiltración del recto recto-vaginal, por una neoplasia de útero.

Otra es la cuestión cuando la sobredosis ha sido la consecuencia de una falta de técnica o de una radiosensibilidad anormal imprevisible, casos todavía frecuentes.

Y por fin, la cuestión de mayor trascendencia si bien es evidente su etiología, es la irradiación involuntaria en los accidentes atómicos, ejemplo típico de lo que podríamos califi-

car la lesión por radiación ionizantes.

### Lesiones producidas en piel.

Se conceptúan como lesiones en piel producidas por la radiación los cuadros patológicos que aparecen a consecuencia de ella y sin relación con el proceso morboso primitivo para cuyo tratamiento se realizó la aplicación de las radiaciones ionizantes. Distinguiremos cuatro cuadros bien delimitados: la radiodermítis aguda, la úlcera por radiación, la radiodermítis crónica y el cáncer de los radiólogos.

#### Radiodermítis aguda:

Sobreviene tras la administración única de 600-700 R.- La irradiación produce la reacción cuyo cuadro anatomopatológico describiremos clínicamente. La reacción a la irradiación se compone de tres fases: eritema precoz, eritema principal y pigmentación.

Una vez que estas fases han desaparecido se va desarrollando en la zona irradiada una coloración rojo-viva, con hinchazón mayor o menor de los folículos. La piel irradiada está con respecto a la normal, elevada, brillante y dolorosa a la presión (como en un cuadro erisipelatoso) acompañándose de intenso prurito. Poco a poco van apareciendo pequeños defectos en la epidermis, se eleva sobre el dermis y se forman bajo ella secreciones serosas y seropurulentas, que abomban la piel en forma de vesículas. Así se constituye la llamada "radiodermítis hiperémica" de KIENBOCK y DOHAN, o radiodermítis de 2o. grado por HOLZKNECHT, o "estadio de la formación de vesículas" por OUDIE, o "stadium in-



Flammationis "de FURCASSY. Es de aspecto parecido al de la dermatitis solar o fotoeléctrica, pero se diferencia de la producida por el calor en que esta es dolorosa y tiene además "effluvium capillarum". Es característica la rapidez con que se llega al estado de acné, que una vez alcanzado es muy duradero.

El período de decrecimiento tiene aparición tardía, y la tendencia a la curación es escasa. Poco a poco el enrojecimiento va disminuyendo, las vesículas se secan y por fin aparece una pigmentación pardo-oscura con talangiectasias y manchas pigmentadas. La piel queda muy poco resistente. El grado y la marcha de las lesiones depende de la dosis y de la calidad de la radiación causal. Aparece antes y es más intensa con grandes dosis y con radiaciones de larga longitud de onda; con rayos de poca energía puede faltar la depilación y el edema folicular.

Dentro de la evolución general de la radiodermatitis aguda se pueden señalar variantes clínicas; así, es de mayor intensidad la llamada "radiodermatitis bullosa o ulcerosa" de MIENHOCKY y DEHAN, o "reacción de tercer grado" o de HOLZKNECHT, o "estado de escarificación" de OUDIN. Su tiempo de incubación es muy corto, apareciendo rápidamente la necrosis con dolor creciente y difícil curación.

#### Úlcera por radiación:

El grado mayor de lesión cutánea por radiaciones lo constituye la formación de una ulceración. En principio, la piel sufre las reacciones conocidas de eritema principal y pigmentación, pero estas fases aparecen muy pronto y evolucionan muy rápidamente, con un eritema principal y pigmentación muy in-

tensos. En vez de disminuirse y desaparecer se presentan signos de gran reacción con síntomas inflamatorios, formación de vesículas, infección y formación de una ulceración, cuando se llega a la semana 6a.-8a. de la irradiación.

Existe otro tipo de ulceración debida a la radiación que es el llamado *ulcus tardío*.

El roentgenulcus se acompaña de síntomas generales: dolor, malestar general, fiebre, etc. La curación no se realiza de un modo continuo aunque lento, sino que sufre interrupciones, necrosándose en alguna zona, a la vez que se cicatriza por otras. Si finalmente se llega a cicatrizar, se produce una cicatriz radiada, con la piel central adelgazada y blanquecina, bordes desigualmente pigmentados y con finas telangiectasias. Cuando ha habido infección sobreañadida, la cicatriz es además retráctil. El tejido subyacente está endurecido por esclerosis del conjunto y de la grasa, formando el edema crónico indurado, o callosidad roentgen.

### Radiodermítis crónica

Las dos formas anteriores de afectación por la radiación pueden considerarse agudas, de aparición consecutiva a una irradiación única o a la administración de dosis altas de radiación con poco intervalo entre una y otra sesión, por lo que son comunes a los enfermos irradiados. En cambio, la radiodermítis se produce a consecuencia de una acción crónica y continuada durante mucho tiempo, meses y años, de las radiaciones sobre la piel. Es típica de las personas que por su trabajo habitual están expuestas a las radiaciones; físicos, médicos, técnicos, --

etc. En el fondo es un proceso infeccioso crónico sin parecido anatomopatológico con las lesiones agudas. Ya es conocida desde antiguo y KLEBS"AL" lo resumió diciendo que "la radiación crónica de la piel se origina ordinariamente por sumación de cantidades, generalmente pequeñas, de radiación".

Desde el punto de vista clínico se pueden distinguir - los siguientes cuadros: el eritema radiográfico de OUDIN, la - atrofia de la piel con telangiectasias y las hiperqueratosis. - Clínicamente, el llamado eritema radiológico se manifiesta en su forma clásica por la llamada "mano de radiólogo".

La elasticidad cutánea está disminuida, los pliegues - agrandados, la epidermis engrosada y el crecimiento del pelo digminuido. Difusamente repartidas aparecen hiperqueratosis en formma de papilomas, con un centro negruzco semejante a un cordón, - debido todo esto a las alteraciones nutricias. A la vez hay alteraciones de las uñas que se hacen quebradizas. Con petequias-subungueales la mano se vuelve muy sensible a toda clase de estímulos mecánicos, térmicos, etc., con sensación permanente y desagradable de color, presión y tensión. Los dedos pierden movilidad, pues están engrosados por la inflamación crónica. Aparecen telangiectasias. La piel se vuelve atrófica y seca por trastornos funcionales de las glándulas sebáceas y sudoríparas. El cuadro final recuerda el del xeroderma pigmentoso.

**HOIZNECH** llama a estas hiperqueratosis, formaciones - precancerosas semejantes a las verrugas seniles, a partir de las cuales también pueden originarse epitelomas. No las consideracomo consecuencia inmediata de la acción de los rayos X, sino como una hiperformación que aparece en un sitio que es un "locus -

minoris resistentiae" por irradiación previa y distingue la hiperqueratosis de crecimiento rápido, que fácilmente pasan a ser canceroides, y las pequeñas profundamente situadas. Se acompañan de queratosis en las uñas; muy dolorosas y sin tendencia a la curación.

La radiodermítis crónica se caracteriza, anatómopatológicamente, por las siguientes lesiones: aumento del grosor del dermis, en parte por hipertrofia de sus componentes y en parte por fibrosis del tejido subcutáneo; disposición del colágeno en haces gruesos en vez de formar una red de finas trabéculas; escasa alteración de las fibras elásticas, aunque a veces presenten roturas; la red vascular presenta un sistema de lagunas vasculares en la porción superior del dermis, con una pared fina de endotelio, mostrándose en forma de telangiectasias; hay endoarteritis en algunos vasos medianos, lo que dificulta la nutrición de la piel que se hace a través de la red capilar.

Estas manifestaciones se acompañan de pigmentación, trastornos de la sensibilidad (hiperestesia o hipoestesia, dolor) desaparición de las glándulas sudoríparas y sebáceas y depilación. La epidermis unas veces se atrofia, quedando la piel muy fina, y otras se hipertrofia, formando hiperqueratosis. Las uñas también sufren trastornos.

Las lesiones crónicas pueden evolucionar hacia una ulceración, que aparece espontáneamente o tras pequeños traumatismos, y que es de difícil recuperación, pues el tejido conjuntivo subyacente también está alterado y suele necrosarse, o bien en ocasiones se llega a una cancerización, adoptando la forma de un epiteloma espinocelular.

### Cáncer por radiación:

Los síntomas son casi siempre de tipo localizado, sin una tendencia clara hacia el crecimiento expansivo o infiltrante; casi siempre son ulcerantes, más raramente proliferantes y menos aún infiltrantes. El crecimiento y su propagación son sobre todo por vía linfática. No suelen dar trastornos generales. En un 25% se presenta metastatización, sobre todo en las axilas y codo, por ser lo más frecuentes los epitelomas de la mano, apareciendo las adenopatías a los 1 - 4 años.

El pronóstico es malo, pues nunca se ha visto la curación espontánea de un radiocáncer.

### Lesiones producidas en distintos órganos.

Si consideramos en conjunto los distintos órganos, -- los podemos considerar compuestos de una parte noble, funcional específica y de muy marcada individualidad, y de un estroma o tejido de sostén vasculoconjuntivo, de características comunes para todos.

La radiación al llegar a un órgano, actúa a la vez sobre sus distintos elementos componentes, determinando la aparición de unas manifestaciones reactivas con una traducción clínica variada en relación al órgano de que se trate. Cuando las modificaciones producidas por la radiación son irreversibles y por tanto no recuperables, adquieren la condición de lesiones.

La marcha general de las lesiones por radiación termina en la anulación funcional total o parcial del órgano irradiado, sustitución por tejido de cicatriz con las consecuencias --

diferentes según la localización topográfica de la lesión, o can-  
cerización.

Todos los órganos se pueden afectar por la radiación,--  
pero los de observación más frecuentes son los siguientes:

ORGANO	LESION
Tejido celular subcutáneo.	Formación de zonas de fibrosis-- por esclerosis del tejido conjun <u>tu-</u> <u>tivo.</u>
Intestino delgado.	Trastornos de la absorción, ulce <u>ra-</u> <u>ciones, perforaciones, esteno-</u> <u>sis.</u>
Intestino grueso.	Ulceraciones, estenosis.
Esófago.	Ulceraciones, estenosis o fistu <u>la-</u> <u>ción a órganos próximos.</u>
Ojo.	Formación de cataratas.
Pulmón.	Neumonitis, atelectasia, fibrosis.
Laringe.	Ulceración de los cartílagos la <u>ri-</u> <u>ngeos.</u>
Riñón.	Esclerosis y nefritis intereti <u>ci-</u> <u>al.</u>

Vejiga.	Cistitis, telangiectasias, ulceraciones, perforación.
Hígado.	Cirrosis.
Cerebro.	Necrosis del tejido cerebral (por trombosis vascular, malacia).
Medula espinal.	Mielitis.
Hueso.	Osteítis crónica, tumores óseos.
Otros órganos diversos.	Cancerización.

Finalmente, los estudios sobre el aumento de la incidencia de las leucemias en profesionales que trabajan con radiaciones, y en personas expuestas a ellas de modo accidental o terapéutico, ha confirmado que su vinculación con la irradiación y la necesidad de adoptar medidas de vigilancia y de realizar estudios pormenorizados sobre el tema para prevenir en lo posible el aumento de la morbilidad leucémica.

## 2.- Daños Genéticos:

El siglo XIX vió nacer teorías aparentemente contradictorias. Por un lado, el descubrimiento de las leyes de la herencia hacía suponer que la transmisión de los caracteres hereditarios era algo automático, mecánico y, hasta cierto punto, predecible, por otra parte, la formulación explícita de la teoría de la evolución, avalada por numerosas pruebas biológicas y paleontológicas, daba a entender que las especies habían evolucionado por mecanismos no conocidos en orden a una mayor adaptabilidad a sus condiciones vitales, de modo que sólo las más aptas para la supervivencia en sus condiciones concretas podían vencer y persistir en esta "struggle for life", la lucha por la vida, postulada por DARWIN. ¿Cómo conciliar la automaticidad del proceso de la herencia con la necesaria variabilidad del material genético, necesaria para la evolución de las especies?

La respuesta la pudo formular un botánico, el holandés DE VRIES, quien en 1901, y a consecuencia de sus estudios sobre la aparición de algunas plantas con ciertas características individuales que las hacían semejantes a las restantes de la misma especie, sin hallar, por otra parte, eslabones intermedios entre dicho individuo y la generalidad de la especie, formuló el concepto de mutación.

Entendemos por mutación "toda alteración de aparición instantánea, pero transmisible e irreversible, en el material genético de un organismo cualquiera". Así, en la transmisión regular y automática de los caracteres hereditarios, la naturaleza introduce en ocasiones un cambio súbito y abrupto de la constela-



ción genética, la mutación, que una vez realizada es irreversible y se transmite como un nuevo carácter a las generaciones sucesivas.

Enfocado así el problema, los investigadores trataron de estudiar qué agentes y por qué mecanismos tienen lugar dichas mutaciones. Pronto se vió que las mutaciones llamadas espontáneas, es decir, las que aparecen normalmente sin adición de ningún otro agente externo, obedecen en conjunto a las leyes estadísticas de la probabilidad, dando en la mayoría de los casos como resultados variantes de menor capacidad vital.\*

Se ha estudiado, por otra parte, la capacidad de muchos agentes para producir mutaciones. El estudio de la capacidad mutágena de las radiaciones ionizantes comenzó con MULLER<sup>†</sup>, quien, en 1927, demostró su capacidad de producir mutaciones en la *Drosophila melanogaster*, obteniendo por sus trabajos el Premio Nobel. Sus trabajos confirmaban así suposiciones anteriores, como las de VON FRANQUE, que había supuesto la acción perjudicial de los rayos X sobre la masa hereditaria, o los trabajos de MARTIN y FRANKEN, que en 1926 observaron que las ratas irradiadas mostraban en las primeras generaciones un menor número de hijos, con desarrollo insuficiente en las crías y muerte prematura:

En sus trabajos MULLER eligió la *Drosophila*, que reúne las condiciones experimentales óptimas, ya que se conocen muy bien sus propiedades hereditarias, se pueden estudiar muchas generaciones en breve intervalo de tiempo y se aprecian muy bien las alteraciones en alas, ojos, pelo, tamaño, pigmentación, etc. Así pudo demostrar que las mutaciones producidas por la radia-

si en eran hasta 150 veces más frecuentes que las que se establecen espontáneamente, y pudo estudiar mutaciones genéticas estables producidas por la radiación hasta la generación número 188.

### Tipos de mutaciones:

Podemos indicar dos tipos fundamentales de alteraciones cromosómicas, las alteraciones en número y las alteraciones de su estructura.

1.- El número de los cromosomas es constante y fijo para cada especie; si cambia en más o menos, tendremos una alteración denominada heteroploidia.

Estas alteraciones afectan al mecanismo de la producción y no se transmiten por herencia.

2.- La alteración de la estructura de los cromosomas puede agruparse en dos posibilidades, aunque la separación entre ambas no sea muy categórica: mutaciones cromosomiales y mutaciones puntiformes.

Llamamos mutaciones cromosomiales a ciertas alteraciones groseras, macroscópicas de los cromosomas, con producción de fracturas o traslocaciones de los mismos. Tras la fragmentación de un cromosoma, estos fragmentos producidos pueden recombinarse con lo que hay, al menos aparentemente, puede existir una traslocación, o bien pueden desaparecer los fragmentos como trozos aislados sin ulterior viabilidad. En cualquier caso, es problemático que una célula con mutaciones cromosomiales pueda atravesar indeseados los procesos de mitosis y meiosis, que actúan como filtros reductores, por lo que es difícil que una célula tan groseramente lesionada siga viviendo y multiplicándose. Una mutación

cromosomial significa así, en la mayoría de los casos, la muerte celular.

Las mutaciones puntiformes se caracterizan porque el examen de los cromosomas no revelan ninguna alteración microscópica, no obstante lo cual hay una alteración clara de alguna propiedad determinada en algún gen.

La mutación génica tiene un significado distinto al de la cromosomial. Ordinariamente no queda definitivamente comprometida la viabilidad celular; la célula sigue creciendo y multiplicándose. Pero ya no es un ente normal, pues es portadora de una alteración génica, habitualmente de minusvalencia biológica. Y así, al no morir la célula, transmite esta mutación minusvalente a generaciones posteriores, donde, en un momento determinado, puede hacer su aparición.

#### Acción mutante de las radiaciones ionizantes.

Ha quedado clara la existencia de mutaciones, que se producen de modo espontáneo en el material genético, y que dan origen a variaciones en las propiedades transmitidas por la herencia, las cuales se manifestarán en la descendencia, y persistirán en la especie si los individuos así formados son igual o más resistentes al medio, mientras que desaparecerán si los individuos así formados son menos viables. Sabemos que el mecanismo de actuación de las radiaciones ionizantes es, en esencia, el mismo de las mutaciones espontáneas, manifestándose su acción no en la producción de mutaciones específicas, sino en el aumento de frecuencia de las mutaciones espontáneas.

Las mutaciones genéticas se deben a un solo impacto, -

de modo que basta con que haya uno solo en el territorio de un gen para producirlas. Lo mismo ocurre con las mutaciones de tipo cromosomal, cuando se deben a un solo impacto. A veces recibiendo dos impactos, produciéndose dos fracturas.

La cantidad de mutaciones provocadas es directamente proporcional a la dosis administrada, de tal manera que doblando la dosis, se duplica el porcentaje de las mutaciones. Solamente al aumentar mucho la dosis hay cierta disminución del efecto por el proceso de saturación. La proporcionalidad dosis-mutaciones, demuestra que no existe un valor umbral, es decir, que nunca podemos hablar de una dosis mínima no lesiva.

#### El problema de la dosis tolerable.

Según MARQUARDT conforme a los resultados de experimentación concluye que:

a) dosis de radiación, por mínimas que sean, pueden producir mutaciones en los genes.

b) dosis de radiación, aún mínimas, se suman en su efecto a lo largo del tiempo de fecundidad de un individuo.

c) no se conoce en la actualidad ningún medio seguro de impedir el efecto mutágeno de la radiación.

d) las mutaciones, individualmente consideradas, no pueden anularse, sino que más bien actúan como algo ineludible sobre las generaciones venideras.

Es decir, que por sumación de mutaciones hipovitales se produce a la larga, en generaciones sucesivas, la enfermedad, invalidez y muerte prematura de numerosos individuos. Las muta-

ciones radioinducidas, por lo tanto, entran a formar parte de la masa genética, y desplazan con ella la estructura básica de los individuos y de la sociedad humana.

### Acción de las radiaciones sobre el testículo.

Irradiando con pequeñas dosis, de 60 R, comienza un proceso que con 250 R ya es más manifiesto, caracterizado por alteración de las espermatogonias, que a las pocas horas se pueden ver ya degeneradas aunque los demás estudios evolutivos de las espermatogonias producen una depopulación testicular, cuando los elementos siguientes de la cadena ya han pasado a la fase de maduros, pues falta el suministro que representa el escalón de las espermatogonias. La depopulación se puede observar de un modo completo a las 3-4 semanas. Al microscopio se ven entonces solamente los canales seminíferos y como elementos celulares permanecen las de Sertoli. La función incretorana está alterada, ni la liberación de la potencia coeundi, pues las células intersticiales permanecen intactas. Si la dosis no ha sido mayor de 250 R hay regeneración con restauración total de la espermatogénesis. Se ha producido sólo una azoospermia pasajera, una esterilización temporal.

Si la dosis sube a 500-600R, se alcanza la degeneración de las células intersticiales del testículo, con involución permanente, la azoospermia era antiguamente un tipo de enfermedad profesional que se daba con alguna frecuencia entre el personal que trabajaba con rayos X y radium, aunque en muchos casos desde su aparición se podía conseguir la regeneración, con la liberación de espermatozoides aptos.

La máxima sensibilidad se observa en las espermatogonias, pues son los elementos más indiferenciales y su radiosensibilidad muestra variaciones rítmicas de acuerdo con las de las mitosis, pudiendo en circunstancias favorables alterarse la espermatogénesis con dosis mínimas.

### Acción sobre el ovario.

También el ovario es muy radiosensible, pero se diferencia del testículo, como el testículo es un órgano formado por tejidos en crecimiento y proliferación constantes, en el ovario sólo hay un número determinado de células que pueden llegar a la madurez ordenadamente, en ciclos de 28 días.

Esto hace que el folículo primario esté en realidad en estado de reposo.

La parte más sensible del ovario es el folículo en crecimiento, mientras que el epitelio germinal; los folículos primordiales y los folículos ya maduros lo son menos. Y aún entre los folículos hay diferencias de unos a otros, pudiendo bastar muy pocos rads para destruir un óvulo humano.

Consecuencia de la destrucción del aparato folicular en la amenorrea, pero ésta puede tardar algún tiempo en presentarse porque la dosis puede haber destruido los folículos en proceso de maduración, pero no los ya maduros y éstos aún pueden dar lugar a una o varias menstruaciones.

Si queremos también destruir los folículos primarios y conseguir así un cese completo de la función incretora, necesitamos 360 R/foco que es la llamada dosis de castración. No obstante,

puede conseguirse ya con 320 R en mujeres jóvenes y con 290 en mujeres climatéricas (MARTIUS), o sea, que la dosis de castración depende en cierto modo de la edad.

Con dosis menores, de 230-250 R/ovario, impedimos sólo por cierto tiempo (2-3 años) la función ovárica, la maduración de folículos y, por lo tanto, conseguiremos una esterilización temporal, al final de la cual puede reanudarse normalmente la función menstrual. Pero estas dosis no se pueden establecer de manera segura y a veces producen castraciones definitivas.

Después de administrada la dosis de castración, aparecen en las mujeres síntomas carenciales, aún cuando con dosis de 290-320 R queden folículos indemnes que hacen que los síntomas no sean graves. De todos modos, como es preferible evitar que aparezcan, lo deseable es dar menor dosis que el promedio ordinario, con lo que también se consigue la amenorrea.

La glándula intersticial es menos radiosensible, y su destrucción después de la destrucción folicular puede no deberse a una acción directa de la radiación, sino a una acción indirecta de falta de estímulo fisiológico por parte de los folículos (REGAUD y LACASSAGNE):

El cuerpo lúteo formado no sufre lesión ninguna aparente con dosis pequeñas de 290-320 R. Cuando está en fase de crecimiento también presenta lesiones degenerativas.

De todo lo dicho se desprende que la radiosensibilidad del ovario aumenta con la maduración progresiva del folículo y que la altura de la dosis de castración depende hasta cierto punto del número de folículos primordiales. Como éstos disminuyen con la

edad, son necesarias dosis menores para conseguir la castración de ovarios en mujeres climatéricas.

Las dosis pequeñas, insuficientes cuando se administran aisladas, pueden destruir los folículos por sumación, como sucedió a más de una asistente técnica de Radiología en los tiempos en que la protección era insuficiente.

Después de una esterilización temporal, los folículos pueden desarrollarse a partir de folículos primordiales que no han sufrido los efectos de la radiación y aparentemente no se diferenciarán de los folículos de un ovario que no hubiera sido irradiado nunca. Son capaces de fecundarse, etc., pero en estos casos, la frecuencia de abortos es mayor, de lo que puede deducirse que estos folículos han sufrido alguna lesión en la sustancia germinal, no en los genes ligados a la herencia, pero que dan como consecuencia la muerte del feto. También hay que admitir que puede haber lesión de los genes en el sentido de lesiones hereditarias, que al transmitirse como mutación recesiva, aparecerían al cabo de varias generaciones.

#### Radiosensibilidad fetal.

Tanto la experimentación como la clínica (irradiación de tumores diagnosticados erróneamente en mujeres embarazadas) han demostrado que la irradiación del feto produce lesiones variadas y graves, en forma de lesión somática por radiaciones, que tiene lugar entre la fecundación del huevo y el nacimiento. La intensidad de la lesión producida depende de la dosis aplicada y del momento del desarrollo embrionario en que se aplica. Una dosis terapéutica produce, por lo general, la muerte del embrión con aborto conse-



cutivo, por eso las lesiones que coexisten con viabilidad del embrión corresponden, en principio, a dosis inferiores a las terapéuticas.

Respecto al momento de la irradiación, RUSELL distingue tres fases:

1.- Irradiación durante la fase de preimplantación, - con gran mortalidad prenatal, mientras que los supervivientes no tendrán prácticamente anomalías.

2.- Si se irradia durante la organogénesis, no hay -- tanta mortalidad prenatal, pero aumentan la mortalidad del recién nacido y el porcentaje de anomalías.

3.- La época menos radiosensible es la fetal. SACHS y SULLIVAN pudieron ver grandes porcentajes de malformaciones embrionarias por radiación. KNOPP y TRAUTMANN en irradiación total de ratones blancos con 200 R, en estadios diferentes del embarazo produjeron lesiones graves en el feto si se irradia en fase de -- preimplantación o de organogénesis. Con 100 R se observaron menos lesiones, WILSON, JORDAN y BRENT con 100 R observaron lesiones cerebrales, el 50% si se estudian inmediatamente después de -- la irradiación, y el 13% si estudiaban a término. Es decir, que hay un cierto porcentaje de recuperación de las lesiones del feto.

Una de las observaciones más notables es la extraordi- naria radiosensibilidad del tejido nervioso central en la fase em- brionaria, en contraste con la sensibilidad mucho menor de la edad adulta. Y debemos recordar, igualmente, que junto a las lesio- nes producidas en el feto, también se irradian sus organos genita- les, por lo que puede haber lesiones genéticas.

1.- ENFERMEDADES HEREDITARIAS ATRIBUIBLES A MUTACIONES DOMINANTES.  
 FRECUENCIA FENOTÍPICA POR MILLON.

N = Total nacidos;  
 (Stevenson)

V = Total vivos.

ENFERMEDAD	N	V
Acondroplasia . . . . .	82	28
Acrocefalia-sindactilia . . . . .	5	3
Achalasia diafisaria. . . . .	50	50
Adenoma quístico múltiple benigno. . . . .	50	50
Alopecia areata . . . . .	700	700
Anemia microcítica. . . . .	10	4
Aniridia . . . . .	60	60
Anormalidades del pabellón auri. . . . .	1.000	1.000
Anormalidades del pelo. . . . .	1.000	1.000
Aracnodactilia. . . . .	60	26
Ataxia . . . . .	40	20
Atrofia muscular peronea. . . . .	40	24
Atrofia del óptico. . . . .	7	7
Braquidactilia . . . . .	60	60
Campodactilia-clinodactilia . . . . .	60	60
Catarata congénita . . . . .	160	150
Coloboma. . . . .	250	200
Contractura de Dupuytren. . . . .	8	8
Corea de Huntington . . . . .	10	8
Dermatomiomatosis múltiple. . . . .	20	20
Diabetes insípida . . . . .	50	5
Diplejía espástica. . . . .	100	20
Disostosis craneofaciales. . . . .	30	30
Displasia fibrosa poliosteoica . . . . .	5	2
Distrofia miotónica . . . . .	40	24
Distrofia muscular. . . . .	25	14
Distrofias corneales. . . . .	140	140
Distrofias musculares . . . . .	100	100
Ectrodactilia . . . . .	30	20

Edema hereditario. . . . .	5	4
Encondromatosis múltiple . . . . .	5	4
Enfer. hemofílica de Willebrand. . . . .	25	8
Enfermedad quística de pulmón. . . . .	500	40
Epidermolisis bullosa. . . . .	100	40
Epifisitis pintada. . . . .	50	50
Epiloya. . . . .	30	7
Eritrodermia ictiosiforme congé. . . . .	4	4
Esfemocitosis. . . . .	60	25
Esclerosis coroidal. . . . .	500	500
Exostosis múltiples. . . . .	400	400
Focomielia . . . . .	5	2
Glaucoma . . . . .	100	100
Hallux valgo . . . . .	1.000	1.000
Hemangiomatosis cefalofacial . . . . .	30	7
Hemorragia telangiectásica . . . . .	100	12
Hidrocéfalo. . . . .	1.230	25
Hipermetropía. . . . .	100	100
Hipertiroidismo. . . . .	20	8
Lipodistrofia progresiva . . . . .	3	2
Malfor. en el conducto lacrimal. . . . .	500	500
Malfor. de los dedos de los pies . . . . .	1.000	1.000
Malformaciones dentales. . . . .	13.000	13.000
Malformaciones del párpado . . . . .	40	40
Malformaciones ungueales . . . . .	20	20
Megalocolon. . . . .	100	10
Miositis osificante. . . . .	20	200
Neurofibromatosis de von Recklinghausen. . . . .	200	200
Nistagmus. . . . .	700	700
Osteitis deformante. . . . .	30	25
Osteogénesis imperfecta. . . . .	60	25
Osteopetrosis. . . . .	5	2
Oxicefalia . . . . .	7	3
Parálisis. . . . .	4	2
Pitiriasis rubra . . . . .	20	20
Policitemia vera . . . . .	45	20

Polidactilia . . . . .	1.000	1.000
Poliposis del colon. . . . .	100	55
Porfirinuria . . . . .	200	130
Ptosis . . . . .	1.000	1.000
Queratocono. . . . .	20	02
Queratosis folicular, o enfermedad de Darrier . . . . .	3	3
Retinitis pigmentaria. . . . .	150	150
Retinoblastoma . . . . .	58	14
Sindactilia. . . . .	500	500
Síndrome anhidrótico . . . . .	34	5
Sinfalangismo. . . . .	100	100
Sordera. . . . .	12	12
Sordera y cataratas. . . . .	6	6
Sordomudez . . . . .	46	46
Sabluxación del cristalino . . . . .	6	6
Tilosis palmar . . . . .	35	35
Trombocitopenia. . . . .	60	45
Urticaria pigmentada . . . . .	90	90
Xantoma tuberoso múltiple. . . . .	40	25

2.- MUTACIONES AUTOSOMICAS RECESIVAS.

ENFERMEDAD	N	V
Albinismo . . . . .	130	130
Alcaptonuria . . . . .	5	3
Anoftalmia . . . . .	100	50
Ataxia . . . . .	200	110
Atrofia del óptico . . . . .	50	50
Corea atetósica. . . . .	70	15
Degeneración hepatolenticular de Wilson. . . . .	10	3
Diplejia espástica . . . . .	50	18
Distrofia corneal. . . . .	5	5
Distrofias musculares. . . . .	10	10

Distrofía muscular . . . . .	30	26
Epidermolisis bullosa. . . . .	20	6
Epilepsia mioclónica . . . . .	50	6
Fenilquetonuria. . . . .	100	30
Galactosuria . . . . .	50	2
Gargolismo . . . . .	20	4
Glaucoma . . . . .	15	15
Ictiosis congénita . . . . .	10	0
Idiocia amaurótica . . . . .	50	5
Metahemoglobinemia . . . . .	5	3
Microcefalia . . . . .	40	21
Microftalmia . . . . .	100	100
Miopía . . . . .	150	150
Poiquilodermia . . . . .	10	3
Porfirinuria . . . . .	50	5
Retinitis pigmentosa . . . . .	60	60
Síndrome de Lawrence-Moon-Biedl. . . . .	40	6

### 3.- MUTACIONES LIGADAS AL SEXO.

ENFERMEDAD	N	V
Atrofia óptica . . . . .	15	10
Diabetes insípida. . . . .	40	20
Distrofia muscular de Duchenne . . . . .	176	24
Enfermedad de Christmas. . . . .	10	4
Hematuria. . . . .	100	66
Ictiosis vulgar. . . . .	6	6
Megalocórnea . . . . .	20	20
Retinitis pigmentosa . . . . .	20	20

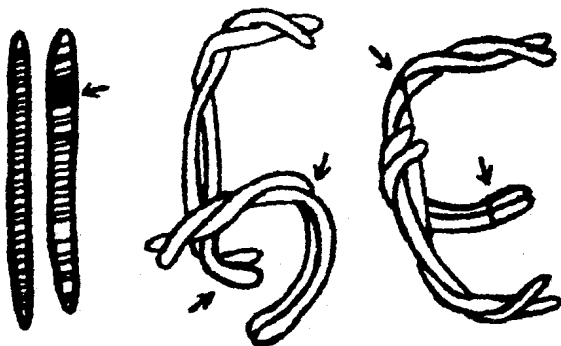
### 4.- MALFORMACIONES DEBIDAS A MUTACIONES CROMOSOMIALES.

ENFERMEDAD	Frecuencia fenotípica - por millón de nacidos.
------------	---

Anormalidades nucleares de las células gonadales femeninas . . . . .	900
Síndrome de Down (Mongolismo) . . . . .	1.500
Síndrome de Klinefelter . . . . .	2.700
Síndrome de Turner. . . . .	-raro-
Otras mutaciones cromosomiales. . . . .	4.000

MUTACION GENÉTICA

MUTACION CROMOSOMIAL



MUTACION CROMOSOMIAL Y PUNTIFORME

#### IV.- PROTECCION CONTRA LA RADIACION EN LA PRESCRIPCION DE EXAMENES RADIOLOGICOS

Uno de los factores más interesantes para reducir la radiación es la distancia, ya que la intensidad y la dosis final en un período dado son reducidas de acuerdo con el cuadrado de la distancia (ley de proporción inversa). Para mayor seguridad el operador debe situarse lo más lejos posible de la fuente de rayos X. Al aumentar la distancia entre el tubo de rayos X y el paciente, también se disminuyó la dosis al paciente en relación con la que se necesita.

En radiografía se emplean distancias de 3 a 6 pies (90 a 180 centímetros aproximadamente).

En radioscopia el ánodo del tubo de rayos X debe estar por lo menos a 18 pulgadas (45 centímetros aproximadamente) de la parte más cercana del enfermo.

Cualquier material que se interponga a un haz de rayos X absorbe un poco de radiación, reduciendo así su intensidad. -- Cuanto más grueso sea el material y mayor su densidad, más radiación absorberá, por tal razón, como se usa en la práctica no hay protección que sea realmente perfecta.

La buena protección debe comenzar con el diseño de un receptáculo apropiado para el tubo de rayos X a fin de que no salgan cantidades apreciables de radiación excepto por la ventana destinada para ello.

Con diafragmas y conos, se debe limitar el haz exactamente a las dimensiones requeridas en la película o en la pantalla radioscópica.

El vidrio plomado sobre la pantalla radioscópica forma parte de la protección contra el haz primario, y sus movimientos y tamaño deben diseñarse de manera que cubra siempre completamente el haz primario.

Aunque los conos y los diafragmas son generalmente más importantes que nada, debe añadirse protección local para resguardar aquellas partes del enfermo dictadas por ciertas necesidades específicas.

Debe prestarse rigurosa atención al diseño de cuartos para rayos X y gabinetes de control, así como poniendo defensas - accesorias alrededor del fluoroscopio; empleando sillas plomadas para radioscopia y usando constantemente guantes y delantales protectores.

#### 1.- Radiografía Dental:

Todo el personal debe estar alejado del haz primario. - El dentista nunca debe sostener con la mano la película dental, el cono, o la cabeza del tubo durante la exposición. Las pantallas fluoroscópicas manuales son peligrosas y su uso se debe evitar estrictamente. El cable del cronómetro debe ser suficientemente largo para que el dentista pueda colocarse detrás de una barrera protectora. Si este es imposible, el dentista debe colocarse por lo menos a 5 pies (un metro y medio aproximadamente) de distancia del tubo y completamente alejado del haz primario.

Los dosímetros de película son aconsejables para controlar la exposición del personal.

Las zonas adyacentes deben estar protegidas tanto con--



tra la radiación primaria como la secundaria con los blindajes y las distancias correspondientes. Es aconsejable también darle la vuelta a la silla dental para que el paciente quede de espaldas a la ventana durante la exposición, y así se dirigirá el haz primario hacia el exterior.

Siempre que sea posible, debe dirigirse el haz primario de manera que esté alejado de la región de las gónadas. Esto puede lograrse casi siempre inclinando simplemente la cabeza del enfermo. También pueden reducirse un tanto la radiación primaria y la dispersa protegiendo la región de las gónadas con un delantal o una lámina de caucho plomado, especialmente cuando hay que hacer múltiples exposiciones, o en niños y mujeres embarazadas, o cuando esta zona se incluya en el paso del haz primario.

El número de exposiciones debe restringirse en los niños a un mínimo absoluto tanto por consideraciones somáticas como genéticas. El peligro adicional de exposición en las mujeres embarazadas requiere que se pospongan los procedimientos tanto como sea posible durante este período.

## 2.- Radiografía Médica:

En la medicina moderna, el uso de la radiación es indispensable para diagnóstico y terapia; debido a ello, es donde el ser humano recibe la mayor parte de exposición.

Radiografía abdominal pélvica.— La exploración radiográfica de esta parte del cuerpo, que es la más gruesa y la más densa, requiere la mayor cantidad de radiación.

Estas exposiciones producen también la mayor cantidad -

de radiación dispersa fuera de la región examinada.

Al mismo tiempo hay una gran necesidad de información diagnóstica en esta zona y puede haber indicaciones precisas para muchas clases de estudios. Una gran sección de la profesión médica tiene que hacer o solicitar estos estudios, entre otros los siguientes:

- Estudios generales del abdomen, obstrucción, etc.
- Programas, de excreción y retrógrados, cistogramas, uretogramas.
- Transitos intestinales, estómago, intestino delgado, colon.
- Región lumbar y pélvis (incluyendo la parte superior del fémur).
- Pelvimetrías, histerosalpingogramas, placentografías, etc.
- Aortogramas y otros estudios vasculares.
- Estudios de la vesícula biliar, colangiogramas.
- Procedimientos especiales: estudios con aire retroperitoneal y neumoperitoneo, tomografías, artrogramas de las articulaciones coxofemorales, etc.

Deben emplearse aparatos con características modernas de seguridad y con suficiente potencia y voltaje para penetrar en estas estructuras, siempre tiene que haber in situ un filtro adicional de aluminio de 2,0 milímetros, por lo menos. La exposición total a la radiación se reduce empleando más de 80 kilovoltios.

La distancia ánodo-película debe ser por lo menos de 36 pulgadas (91 cms. aprox.); si es de 40 pulgadas o más, es toda

vía mejor. Se debe emplear el cono adecuado (o accesorio colimado) para la distancia elegida y para abarcar la zona deseada de la película. Es mejor que queden bordes sin exponer en la película que abarcar innecesariamente una zona mayor con el haz primario. En la mayoría de los casos la mejor utilización de la película se logra con los conos rectangulares o colimadores. La alineación cono-haz-película debe incluir solamente el área de interés. Debe comprobarse que no hay escapes marginales en los conos.

Para colocar al paciente en buena posición, para medir correctamente, y para calcular con exactitud las exposiciones, se necesita tiempo y habilidad. Es igualmente necesario controlar con precisión las operaciones en el cuarto oscuro.

En la mayoría de estos estudios es relativamente fácil evitar los testículos sin desvirtuar la información. Siempre habrá algo de radiación dispersa hacia el escroto, pero es mucho menos importante que la radiación del haz primario, cuando sea compatible con la posición y movimientos del enfermo - en los distintos tipos de exploración, es aconsejable añadir protectores locales. En muchos casos es más difícil proteger los ovarios, pero su posición mucho más honda dentro del cuerpo disminuye la dosis que puedan recibir del haz primario. El tamaño del haz primario debe reducirse lo más posible, ya que esto puede permitir la exclusión de los ovarios y también reducir la radiación dispersa que pueda alcanzarlos.

Hay que prestar atención especial a la repetición de exámenes; por ejemplo cuando hay que observar el progreso de las fracturas, los procesos ortopédicos, el curso de las úlce

ras pépticas, etc.

En las embarazadas es al parecer ventajoso posponer las exploraciones pelvimétricas hasta el último trimestre. La mejor información relativa a la cabeza fetal y sus relaciones -- con el canal pélvico se obtienen en el último mes del embarazo. Hay también evidencia de que la sensibilidad somática más crítica del feto se encuentra al principio de su desarrollo.

Exploración de las extremidades. -- Deben emplearse aparatos de rayos X modernos, seguros, con buena fluctuación de voltaje y con cronómetro exacto. Los aparatos portátiles son inadecuados para el uso corriente, ya que están diseñados para -- las limitaciones y necesidades especiales de los casos de urgencia y no tienen la potencia ni la seguridad de los buenos aparatos estacionarios.

Se usará siempre un filtro adicional de aluminio por lo menos de 2,0 milímetros. Para el estudio de los huesos puede llegarse hasta 100 Kvp, con reducción total de la radiación en la región de los voltajes más altos. Los voltajes bajos dan mejores resultados sólo cuando las imágenes de tejidos blandos tienen especial interés.

Las mejores imágenes se obtienen cuando el cono abarca el menor campo posible. Esto reduce también al mínimo tanto -- la radiación directa como la dispersa.

Las imágenes con detalle más fino se obtienen con película regular o noscreen en portapelículas de cartón. Para radiografiar partes muy delgadas, como las manos y las muñecas, -- se necesita muy poca radiación y puede usarse cualquiera de --

Las dos películas, pero es preferible usar la película noscreen porque la exposición es menor. El detalle fino de las partes más gruesas se pierde debido a la radiación dispersa y a que los requisitos de exposición son mayores. Entonces es preferible emplear películas en chasis con pantallas reforzadoras, las cuales aumentan la sensibilidad y reducen la exposición a la radiación. Hay que asegurarse de que el eje del haz está en otra dirección (es muy fácil olvidarse de esto cuando se examina la mano o la muñeca).

La vieja práctica de reducir las fracturas bajo la pantalla radioscópica ya hoy está casi abandonada. Los peligros de esto eran considerables, tanto para el paciente como para el radiólogo. Tal vez el único procedimiento más peligroso es la localización radioscópica y extracción de cuerpos extraños. Esto debe restringirse a casos extraordinariamente especializados y efectuarse controlando la radiación de la manera más rígida posible.

Los beneficios ortopédicos y la consolidación de las fracturas toman tiempo, incluso en la gente joven, debe resistirse a la tentación de mirar demasiado a menudo para ver cómo se va consolidando la fractura. La consolidación y el callo se ven mejor cuando se ha quitado el vendaje de yeso.

Catastros torácicos.— Los programas de catastros torácicos que están ya en efecto o en proyecto deben estudiarse críticamente por lo que hace a los resultados derivados del descubrimiento de enfermedades del tórax.

Solo los que producen resultados apreciables están justi

ficados. Hay que tener en cuenta además que debe haber un método para actuar cuando haya hallazgos positivos a fin de que la población se beneficie en realidad, en vez de que el programa se limite sólo a descubrir las cosas.

Como procedimiento inicial para la tuberculosis en lactantes y niños, así como en los programas prenatales, es preferible la prueba de tuberculina a los catastros con rayos X. En general es innecesario hacer exploraciones radiológicas en los que tienen reacción negativa.

El equipo y las técnicas empleadas para los catastros torácicos por exploración radiológica merecen atención particular. Bajo condiciones óptimas no se requiere más que muy pequeña cantidad de radiación para una sola exploración del tórax. La menor exposición relativa es la que se necesita para películas de 14 por 17 pulgadas (35 por 43 cms. aprox.) en chasis con pantallas reforzadoras (aproximadamente 0,05 rad en la región torácica y menos de 0,001 rad a las gónadas, en las mejores condiciones) para fotofluorogramas con óptica despegada se necesitan de 3 a 5 veces estas cantidades; y para fotofluorogramas con óptica convencional, de 10 a 20 veces. La elección entre estas formas de aparatos está a menudo dictada por la disponibilidad y el costo y en realidad puede usarse cualquiera, pero debe preferirse el método que proporcione la menor exposición. Es generalmente más importante dirigir la atención al mantenimiento estricto y constante del control sobre las condiciones de funcionamiento y sobre la técnica de la manera siguiente:

- Limitación del haz primario por medio del cono y el-

diafragma.

El haz debe alinearse precisamente con la zona de la película o de la pantalla, y confinarse estrictamente a sus límites.

- **Filtración.** Hay que añadir una filtración al haz -- primario mediante otro filtro de aluminio de 2,0 milímetros por lo menos. La filtración total debe ser igual a la de 2,5 milímetros de aluminio por lo menos. Esta puede aumentarse si el equipo lo permite.
- **Protección local.** Deben existir medidas protectoras y blindaje adecuado para todo el personal. Es preciso determinar su eficacia por medio de dosímetros de película.
- **Control de la exposición y del revelado.** Si se emplea una técnica de exposición precisa y se controla el revelado de la película, se obtendrá el máximo de información de cada radiografía y solo habrá que repetir algún examen.
- **Estado del equipo.** Cada pieza del equipo debe probarse detalladamente para determinar la potencia de radiación y para encontrar cualquier radiación dispersa o escapes en el receptáculo del tubo o el cono. No deben tolerarse los equipos anticuados o defectuosos. Es aconsejable mantener una distancia de 5 a 6 pies (1 metro y medio a 1.80 cms. aproximadamente) -- entre el tubo y la película o la pantalla.

Radioterapia de las lesiones benignas. -- Las lesiones --

Las lesiones que se han venido tratando con radioterapia deben — juzgarse con la crítica más objetiva para determinar su indicación médica. La terapia para la llamada hipertrofia del timo se ha abandonado casi por completo al mejorar el diagnóstico del mediastino superior en los lactantes, en la actualidad es muy rara.

Cuando se crea que la radioterapia es necesaria en los lactantes y en los niños, por ejemplo en los hemangiomas, es imperativo que se mantenga el más preciso control por lo que se refiere a la dosis y el volumen de tejido que se incluye en la radiación. Es preciso considerar la alternativa de — otras formas de tratamiento. Debe aplicarse el mismo juicio médico y la misma consideración especializada para los casos de acné vulgaris, lesiones eczematoides, infecciones fungoides y otras enfermedades benignas de la piel, así como para la bursitis, la peritendinitis, y la artritis. En estos casos el volumen total de tejido y las regiones especiales incluidas son tan importantes como la dosis máxima y el factor fraccionario empleado.

Otras exploraciones radiográficas.— Hay una gran variedad de exploraciones radiográficas que no se han tratado específicamente en las secciones anteriores. Entre ellas se cuentan las exploraciones completas y especiales del tórax, — la cabeza, el cuello y la columna vertebral. Hay algunos estudios, como por ejemplo, las exploraciones tomográficas, los procedimientos angiográficos y los catastros óseos, que requieren considerable irradiación. Deben hacerse solamente bajo las condiciones más cuidadosamente controladas por perso-



nal competente con equipo moderno y adecuado, y con pacientes que presenten hallazgos y síntomas médicos apropiados.

### 3.- Legislación de la Radiación:

El día martes 25 de Abril de 1978; en el Diario Oficial, se dió a conocer el Reglamento de Seguridad Radiológica para el uso de equipos de Rayos X tipo diagnóstico, emitido por la Secretaría de Salubridad y Asistencia; el cual consta de lo siguiente:

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Presidente de La República.

JOSE LOPEZ FORTILLO. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, en ejercicio de la facultad que concede al Ejecutivo de mi cargo la fracción I del Artículo 89 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, y con fundamento en las disposiciones contenidas en los Artículos 44, 45, 46, 68, 71, 72, 104, 278, 388, y demás relativos del Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos,

#### CONSIDERANDO:

I.- Que el uso correcto de los rayos X, de gran utilidad en diversos campos de la medicina y muy especialmente en el de radiodiagnóstico, ineludiblemente debe tomar en cuenta en cada caso, una relación riesgo-beneficio compatible con el objeto clínico buscado;

II.- Que para lograr una correcta aplicación de los rayos X tipo diagnóstico se requiere tener conciencia clara del riesgo representado por su uso, debiendo respetarse ciertas normas generales mínimas en cuanto a la seguridad radiológica, con el objeto de mantener la dosis de radiaciones a médicos, perso-

nal paramédico y a todas aquellas personas que, por cualquier motivo, se encuentren en los alrededores, tan bajas como sea factible, reduciendo por ende, las dosis recibidas por la población en general;

III.- Que es innegable que el empleo indiscriminado y el abuso en el manejo de aparatos de rayos X tipo diagnóstico, puede ocasionar daños a la salud de la población y a su progenite, al producir mutaciones genéticas y aberraciones cromosómicas en personas expuestas a las mismas;

IV.- Que el Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos ha establecido en diversos artículos, las bases necesarias para reglamentar con la amplitud que se requiere, esta importante materia, y,

V.- Que para alcanzar los objetivos mencionados, resulta necesario contar con un ordenamiento legal que regule el uso de los equipos de rayos X tipo diagnóstico, el diseño adecuado de los mismos, así como de sus instalaciones, las técnicas radiológicas y la aplicación de normas de seguridad radiológica, a la vez que promueva la capacitación del personal ocupacionalmente expuesto, por lo que ha tenido a bien expedir lo siguiente:

## REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA PARA EL USO DE EQUIPOS DE RAYOS X TIPO DIAGNOSTICO

### CAPITULO I

#### Disposiciones Generales

(Se enunciarán los artículos que directamente están relacionados con el área Odontológica).

ARTICULO 4o.- Las personas a las que se alude en este Reglaman-

to se denominan como sigue:

I.- Responsable en seguridad radiológica: La persona física encargada de supervisar que los equipos de rayos X tipo diagnóstico se instalen y funcionen de acuerdo con las normas que establece este Reglamento, así como asesorar al usuario en el empleo adecuado de los mismos en cuanto a seguridad radiológica;

II.- Usuario: La persona física que utilice directamente o dirija el uso de equipos de rayos X tipo diagnóstico, y que será responsable de que su uso se ajuste a las técnicas radiológicas que garanticen la dosis mínima al paciente y al personal ocupacionalmente expuesto, y,

III.- Ayudante técnico: La persona física que bajo la dirección y responsabilidad del usuario, manipula los aparatos y equipos de rayos X tipo diagnóstico.

ARTICULO 6o.- Toda persona física o moral, pública o privada -- que importe equipos, aparatos o accesorios de rayos X tipo diagnóstico, deberá contar con autorización Sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

ARTICULO 8o.- Los establecimientos en donde se instalen equipos de rayos X tipo diagnóstico deberán contar con Licencia Sanitaria de funcionamiento y con autorización de uso de la propia instalación.

ARTICULO 9o.- Los propietarios de equipos de rayos X tipo diagnóstico instalados en un establecimiento, serán responsables de que éste cuente con las autorizaciones -- previstas en el presente Reglamento.

## CAPITULO III

### De las Autorizaciones

ARTICULO 11.- Son obligaciones del responsable en seguridad radiológica:

I.- Elaborar el manual de normas de seguridad radiológica para el uso de aparatos de rayos X tipo diagnóstico que señalará: Técnicas de dosimetría, técnicas de cuarto oscuro, dispositivos de seguridad y demás normas procedentes;

II.- Asesorar al usuario y al técnico radiólogo en la aplicación de las normas de seguridad radiológica.

III.- Revisar periódicamente las instalaciones equipos y aparatos de rayos X tipo diagnóstico a fin de comprobar que se cumplan las normas de este Reglamento, las disposiciones que de él se deriven y lo establecido por el manual de normas de seguridad radiológica;

ARTICULO 13.- Son obligaciones del usuario:

I.- Vigilar la aplicación de las normas de seguridad radiológica;

II.- Verificar que las personas que operan los aparatos de rayos X tipo diagnóstico que el dirija, estén autorizadas para ello, y,

ARTICULO 14.- Para obtener autorización de ayudante técnico, el interesado deberá:

I.- Presentar título de técnico en radiología, registrado en la Secretaría de Educación Pública y en la Secretaría de Salubridad y Asistencia o comprobar estudios equivalentes, y,

II.- Acreditación conocimientos en seguridad radiológica mediante examen presentado y aprobado ante la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

## CAPITULO VII

### De los Equipos

ARTICULO 70.- En el control de los equipos de rayos X tipo diagnóstico, deberá indicarse el potencial y la corriente de tubo de rayos X que se esté utilizando en el momento de la exposición.

ARTICULO 74.- El tubo de rayos X deberá contar con diafragmas, conos o colimadores que limiten el haz útil al área de interés para el diagnóstico.

ARTICULO 75.- El colimador deberá contar con un haz luminoso coincidente con el haz útil, que indique el tamaño del área de interés para el diagnóstico.

ARTICULO 76.- El equipo de rayos X tipo diagnóstico deberá contar con un sistema de limitación ajustable del haz, que proporcione campos regulares y que alinee la placa con el haz útil, mostrando los límites de éste en la placa.

ARTICULO 84.- El disparador de los equipos fijos de radiografía deberá localizarse fuera de la sala de rayos X, o en su defecto detrás de una mampara blindada.

ARTICULO 85.- En los equipos portátiles o dentales de radiografía, el disparo deberá realizarse a una distancia mínima de 2 metros del tubo y del paciente.

ARTICULO 88.- En los equipos de radiografía dental, la carcasa — del tubo de rayos X deberá estar sostenida por el mismo equipo y mantenerse fija en la posición deseada durante la exposición.

ARTICULO 89.- Los equipos de radiografía dental deberán contar — con un reloj debidamente calibrado; que controle el — tiempo prefijado por el operador para la exposición en radiografía dental convencional. Las exposiciones no serán mayores de 5 segundos.

ARTICULO 90.- En exámenes radiográficos dentales, la filtración — total del haz útil no deberá ser menor que los valores especificados en el Artículo 73 de este Reglamento.

ARTICULO 91.- Para la toma de una radiografía dental convencio—  
nal, el equipo de rayos X tipo diagnóstico deberá contar con un cono espaciador que limite el campo de estudio y que dé una distancia mínima foco piel de 20 centímetros para equipos que operen a más de 60 Kilovolts y no menos de 10 centímetros para equipos que operen a 60 Kilovolts o menos, y cuyo diámetro de salida sea menor de 7.5 centímetros.

ARTICULO 92.- El usuario de equipos de radiografías dentales deberá utilizar dispositivos de sostén para la película — y solo cuando el caso clínico no lo permita, la sosten — drá el paciente.

ARTICULO 93.- Los equipos utilizados para radiografía dental espe —  
cial, como procedimientos panorámicos o cefalométricos, deberán ajustarse a las normas para radiografías gene —

rales que contiene este Reglamento.

ARTICULO 99.- Las violaciones al presente Reglamento y disposiciones que de él se deriven, serán sancionadas administrativamente por la Secretaría de Salubridad y Asistencia la que aplicará lo dispuesto en el Capítulo III -- del Título Décimoquinto del Código Sanitario y lo que señale el presente Reglamento.

ARTICULO 109.- Los establecimientos a que se refiere este Reglamento que carezcan de Licencia Sanitaria o de autorización de uso de sus instalaciones, serán sancionados en los términos del presente capítulo, y en caso de que no las soliciten en el término de diez días, serán -- clausurados hasta en tanto no obtengan la autorización de uso y la Licencia Sanitaria respectiva.

Se procederá a la clausura definitiva de estos establecimientos cuando les sea resuelta negativamente la solicitud de Licencia Sanitaria o de autorización de uso de la instalación.

#### TRANSITORIOS

ARTICULO PRIMERO.- El presente Reglamento entrará en vigor a los 90 días hábiles de su publicación en el "Diario Oficial" de la Federación.

ARTICULO SEGUNDO.- Los establecimientos que cuenten con equipos de rayos X tipo diagnóstico y que estén funcionando al entrar en vigor este Reglamento, deberán recabar las -- autorizaciones y licencias de vigor, en un plazo de 12



meses que se contarán a partir de la fecha de vigencia del presente Reglamento.

ARTICULO TERCERO.- Se derogan las disposiciones que se opongan al presente Reglamento.

Dado en la residencia del poder Ejecutivo Federal, en la ciudad de México, Distrito Federal, a los cinco días del mes de Abril de mil novecientos setenta y ocho - José López Portillo - Rúbrica - El Secretario de Salubridad y Asistencia, Emilio Martínez Manautou - Rúbrica.

ARTICULO 73.- El haz útil deberá filtrarse de acuerdo con las siguientes especificaciones:

I.- En trabajos de diagnóstico normal, incluyendo radiografía dental, el filtro deberá ser:

a).- Equivalente y no menor de 1.3 milímetros de aluminio para voltajes hasta de 70 kilovolts inclusive;

b).- De 2 milímetros de aluminio para voltajes entre 70 y 100 kilovolts, y,

c).- De 2.5 milímetros de aluminio para voltajes mayores de 100 kilovolts, y,

II.- En procedimientos con potenciales de operación por debajo de 50 kilovolts (mastografía) la filtración permanente total mínima deberá ser equivalente por lo menos a la que se obtiene con filtros de 0.5 milímetros de aluminio.

## CONCLUSIONES

En la realización de esta tesis, se trata de explicar lo más concretamente posible los siguientes aspectos:

- a).- La protección de los cubículos destinados a contener equipos que emiten radiación; ya que de no haber la suficiente protección hay un riesgo muy grave para quienes indirectamente están expuestos.
- b).- Dar a conocer las medidas de seguridad indispensables para el operador y el paciente, tratando de lograr así una mejor prevención de lesiones que por este medio se producen.
- c).- Tener conocimiento de los principales daños somáticos y genéticos descubiertos hasta la actualidad, y por consiguiente evitar al máximo la exposición.
- d).- Regirse a los lineamientos que la Legislación de la Radiación nos marca; en cuanto a Odontología se refiere.
- e).- Tomar conciencia sobre nuestra responsabilidad profesional; al hacer uso de los rayos X, con el conocimiento pleno de los peligros que esto implica.

BIBLIOGRAFÍA

1.- Manual de Terapéutica Física. V. Belloch. E. Zaragoza.

2.- Manual de Tecnología Radial. Jacobo y Paris.

3.- Técnica Radiológica. Cuauhtémoc Castañeda.

4.- Radiología Odontológica. Gómez Mutalá y Recaredo.

5.- Diagnóstico Odontológico. Estafne.

6.- Radioterapia. Hodges, Fred Jenner.

7.- Radiología Dental. O. Brien, Richard.