



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ODONTOLOGIA

HIGIENE RADIOLOGICA EN ODONTOLOGIA

T E S I S

Que para obtener el Título de
CIRUJANO DENTISTA
P r e s e n t a

IMELDA LOBATO REYES



México, D. F.

1984



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.

I N D I C E .

INTRODUCCION.	PAGS.
I.- ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CLINICA DE RAYOS X.	
I.- CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS QUE EMITEN RADIACION	I-7
2.- INSTALACIONES PARA ALOJAR EQUIPOS QUE EMITEN RADIACIONES	8-16
II.- LA RADIACION Y SUS PELIGROS.	
I.- FUENTES DE RADIACION	17-21
2.- DOSIS Y CONTROL DE LA RADIACION	22-28
3.- MANIFESTACIONES DE LA RADIACION	29-34
III.- RIESGOS Y EFECTOS BIOLOGICOS DE LA RADIACION.	
I.- DAÑOS SOMATICOS	35-39
2.- DAÑOS GENETICOS	40-44
IV.- PROTECCION CONTRA LA RADIACION EN LA PRESCRIPCION DE EXAMENES RADIOLOGICOS.	
I.- NORMAS GENERALES DE PROTECCION RADIOLOGICA	45-48
2.- RADIOGRAFIA DENTAL	49-51
3.- LEGISLACION DE LA RADIACION	52-61
BIBLIOGRAFIA.	62

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

El estudio de las radiaciones ionizantes, es de gran importancia, tanto por sus logros en su aplicación como por sus riesgos en el manejo.

Si bien, los rayos X, nos proporcionan una gran ayuda en el diagnóstico y planeación del tratamiento de los pacientes, también su uso inadecuado podría ser de graves consecuencias si no se toma en cuenta lo siguiente:

A.- La instalación adecuada para el funcionamiento de un equipo de rayos X.

B.- La dosis necesaria para su uso según el caso.

C.- La protección adecuada tanto para el profesional como para el paciente y

D.- El perfecto conocimiento de los daños y efectos biológicos de la radiación.

Teniendo esto en cuenta, debemos poner especial atención en el manejo de cualquier tipo de radiación, ya que puede producir desde alteraciones pasajeras, hasta mutaciones genéticas en futuras generaciones o la muerte del individuo por irradiación.

De ahí, que un tema como lo es el de las radiaciones ionizantes, debería ser objeto de atención y estudio más profundo por la población profesional, que tiene la responsabilidad de manejar dichos recursos en su práctica.

TEMA I.ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CLINICA DE RAYOS X.I.- CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS QUE EMITEN RADIACION.2.- INSTALACIONES PARA ALOJAR EQUIPOS QUE EMITEN RADIACIONES.I.- CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS QUE EMITEN RADIACION.PRODUCCION DE RAYOS X.

Los rayos X, se originan cuando los electrones que forman el haz de rayos catódicos procedentes del cátodo chocan con un obstáculo, formado por un metal de alto número atómico, que forma el polo positivo del tubo (ánodo). De este modo, en el tubo de rayos X, los electrones que proceden del cátodo, salen de él en forma de haz con velocidad muy alta, producida por la diferencia de potencial establecida entre cátodo y ánodo y se proyectan violentamente sobre el ánodo. En el choque producido el electrón cede su energía y continúa su marcha a través del circuito eléctrico de la instalación. La energía perdida por el electrón, es la que va a producir los rayos X, pero el electrón continúa su trayectoria constituyendo como en cualquier circuito, el substrato de la corriente eléctrica. El electrón solo ha hecho una cesión de energía, continuando con sus características y contribuyendo a cerrar el circuito.

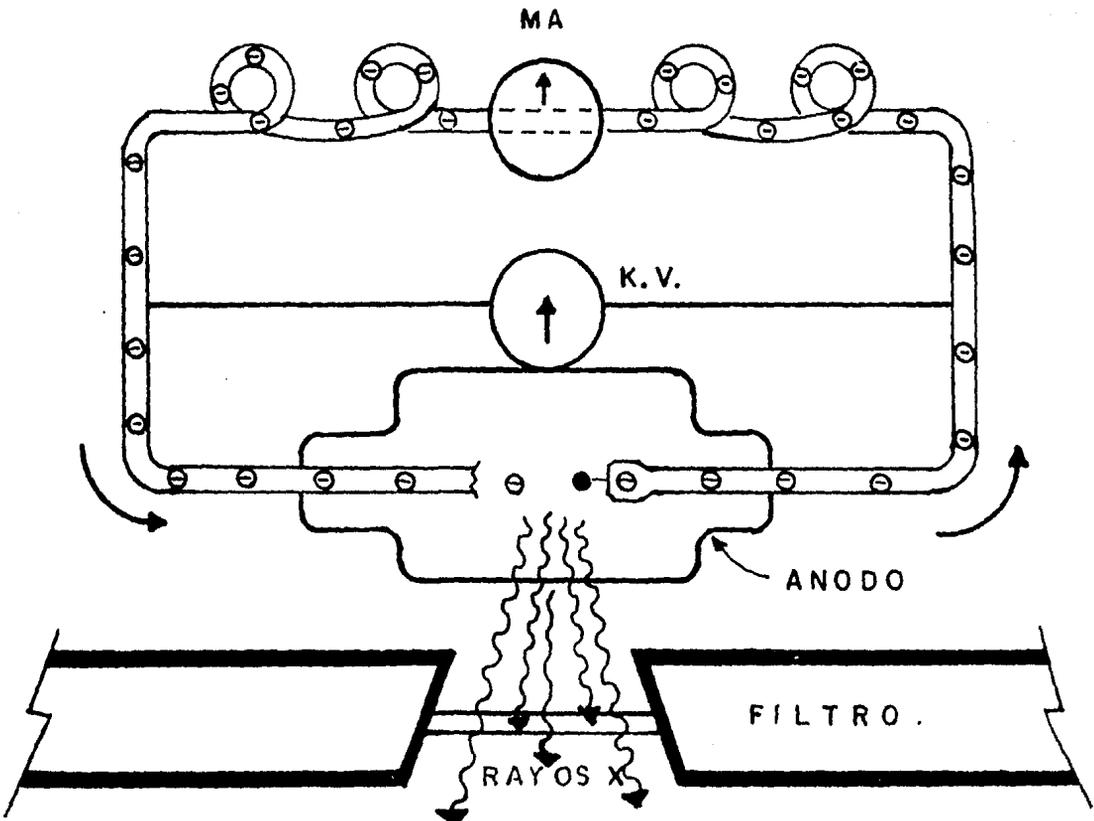
El mecanismo íntimo de producción de radiaciones consiste, pues, en transformar la energía del electrón catódico en radiación electromagnética.

La fuerza con que los electrones golpean el blanco, depende del voltaje impuesto (medida en Kilovoltios), al aumentar el-

voltaje, se aumenta el poder penetrante de los rayos X porque se emiten rayos X de longitud de onda más corta. Al aumentar la corriente sin cambiar el kilovoltaje se aumenta la cantidad de radiación sin afectar la longitud de onda (calidad).

Cuando los rayos X salen del tubo, son en cierto modo filtrados por las paredes del mismo y del material de la ventana de salida. La filtración puede aumentarse usando más material filtrante exteriormente. En la filtración se absorbe diferencialmente una mayor proporción de rayos X de onda larga, y se transmiten más rayos X de onda corta (penetrantes).

TRANSFORMADOR DE ALTO VOLTAJE .



Tanto en radiografía como en radioscopia, es aconsejable usar ki lovoltajes altos y la mayor cantidad de filtración compatible -- con el contraste adecuado de la imagen, en esta forma, mientras se obtiene en la pantalla radioscópica o en la película una imagen útil, el cuerpo absorbe la menor cantidad posible de radiación.

DISPOSICIONES GENERALES PARA DIAGNOSTICO RADIOGRAFICO.

___ Los aparatos de rayos X usados en los gabinetes de radiografía, deberán tener un tubo emisor con cubierta de protección del tipo adecuado para diagnóstico.

___ Los diafragmas, obturadores o conos empleados para limitar el haz útil de radiación, deberán proporcionar el mismo -- grado de protección que la cubierta blindada.

___ El espesor total de los filtros permanentes, se determinará en función del máximo voltaje de operación del aparato de rayos X. Los equipos que operan a potenciales mayores de 70 Kv, deberán tener un espesor de filtro total, en el haz útil, equivalente a 2.5 mm. de aluminio: para los aparatos que operan por debajo de ese potencial, el espesor del filtro permanente será el equivalente a 1.5 mm. de aluminio.

___ Los equipos de rayos X, tendrán un interruptor que suspenda la emisión de la radiación después de un tiempo de exposición previamente fijado.

___ Los aparatos de rayos X, deberán tener un interruptor-- automático de la exposición que solamente pueda operarse desde el

tablero de control.

___ La radiación en el exterior de un generador con válvulas rectificadoras, tratándose de aparatos de rayos-X de alta tensión, no será mayor de 20 mR/hr a 5 cm de su superficie, ni mayor de 2 mR/hr en cualquier lugar accesible dentro de una área controlada ".

Si este generador se localiza en "areas controladas", se deben tomar las precauciones para reducir la dosis de los valores permisibles en dichas áreas.

___ Los aparatos de rayos X, contarán de preferencia con un haz luminoso cuya colimación y campo sean semejantes a los del haz útil de radiación. El haz luminoso se debe poder operar en forma independiente o conjunta con el haz de radiaciones.

___ Los aparatos móviles de rayos X, estarán equipados con diafragmas o conos de colimación y separadores que limiten la distancia entre la placa y la piel a un mínimo de 30.5 cm. de la sección transversal del haz útil, a la dimensión necesaria para el diagnóstico.

___ Estos aparatos móviles, deberán tener un interruptor automático para el control de la exposición, instalado de manera que el operador pueda permanecer a 1.50 m. del paciente y del tubo emisor. El operador deberá mantenerse fuera del haz útil y tener el cuidado de verificar, antes de operar el aparato, que ninguna persona resultará afectada innecesariamente por la radiación.

___ Para estas aplicaciones se recomienda el empleo de apa

ratos con haz luminoso como ayuda para delimitar el campo y colimar el haz de radiación.

RADIOGRAFIA DENTAL.

___ El tubo emisor de los aparatos de rayos X empleados para radiografía dental, deberá tener una cubierta de protección del tipo diagnóstico.

___ Los diafragmas o conos usados para colimar el haz útil de radiación, deberá proporcionar el mismo grado de protección que la cubierta de protección: el diámetro del haz útil en el extremo del cono no será mayor de 7.5 cm.

___ Los aparatos deberán tener un cono o separador destinado a mantener una distancia mínima entre el foco emisor y la piel, de 17.8 cm. para aparatos que operan a potenciales mayores de 50 Kvp, y de 10.2 cm. para los que trabajan a potenciales menores.

___ Los equipos deberán tener filtros permanentes con el siguiente espesor mínimo equivalente: 1.5 mm de aluminio para los que trabajan hasta potenciales de 70 Kvp y 2.5 mm de aluminio para los que operan a mayores potenciales.

___ Deberá existir un interruptor automático que suspenda la radiación al concluir un tiempo de exposición previamente fijado.

___ Si la carga de trabajo es suficientemente baja, de modo que no sea necesario el blindaje para el operador, el gabinete deberá diseñarse para que éste pueda permanecer a 1.80 m del paciente, y lo más alejado posible del haz útil.

TERAPIA. (APARATOS HASTA DE 3 MILLONES DE VOLTS)

Los diafragmas o conos ajustables y removibles no deberán transmitir más de un 5 % de la exposición del haz útil -- cuando el aparato opera al máximo potencial (kilovoltaje) y -- con el máximo espesor de filtros necesarios para el tratamiento terapéutico. Los conos empleados para delimitar el campo y que entran en contacto con el cuerpo del paciente durante la irradiación, no deberán transmitir a través de sus paredes en el punto de contacto, más de un 5% de la exposición del haz útil, medido en el extremo del cono más lejano del foco emisor.

___ Todos los filtros deben tener una indicación de su espesor y de la clase de material de la construcción, y deberá -- existir un sistema que permita su fácil identificación desde el tablero de controles. Los filtros deberán quedar sujetos firmemente en su lugar, mediante un seguro que impida que caigan o se corran de su posición durante el tratamiento.

___ El tubo emisor de rayos X, se construirá en forma tal que no pueda girar o desplazarse con relación a la abertura; en la cubierta de protección se indicará cual es su distancia focal.

___ Estos aparatos de rayos X, deberán contar con los dispositivos necesarios para mantener fija la distancia focal y la cubierta de protección del tubo, durante el tratamiento.

___ También deberán estar provistos de un interruptor automático que suspenda la radiación después de un tiempo previamente fijado .

Se recomienda el uso de dispositivos de medición de la intensidad del haz útil, para comprobar que la dosis de radiación se mantiene constante (o sea, que no hubo errores de filtro, potencial, intensidad de corriente, etc.)

___ Los aparatos usados en terapia superficial, deberán tener una alarma audible o visible que indique cuando está en operación el aparato.

___ Estos aparatos deberán tener interruptores automáticos de tiempo, con precisión de un segundo, cuando menos.

2.- INSTALACIONES PARA ALOJAR EQUIPOS QUE EMITEN RADIACIONES.

DISPOSICIONES GENERALES.

El blindaje de una instalación de aparatos emisores de rayos X, o de modificaciones a las ya existentes, debe diseñarse tomando en cuenta:

- A._ El voltaje y uso a que se destinen los aparatos.
- B._ La carga de trabajo esperada.
- C._ La posibilidad de que dicha área reciba radiación originada por varias fuentes.
- D._ Los detalles estructurales del edificio.
- E._ El uso a que se destinen las áreas que puedan ser afectadas.

La protección contra la radiación en un sitio dado, -- puede proporcionarse colocando la fuente a cierta distancia o colocando entre ambas una barrera protectora adecuada. La barrera protectora puede construirse de plomo, concreto, mampostería, o materiales equivalentes que atenúen la radiación a los niveles permisibles.

Detalles estructurales de construcción de la barra protectora. Las barreras de plomo, se construirán en forma tal que no se deformen a causa de su peso. Deberán protegerse contra posibles daños mecánicos. Cuando el espesor de la barra sea menor a 1 mm. se colocará soportada por marcos de otros materiales más rígidos.

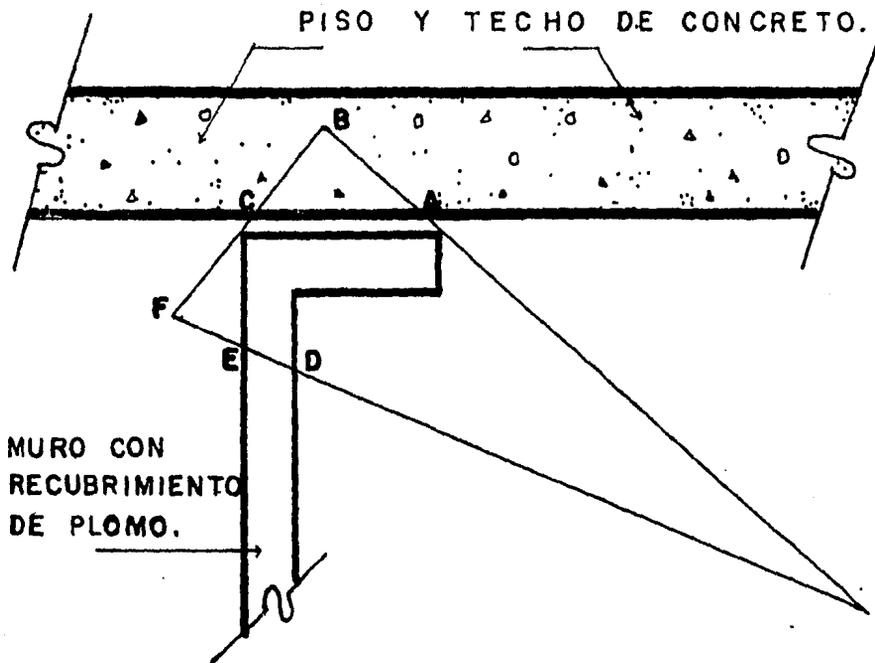
Las juntas de las barreras construídas con lámina de plomo deberán traslaparse por lo menos 1.25 cm. o dos veces el espesor de las láminas eligiendo la mayor de esas dos dimensio--

nes.

Se acepta el empleo de juntas soldadas o fundidas, siempre y --- cuando tengan un espesor equivalente al del blindaje. Las juntas en el piso y techo, se deben proyectar también para que manten-- gan la continuidad de la protección.

Las ventanas y puertas, así como sus marcos, deben tener el espesor equivalente de plomo requerido en la pared que -- las soporta. Cuando el espesor de las paredes de concreto sea-- rebajado, se colocarán placas de plomo alrededor del marco, que compensen la reducción de espesor de la pared. El blindaje de -- las puertas, deberá traslaparse con el blindaje del marco que -- las soporta.

En lo posible, se evitarán las aberturas en la barrera protectora, como lumbreras, respiraderas, tubos, ductos, regis-- tros, etc. Cuando sea indispensable que existan tales disconti-- nuidades en la barrera, serán del tamaño mínimo necesario y de -- preferencia, se localizarán fuera de la dirección del haz útil;-- esas aberturas se deberán proteger adecuadamente, para que la ba-- rrrera no pierda sus características protectoras.



JUNTA TIPICA DE UNA PARED O DIVISION.

LA SUMA DE LAS RADIACIONES A TRAVES DE LAS TRAYECTORIAS A, B, C, F Y D, E, F EN EL PUNTO F, DEBE SER IGUAL A LA EXPOSICION MAXIMA PERMISIBLE.

GABINETES DE DIAGNOSTICO. (EQUIPO FIJO).PROTECCION PRIMARIA.

Se denomina protección primaria, a aquella cuya estructura está formada por hojas o láminas de plomo sujetas a un -- bastidor, con un espesor que va del milímetro en adelante.

PROTECCION SECUNDARIA.

Protección secundaria, es aquella cuyas paredes están hechas de concreto, armadas con varillas de 1/2 pulgada.

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

___ Se colocará "protección secundaria" , en todas las paredes, pisos y techos que no tengan " protección primaria ", cuando así sea conveniente.

___ El cuarto o cabina de control, contará con dispositivos para observar al paciente . Si se instala una ventana, ésta tendrá un 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 los dispositivos adecuados para que el operador, sin abandonar el área protegida, pueda comunicar -- instrucciones verbales al paciente.

___ Los vestidores para pacientes, que estén localizados - en el cuarto de radiografía, deberán tener puertas y muros con - blindaje de espesor equivalente a la " protección primaria. "

INSTALACIONES PARA DIAGNOSTICO DENTAL.

___ Las instalaciones de rayos X para diagnóstico dental, - deberán tener pisos y techo de concreto, así como muros con recu - brimiento de plomo.

___ Los gabinetes empleados para trabajos de radiografía - dental, deberán contar con una " protección primaria " sobre to - das las áreas donde pueda incidir el haz útil.

___ Cuando se encuentren instalados varios equipos de ra - - yos X, la protección del gabinete se construirá del espesor ade - cuado para el trabajo simultáneo de todos los equipos.

INSTALACIONES PARA TERAPIA CON APARATOS QUE TRABAJEN A POTENCIAS MENORES DE 60 Kv. TERAPIA SUPERFICIAL .

___ En todas las áreas de muros, pisos y techos en donde incida directamente el haz útil, deberá colocarse " protección primaria ", en las zonas restantes de esos elementos estructurales, donde éste no pueda incidir se colocará "protección secundaria". Aquí el operador y otras personas pueden permanecer en el cuarto de tratamiento durante la exposición.

___ Un experto calificado, deberá determinar cuando es necesario el uso de blindajes estructurales, puertas emplomadas y cierres de seguridad, o si basta con emplear blindajes móviles o blindajes permanentes en los controles, para reducir el riesgo de la radiación.

___ El término de " rayos Grenz " se usa para describir rayos X que se producen a potenciales menores de 20 Kv. debido a su baja penetración, no necesitan usar blindajes el operador ni las otras personas que permanecen en el cuarto durante el tratamiento, a menos que se expongan directamente al haz útil a una distancia focal menor de 3m. Sin embargo, se debe subrayar que los rayos Grenz pueden causar lesiones semejantes a las que causan otros rayos X, aunque el efecto quede limitado a las capas superficiales de la piel.

___ El término " terapia Superficial " o de contacto, se -

usa para describir tratamientos con distancias cortas entre el foco emisor y la piel; para irradiación de lesiones accesibles, generalmente se emplean equipos que operan a potenciales de 40 a 50 Kv.

TERAPIA CON RAYOS X - HASTA 3 MILLONES DE VOLTS.

___ En todas las áreas de muros, pisos y techos donde incida directamente el haz útil, más una faja de 0.30 m. al rededor de ellas, deberá colocarse " protección primaria ". En las zonas restantes de esos elementos estructurales, donde éste no pueda incidir por las restricciones del mecanismo de orientación del haz útil, se colocará "protección secundaria".

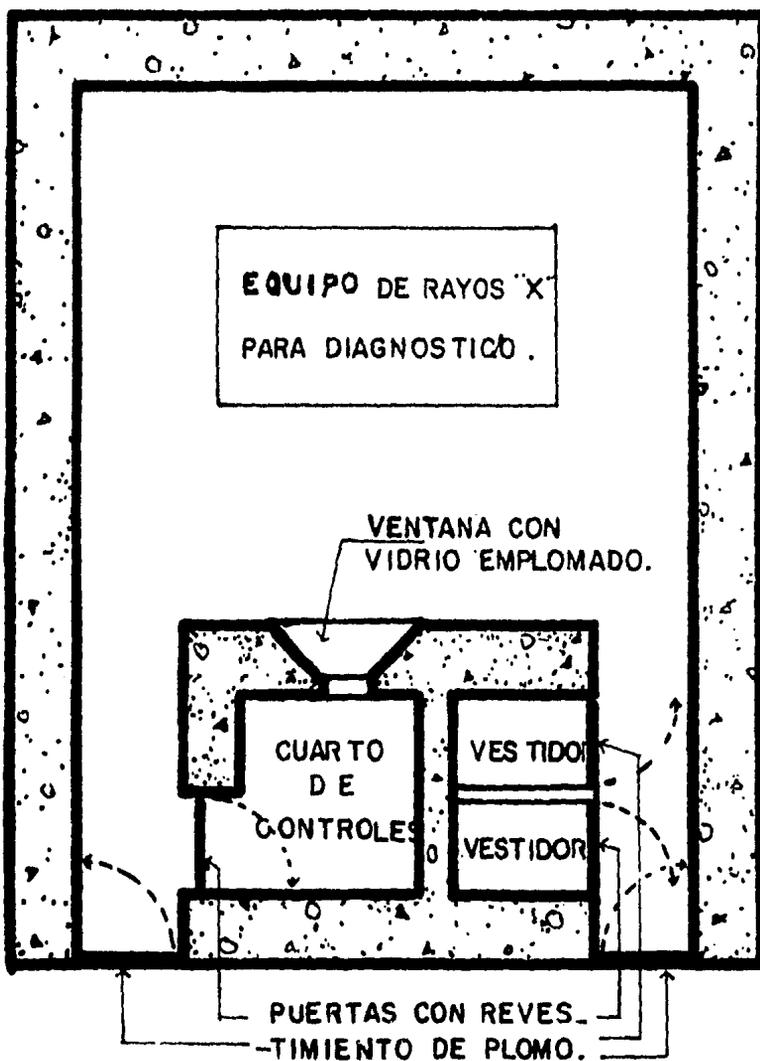
___ El blindaje de los gabinetes de terapia se proyectará considerando las cargas de trabajo, factores de uso y factores de ocupación, en el momento de diseño y en un plazo futuro razonable. La exposición se estimará cuando menos para un período de un año. Se deberá proporcionar la protección necesaria al personal que se encuentre en los cuartos adyacentes, incluyendo los que se encuentran arriba y abajo de los cuartos de tratamiento.

___ Los tableros de control de los aparatos que operan a potenciales mayores de 150 Kv. se localizarán en cabinas blindadas o en otro cuarto adyacente adecuadamente protegido.

___ Todas las puertas de acceso al cuarto de tratamiento, -deberán dotarse de cierres con interruptores, de tal modo que --cuando el aparato esté trabajando y se abra la puerta, se suspen-da automáticamente la emisión de rayos X , o se reduzcan los ni-veles de radiación en el cuarto a un promedio de 2 mR/hr. y un -máximo de 10 Mr/hr. a un metro del foco emisor. Después de que-hayan operado tales interruptores, por la apertura de una puerta, solo será posible hacer funcionar nuevamente el aparato desde el tablero de controles.

___ Entre el gabinete de tratamiento y el cuarto de contro-les, se deberán instalar dispositivos que permitan la observación visual (ventanas con vidrios emplomados, sistemas de espejos, -circuitos cerrados de televisión, etc.), así como medios de co-municación oral para que el operador de los controles pueda vigi-lar y dar instrucciones al paciente durante el tratamiento.

___ En las puertas de entrada al gabinete, es conveniente, -la instalación de señales que indiquen por ejemplo, si está o no funcionando el equipo de rayos X, y por consiguiente, cuándo no-se debe entrar al gabinete.



GABINETE TIPO PARA TOMA DE RADIO-
-GRAFIAS .

TEMA II.LA RADIACION Y SUS PELIGROS.I.- FUENTES DE RADIACION.2.- DOSIS Y CONTROL DE LA RADIACION.3.- MANIFESTACIONES DE LA RADIACION.I.- FUENTES DE RADIACION.

En toda época, el organismo humano ha estado expuesto a la acción de las radiaciones ionizantes procedentes de diversas fuentes. Las fuentes actuales de radiaciones ionizantes de interés para el tema, incluyen las siguientes.

FUENTES NATURALES:

- I.- Radiación Cósmica.
- 2.- Radiación naturalmente emitida en diversa cantidad por los yacimientos de radio, torio, potasio y otros en la corteza terrestre.
- 3.- El contenido natural de elementos radiactivos en las células de los tejidos vivientes.

FUENTES ARTIFICIALES:

- 4.- Material radiactivo e instalaciones técnicas que producen radiación ionizante, tales como los tubos

de rayos X y otros aceleradores de partículas, reactores nucleares, etc., fuentes usadas todas estas en educación, ciencia, medicina, industria y aún - en el comercio.

5.- Las fuentes usadas por la población para otros pro-
pósitos diversos que los mencionados antes, como -
por ejemplo, los compuestos luminiscentes radiac-
tivos para la decoración de las carátulas de los -
relojes luminosos y otros artículos de uso común, -
como los aparatos de televisión, etc. Sin embargo,
hay que advertirlo, estas últimas fuentes son de -
mucho menor significación que aquellas mencionadas
en los párrafos anteriores. Sin embargo, es impor-
tante que su existencia se reconozca.

6.- Elementos radiactivos artificiales distribuidos --
por el hombre en la naturaleza. Como puede compren-
derse, resulta de gran importancia poder establecer
cuál es la actividad de las fuentes naturales y ar-
tificiales que emiten radiaciones ionizantes, y es
pecialmente, cual es la cantidad de radiación a --
que el hombre está expuesto permanentemente.

Es necesario decir, que las fuentes más importan-
tes de radiación, son las que emiten radiación io-
nizante cuya cantidad a un nivel normal, es recibi-
da en una dosis media por las gónadas y la canti-
dad de radiación natural oscila entre dos y cinco-
roentgens por individuo en 30 años.

RADIACIONES NATURALES.

La radiación ionizante, de baja intensidad forma parte de nuestro medio ambiente y se le denomina radiación de fondo. - parte de ella, procede de ciertos elementos del suelo. Los átomos de los metales pesados, uranio y torio sufren una desintegración constante pero lenta, durante la cual emiten rayos alfa, beta y gamma. Aunque estos elementos no son los más abundantes, están muy difundidos: en casi todas partes se pueden encontrar minerales que contengan pequeñas cantidades de uranio y de torio.

Además, toda la tierra sufre un bombardeo de rayos cósmicos procedentes del espacio ultraterrestre y de partículas de gran energía procedentes del sol.

La intensidad de la radiación de fondo, varía de un punto a otro de la tierra por diversas razones. El campo magnético terrestre desvía ligeramente los rayos cósmicos hacia los polos magnéticos y estos rayos también son absorbidos por la atmósfera en cierta medida. Por esta razón, los habitantes de las regiones ecuatoriales están menos expuestos a los rayos cósmicos que los de las regiones polares; los de las llanuras, con más capas atmosféricas sobre sus cabezas, están menos expuestos que los de las altas mesetas y montañas.

Cuando se trata de estimar los efectos biológicos de esta radiación, el rad y el roentgen no son unidades totalmente satisfactorias. Ciertos tipos de radiación, como los integrados por partículas relativamente grandes, producen iones con más eficiencia y provocan cambios moleculares con mayor facilidad que las radiaciones electromagnéticas que administran la misma canti

dad de energía al organismo . Por ejemplo, si el organismo absorbe I rad de partículas alfa, los efectos producidos son de 10 a 20 veces mayores que si hubiera absorbido I rad de rayos X, rayos gamma o partículas beta.

A veces se habla de la eficacia biológica relativa de la radiación o del equivalente del roentgen para el hombre (rem) . Un rad de rayos X, rayos gamma o partículas de beta tiene un rem de uno , mientras que un rad de partículas alfa tiene un rem de 10 a 20.

ALGUNAS MEDIDAS SOBRE EL CONTROL DE MATERIAL RADIOACTIVO.
DICTADAS POR LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR DE MEXICO.

- 1.- Las técnicas para detectar los residuos de las pruebas atómicas deben ser mejoradas.
- 2.- Las medidas para el almacenamiento de radiación en la estratósfera, deben ser continuadas y aumentadas.
- 3.- Una agencia nacional, debería controlar y guardar expedientes de todo el material radiactivo que se tira al mar.
- 4.- Un organismo internacional debería proponer reglas de seguridad para los desechos de materiales radiactivos en el mar y en el aire, lo más pronto posible; reglas que estén basadas en conocimientos especializados.
- 5.- investigaciones en dispositivos marinos deberían llevarse a cabo sobre una base de cooperación internacional.

- 6.- Los edificios que contengan reactores deberán estar sellados contra la salida del material radiactivo, ya que en caso de accidente los poblados cercanos - estarán protegidos.
- 7.- La investigación en los campos de genética fundamental, genética de mamíferos, y genética humana y de población, debe ser continuada y aumentada.

2.- DOSIS Y CONTROL DE LA RADIACION.

La radiación, como cualquier otro agente terapéutico, necesita de una dosificación correcta para ejercer el efecto terapéutico buscado. Pero, a diferencia de los agentes químicos, al administrar una energía al organismo debemos tener en cuenta dos medidas distintas: La de cuanta energía proporcionamos, y la de qué porcentaje de esta energía quedará en el organismo, ya que sabemos, que para sus efectos biológicos sólo es eficaz la energía absorbida.

UNIDADES DE MEDIDA EN LA CANTIDAD DE RAYOS X.

Para medir la cantidad de rayos X, se utilizan Unidades Biológicas o Físicas.

UNIDAD BIOLOGICA

La Unidad Biológica, está representada por la clásica Dosis Eritema, o sea la cantidad capaz de provocar el enrojecimiento de la piel; a pesar de ser una unidad empírica bastante imprecisa, a causa, entre otras, de las variaciones individuales, su comprobación (aparición), particularmente en el paciente dental, es índice de que éste ha absorbido una cantidad peligrosa.

UNIDADES FISICAS.

Roentgen. Es la unidad de exposición a la radiación y representa la cantidad de radiación que producirá cierta ionización en un volumen especificado de aire.

RAD. Es la unidad de radiación absorbida, es decir, de energía absorbida por sustancias tales como los tejidos.

REM. Es la unidad de radiación absorbida en la que se toma en cuenta la diferente efectividad biológica relativa de -- los distintos tipos de radiación, (por ejemplo los rayos alpha) un rem equivale a un rad y puede considerarse como un " rad-equivalente-hombre.

DOSIS GONADAL.

Está representada por los rayos secundarios que, entran por la nariz, mandíbula(cabeza del paciente), y los rayos del - centralizador plástico, que llegan a través del aire a la región subabdominal (testículos, ovarios). Respecto a esta dosis, debe tenerse en cuenta además:

A.- Que la radiación es mayor en el niño que en el adulto (ya que el torso es más corto y también la distancia a la región subabdominal es menor).

B.- Es mayor este tipo de radiación en el sexo masculino que en el femenino (a causa de que los testículos están más cerca de la piel que los ovarios).

Respecto a esta dosis, es importante que se tenga presente, que la misma puede aumentar peligrosamente, en los procedimientos en los cuales los rayos primarios pueden llegar directamente a la región gonadal.

DOSIS PACIENTE-PROFESIONAL.

RESPECTO AL PACIENTE. La dosis, la determinan los rayos primarios que recibe la cara (piel, cuero cabelludo), directamente desde el foco , más una menor cantidad de rayos secun

darlos retrógrados sobre tejidos subcutáneos, y también los rayos secundarios originados en el colimador, cuando éste no sea el indicado (cono de plástico). Además de la dosis piel de entrada, deben considerarse también la dosis piel de salida y entre ambas obtendremos la dosis profunda.

RESPECTO AL PROFESIONAL.

Dosis Profesional. Está formada principalmente por los rayos secundarios y por escape que llegan al cuerpo del profesional o personal auxiliar cercano.

En los casos, en que estas personas por ignorancia o por negligencia, se expongan total o parcialmente a los rayos del haz primario, esta dosis aumentará muy peligrosamente.

DOSIS MAXIMA TOLERABLE.

Definimos como dosis máxima tolerable, aquella que basada en nuestros conocimientos, no se cree que cause daño orgánico apreciable en una persona, en cualquier período de su ciclo vital ni a su descendencia.

Para la población no trabajadora, tenemos como dosis máxima tolerable 10 mR. por semana.

DOSIS MAXIMA PERMISIBLE.

Es la mayor cantidad de radiaciones que se permite reciba una persona de acuerdo con el Reglamento de Seguridad Radiológica Para el Uso de Equipos de Rayos X Tipo Diagnóstico. (en México).

DOSIS MAXIMAS PERMISIBLES.

Para personas que trabajan en las instalaciones de Rayos X, tipo diagnóstico.

___ El personal ocupacionalmente expuesto, solo podrá acumular 3 rems en un trimestre, pero en ningún caso la dosis excederá de 5 rems por año.

___ La dosis acumulada en piel, en la glándula tiroides o en los huesos durante cualquier trimestre, no deberá exceder de 15 rems, la dosis anual quedará limitada a 30 rems.

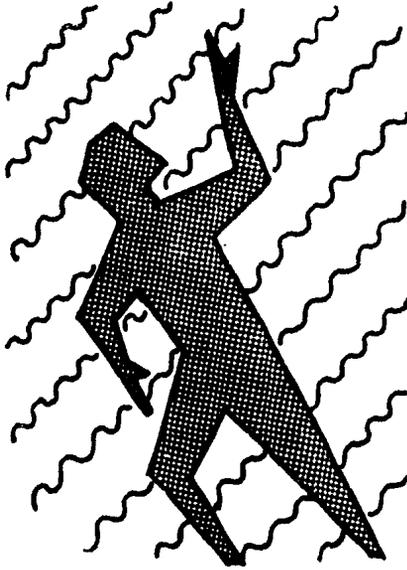
___ La dosis acumulada en las manos, antebrazos, tobillos y pies, durante cualquier trimestre, no excederá de 30 rems. La dosis anual quedará limitada a 75 rems.

___ La dosis acumulada en cualquier otro órgano individual, durante un trimestre, no deberá exceder de 7.5 rems. La dosis -- quedará limitada a 15 rems.

___ Las mujeres en edad reproductiva ocupacionalmente expuestas, no podrán acumular mas de 0.1 rem por semana.

___ La mujer gestante ocupacionalmente expuesta, no deberá recibir una dosis superior a un rem, durante el período de gestación.

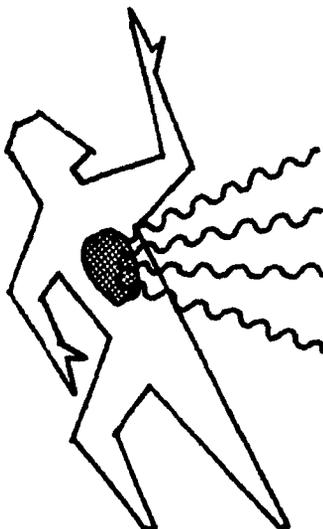
EFECTOS PRODUCIDOS POR GRANDES DOSIS DE RADIACION A TODO EL CUERPO.



Esta es la clase de exposición producida por las armas atómicas, y por accidentes con energía nuclear. 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 MODIFICACION DE LAS CELULAS SANGUINEAS, SIN LESION GRAVE APARENTE. |
| De 50 a 100 rads _____ | MODIFICACION DE LAS CELULAS SANGUINEAS, LESION MODERADA SIN INVALIDEZ. |
| De 100 a 200 rads _____ | LESION, POSIBLE INVALIDEZ. |
| De 405 rads o mas _____ | MUERTE PROBABLE. |

EFFECTOS PRODUCIDOS POR GRANDES DOSIS DE RADIACION A PORCIONES
LIMITADAS DEL CUERPO.



Esta clase de exposición, es con frecuencia necesaria para el tratamiento del cancer y otras enfermedades graves. tales exposiciones, pueden ocurrir accidentalmente a consecuencia de explosiones de armas atómicas, del abuso de exploraciones radioscópicas y de procedimientos radiográficos demasiado largos o repetidos.

___ Una cantidad de 25 rads administrada a un embrión en el período de su desarrollo en que es más sensible (hasta tres meses), puede producir malformaciones.

___ Una cantidad de 200 rads a la region tiroidea de los niños, puede influir en el índice posterior de cancer del tiroides.

___ Exposiciones de 200 a 500 rads en las gónadas, pueden producir esterilidad temporal; eritema local en la piel y depilación 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. hay que vigilar, sin embargo, la posible aparición de otras manifestaciones tardías, tales como: necrosis ósea aséptica, cataratas por radiación etc. en años posteriores.

3.- MANIFESTACIONES DE LA RADIACION.

Desde años atrás, se apreció que las radiaciones generalizadas o localizadas, sobre un organismo, podrían dar lugar a alteraciones de tipo patológico. Estas alteraciones pueden ser por tres factores diferentes:

A.- Porque se usen radiaciones con fines terapéuticos. Puede haber una reacción local en el organismo, ésta puede ser antes o después del tratamiento, y constituye el cuadro clínico conocido con el nombre de Pequeño Mal de Rayos o más comunmente denominado RADIOTOXEMIA.

B.- Como consecuencia de irradiaciones masivas, producidas experimentalmente en animales o accidentalmente en el hombre, comprendiendo los SINDROMES HIPERAGUDO Y AGUDO DE IRRADIACION.

C.- Por dosis pequeñas de irradiación, en repetidas veces, y se le denomina SINDROME CRONICO DE IRRADIACION. Generalmente son profesionales expuestos continuamente.

RADIOTOXEMIA.

Después de una exposición radiológica, en el organismo pueden aparecer efectos generales que en su conjunto se denominan intoxicación por rayos X. La sintomatología consta de :

Cansancio, malestar general, pérdida del apetito, mareos, cefaleas, insomnio, nauseas, vómitos, tendencia a la diarrea y raramente la aparición de sobreexcitación con estado de angustia y disnea, A veces aparece una ligera elevación de la tem-

peratura.

La intensidad y duración del síndrome depende de :

- A.- La dosis volumétrica administrada.
- B.- De la radiosensibilidad de los órganos irradiados.
- C.- De la susceptibilidad individual del enfermo.

Es comprensible , que reduciendo la dosis de radiaciones pueden disminuirse mucho los síntomas.

En radioterapia antitumoral, donde interesa mucho el - no empeorar aún más el estado general del paciente, hay que delimitar el tejido irradiado , no solo por atención al tejido conjuntivo local peritumoral, sino también por el posible daño general.

SINDROME HIPERAGUDO.

Este síndrome, corresponde a irradiaciones masivas brutales que producen la muerte en pocos minutos. Esto, se conoce solo experimentalmente, pues sus condiciones no permiten la experimentación ni la observación humana y sus efectos no pueden trasladarse fielmente a la reacción del organismo humano.

Ocurre con dosis de 12,000 R. o más en mamíferos.

Los síntomas son de tipo nervioso en el siguiente orden:

- 1a. Fase atóxica de 5 a 10 minutos.
- 2a. Fase inactiva o letárgica.
- 3a. Fase hiperactiva, convulsiva.
- 4a. Fase terminal.

SINDROME AGUDO DE IRRADIACION.

El síndrome agudo, se caracteriza fundamentalmente por la administración accidental de grandes dosis de radiación de manera total y de una sola vez.

Estas observaciones, se han realizado fundamentalmente en individuos jóvenes y sanos irradiados accidentalmente.

Los síntomas característicos son de tres tipos:

- A.- Nervioso.
- B.- Digestivo.
- C.- Hemático.

El síndrome agudo, comienza con náuseas y vómitos a la hora o a las dos horas de producida la irradiación, y su intensidad es proporcional a la dosis recibida.

En la primera fase, aparecen ulceraciones bucogárgicas consistentes en enrojecimiento y descamación de la mucosa bucal faríngea, con sequedad intensa, dolor e inflamación amigdalara, que dificulta la deglución. Puede aparecer en esta fase, enteritis con diarrea ya que se caracteriza por los síntomas digestivos.

En estómago y esófago, las lesiones pueden considerarse como continuación de las descritas en faringe. En la mucosa del intestino delgado, se produce una descamación; caída del epitelio y ulceraciones por lo que se alteran y anulan los procesos de nutrición.

Si las dosis han sido intensas, aparecen síntomas generales al final de la primera semana o antes. Estos síntomas pueden ser: decaimiento orgánico grave, fiebre, hemorragias, lo que hace que el desenlace sea fatal.

SÍNDROME AGUDO DE IRRADIACION

TIEMPO DESPUES DE IRRADIACION.	DOSIS LETALES 700 R	DOSIS LETALES MEDIAS 400 R	DOSIS SUBLETALES 100 R
1a. SEMANA	Náuseas y vómitos a las 1 ó 2 horas. Diarrea e inflamación de boca y laringe.		
2a. SEMANA	Fiebre, decaimiento rápido (muerte 100 %).		
3a. SEMANA		Comienza la Alopecia. Anorexia. Malestar general, fiebre, infecciones graves de boca y faring.	Alopecia. Anorexia Malestar general. Faringitis.
4a. SEMANA		Hemorragias, Diarrea, Astenia. (Muerte 100 %)	Cansancio. Petequias Diarrea. Decaimiento mediano. Recuperación si no hay complicaciones.

En la segunda fase, si el individuo sobrevive a esta etapa, correspondiente a la segunda semana, aparecen los síntomas preferentemente sanguíneos.

La linfopenia aparece en primer lugar, después la granulopenia y finalmente la trombopenia. todo esto, provoca la aparición de hemorragias que se presentan en casi todos los órganos y en la piel, así como infecciones graves por mecanismos distintos de los que pueden aparecer en el primer estadio.

El estado es de gravedad, y si la dosis ha sido alta, la consecuencia es la muerte del individuo.

En la tercera fase, están constituidos los casos de supervivencia. Después de las dos semanas precedentes, si el individuo ha transcurrido sin manifestaciones patológicas observables salvo las manifestaciones iniciales, pérdida del apetito, mareos, cefaleas, náuseas, vómitos, etc. comienzan las lesiones cutaneas, alopecia, malestar general, infecciones localizadas en boca y faringe, puede haber enteritis, alguna hemorragia y fiebre ligera. En sangre, se observa leucopenia y el desenlace es favorable solo en un 50 % aproximadamente.

EFFECTOS GENERALES CRONICOS.

Son los que aparecen tardíamente y como consecuencia de pequeñas y repetidas exposiciones radiológicas.

Los principales efectos son:

- A.- Acortamiento de la vida.
- B.- alteraciones endócrinas.
- C.- Disminución de la fertilidad e incluso esterilidad.

D.- Alopecia.

Se ha comprobado estadísticamente, un acortamiento de la vida en los animales y en el hombre, tras una irradiación aguda o una irradiación crónica; este acortamiento de la vida, tiene -- una duración mínima de seis meses.

TEMA III.RIESGOS Y EFECTOS BIOLÓGICOS DE LA RADIACION.I.- DAÑOS SOMÁTICOS.2.- DAÑOS GENÉTICOS.I.- DAÑOS SOMÁTICOS.

La Radiobiología, es la ciencia que estudia la acción de las radiaciones ionizantes cuando actúan sobre un medio biológico, sus riesgos y efectos. Esto ocurre, en el momento en que las radiaciones son absorbidas cediendo su energía directamente a un individuo o al medio; y dando como consecuencia una serie de reacciones patológicas de muy distinta trascendencia.

Cualquiera que sean las causas: agentes químicos, mecánicos, radiaciones ionizantes etc., la célula y el tejido van a reaccionar de la misma manera tanto funcional como morfológicamente.

Durante una exposición radiológica, la mitosis es la función celular más precozmente afectada, pues uno de los momentos más radiosensibles es sin duda el de la síntesis del A D N nuclear. De tal modo; que las distintas fases mitóticas son, en general menos sensibles que la fase premitótica durante la cual tiene lugar precisamente la síntesis del ácido desoxirribonucleico, que se va a duplicar en la mitosis.

Otro aspecto muy sensible, es cuando desaparecen la -- membrana nuclear y el nucleolo, esto tiene lugar, cuando los cro-- mosomas se condensan en forma de hilos visibles. En este momen-- to, con mínimas cantidades de radiación, se retrasa la mitosis -- pero si la radiación es posterior a esta fase no se modifica la-- mitosis, siempre que la dosis administrada sea pequeña, pero si-- esta irradiación es en dosis alta, se anularán las mitosis poste-- riores.

La función básica celular también es afectada en su -- crecimiento, éste es menos sensible que la mitosis. Cuando las-- radiaciones ionizantes han paralizado la mitosis, pero no el me-- tabolismo protéico, la célula sigue creciendo y va a dar como re-- sultado, la formación de células gigantes, sin dividirse más, -- mostrando toda una radiosensibilidad uniforme.

Se comprobó así, que la multiplicación es más radiosen-- sible que los procesos nutritivos de síntesis celular.

ALTERACIONES QUE LA RADIACION PRODUCE EN GENERAL SOBRE LA CELULA.

A.- Malformaciones Hereditarias, o sea, alteraciones -- que solo podremos descubrir en generaciones sucesivas.

B.- Retraso en el Crecimiento, es decir, que realmente -- sugue creciendo la célula, pero a ritmo más lento.

C.- Anomalías en la División Celular, desigualdades en

el reparto del material cromosómico.

D.- Supresión de la Mitosis. o sea, la célula no se sigue reproduciendo.

E.- Supresión de la Síntesis Protéica, la célula no crece.

F.- Supresión de la Motilidad, solo en algunas células ésta permanece inmóvil en su sitio.

G.- Muerte Inmediata: por coagulación protéica.

No todas las células son afectadas de la misma manera ante una determinada cantidad de radiación, sino que algunas presentan unos efectos más marcados que otras. A esta mayor o menor cantidad de radiación, la llamaremos Radiosensibilidad; cuando mayor sea la radiosensibilidad de una célula, mayor será el efecto de la radiación sobre ella, o a la inversa, denominaremos Radiorresistencia cuando su efecto sea menos agresivo que en otras células.

De esta manera, podremos controlar la dosis de radiación para alcanzar el efecto determinado que necesite una célula.

Los factores que determinan la radiosensibilidad celular, son muy diversos; según las leyes de BERGONIE Y TRIBONDEAU una célula es mucho más sensible a la radiación cuando:

A.- Su actividad reproductora sea mayor.

B.- Cuando más largo sea su porvenir carioquinético.

C.- Cuando menos definida sea su morfología.

El momento de la mitosis es el de mayor radiosensibili

dad y de ahí, que una célula de gran actividad reproductora sea más afectada por la radiación.

Las células de gran porvenir carioquinético, son las células madres de las que van a nacer una serie de elementos, cada uno de los cuales está representado por un tipo de células distintas hasta llegar a un tipo citológico definitivo.

Durante este período, la radiosensibilidad es mayor, sin embargo, cuando la célula ha alcanzado su estado adulto, su radiorresistencia aumenta.

A medida que una célula va siendo especializada, va disminuyendo su actividad reproductora y por lo tanto su radiosensibilidad.

Estos factores, conservan su importancia como norma general de la radiosensibilidad celular.

ESCALAS DE RADIOSENSIBILIDAD CELULAR.

Considerando la radiosensibilidad de cada tipo de célula, HOLTHUSEN, la relacionó en sentido decreciente proponiendo la siguiente escala: Tejido Linfoide, Médula Ósea y Timo; Ovario, Testículo; Mucosa; Glándulas Salivares; Folículo Piloso; Glándulas Sudoríparas y Sebáceas; Epidermis; Serosas; Pulmón; riñón; - Otras Glándulas Viscerales Abdominales (Suprarrenales, Hígado, - Páncreas); Tiroides; Tejido Muscular; Tejido Conjuntivo y Vasos; Tejido Cartilaginoso; Tejido Oseo; Células Ganglionares Simpáticas; Nervios.

La importancia de ésta y otras escalas parecidas, radi

ca en el hecho de que en las diferencias de radiosensibilidad, se apoya toda la eficacia terapéutica de las radiaciones ionizantes.

2.- DAÑOS GENETICOS.

Hoy en día, la humanidad se enfrenta a la irradiación crónica de grandes masas de población, con dosis pequeñas de toda clase de radiaciones ionizantes utilizadas abundantemente en medicina y en todas las ramas de la ciencia y de la técnica. Si tomamos en cuenta que cada ser humano es portador de un material genético recibido de generaciones anteriores y que él a su vez transmitirá a toda su descendencia, podemos considerar este material biológico como un legado a la especie confiado provisionalmente a cada individuo; y si es pues, la humanidad entera la que se enfrenta al problema de la irradiación, cada uno de nosotros tiene la responsabilidad de heredar a las generaciones futuras, un material genético en las mejores condiciones biológicas.

De ahí la importancia de no exponernos de manera irracional mediante actos imprudentes como sería la exposición incontrolada de las radiaciones.

MUTACION.

Entendemos por mutación, " toda alteración de aparición instantánea, pero transmisible e irreversible, en el material genético de un organismo cualquiera.

Existen mutaciones llamadas espontáneas, y mutaciones por radiación.

Las mutaciones espontáneas, son 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, variantes de menor capacidad vital como resultado, aunque en ocasiones significan una viabilidad normal e incluso aumentada.

Mutaciones de las radiaciones ionizantes. Su estudio comenzó con Muller, quién, en 1929, demostró su capacidad de producir mutaciones en la *Drosophila melanogaster*, obteniendo por sus trabajos el Premio Nobel: estos confirmaban así, suposiciones anteriores, como las de Von Franque, que había supuesto la acción perjudicial de los Rayos X sobre una masa hereditaria, o los trabajos de Martín y Franken, que en 1926 observaron que las ratas irradiadas mostraban en las primeras generaciones un menor número de hijos, con desarrollo insuficiente de las crías y muerte prematura.

Así Muller pudo demostrar que las mutaciones producidas por las radiaciones 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 de alteraciones cromosómicas: las alteraciones en número y las alteraciones en su estructura.

En la primera, el número de los cromosomas es constante y fijo para cada especie: si cambia, en más o menos, tendremos una alteración heteroploidía. Estas alteraciones afectan el mecanismo de la reproducción y no se transmiten por herencia.

Las alteraciones de la estructura de los cromosomas pueden agruparse en dos posibilidades, aunque la separación entre ambas no es muy categórica: mutaciones cromosomiales y mutaciones puntiformes.

Llamamos mutaciones cromosomiales, a ciertas alteraciones agresivas, macroscópicas, de los cromosomas, con producción de fracturas o traslocaciones de los mismos.

Es problemático que una célula con alteraciones cromosomiales pueda atravesar indemne los procesos de mitosis y meiosis, que actúan como filtros reductores, por lo que es difícil que una célula tan groseramente afectada siga viviendo y multiplicándose. Una mutación cromosomal significa así, en la mayoría de los casos, la muerte celular.

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

De los dos tipos de mutaciones indicados con anterioridad, cromosomiales y puntiformes, las primeras son importantes por sus consecuencias cuando se aplican dosis relativamente altas de radiación sobre espermios adultos, y cuando se utilizan radiaciones muy ionizantes. Si la dosis es pequeña o se administra -

en tiempos largos las mutaciones cromosomiales tienen menos importancia que las puntiformes.

En las mutaciones puntiformes, existen las mutaciones--latentes recesivas y subletales recesivas y como intermedio entre los subletales y los normales, están los lesionados, los que tienen " detrimentos ". Son hipovitales y estériles y a ellos pertenece el mayor número de mutaciones recesivas inducidas.

EFFECTOS EN SERES HUMANOS.

___ El mecanismo de la herencia, es mucho más sensible que cualquier otro sistema biológico.

___ Cualquier radiación que alcance a las células reproductoras, causa mutaciones (cambios en el material que gobierna la herencia), que son transmitidas a las siguientes generaciones.

___ Todos estamos expuestos a las radiaciones naturales que causan una cantidad inevitable de las llamadas mutaciones espontáneas

___ No hay una cantidad mínima de radiación que deba ser sobrepasada para que las mutaciones ocurran, cualquier cantidad, inclusive pequeña, que alcance a las células reproductoras, puede--causar un número correspondiente de mutaciones. Entre mayor sea la radiación, mayor será el número de mutaciones.

___ El daño es acumulativo. El perjuicio genético causado por la radiación, se produce al recibirse la radiación, y depende de la dosis total acumulada recibida en las gónadas por persona, desde su propia concepción hasta la concepción de su último hijo.

___ Por lo que respecta a las personas, no todos los genes-mutantes o combinaciones de genes mutantes son igualmente perjudiciales. Algunos pueden causar alteraciones serias; otros pueden producir daños mucho menores, o aún ningún daño aparente.

___ Para la población en general, una pequeña radiación a un número grande de personas, es tan dañina, como una gran radiación a un grupo pequeño, ya que el número total de genes mutantes puede ser el mismo en ambos casos.

TEMA IV.PROTECCION CONTRA LA RADIACION EN LA PRESCRIPCION DE EXAMENES
RADIOLOGICOS.I.- NORMAS GENERALES DE PROTECCION RADIOLOGICAS.2.- RADIOGRAFIA DENTAL.3.- LEGISLACION DE LA RADIACION.I.- NORMAS GENERALES DE PROTECCION RADIOLOGICA.

Aunque cada agente emisor de radiaciones ionizantes y cada modalidad de su empleo necesita de unas medidas particulares de protección, existen factores generales que se deben tener en cuenta para todos los casos y que son :

FACTORES QUE DEPENDEN DEL APARATO DE RAYOS X.

___ Potencia del Equipo: es importante saber que la exposición por minuto a la radiación no sea excesiva. Las mediciones deben hacerse con diferentes kilovoltajes y miliamperajes, y con filtración adicional adecuada. Por ejemplo, para practicar bien la radioscopia de torax, la exposición máxima del paciente no debe exceder de 10 r. por minuto.

___ Escapes de Radiación. Examinar periódicamente el equipo para estar seguros de que no hay escapes indeseables o dispersión de radiaciones; que la distancia ánodo-película no sea menor de 18 pulgadas (45 cms. aprox.) y que tenga en buen estado el filtro adicional de aluminio, de 2 milímetros por lo menos.

___ Blindaje de las fuentes de radiación, tanto en su utili

zación como en su transporte.

FACTORES QUE DEPENDEN DE LA EXPOSICION.

___ Disminución de los tiempos de exposición y limitación de la duración de los trabajos con fuentes radiactivas. El enfermo debe recibir el haz de rayos X, solamente cuando esté en observación activa; cuando el profesional tenga que reflexionar o meditar sobre algo, debe quitar el pie del interruptor, también empleará un cronómetro que limite el tiempo de exposición.

___ Fraccionamiento de la exposición. El fraccionamiento de la dosis, disminuye la peligrosidad y aumenta la tolerancia. Por ejemplo, la dosis tolerable recibida en cinco años, es muy peligrosa si se recibe en un día, aún cuando en el resto del tiempo no se reciba ninguna dosis .

___ Empleo de la menor radiación posible. Esto se logra con los equipos modernos, adaptándose bien a la obscuridad y seleccionando los filtros y el kilovoltaje óptimos.

___ Abrir el diafragma lo menos posible. Abriendo el diafragma lo menos posible, no solo se irradia directamente el menor volumen posible del enfermo, sino que también se reduce la dispersión de la radiación a otras partes del paciente y al personal del departamento.

___ Proteger las gónadas del paciente del haz primario. En-

la mayoría de los casos, es relativamente fácil evitar la radiación en los testículos o los ovarios sin desvirtuar la información. Siempre habrá algo de radiación dispersa, pero ésta es mucho menos importante que la radiación del haz primario. Cuando sea compatible con la posición y movimientos del enfermo en distintos tipos de exploración, es aconsejable añadir protectores locales.

Si las gónadas están incluidas en el paso del haz primario, se puede administrar de 0.5 a 2.0 r. por minuto.

____ Protección electiva de los órganos críticos. Esto es muy importante, ya que el profesional debe proteger los órganos más radiosensibles del organismo.

PERSONAL PROFESIONALMENTE EXPUESTO.

Todo personal que trabaja en instalaciones que utilizan o producen energías radiantes, debe estar provisto de monitores personales, además de ser objeto de revisiones médicas periódicas. El monitoraje personal, se concreta a la utilización de dosímetros individuales de los que hay numerosos tipos. Como:

A.- Dosímetro de Bolsillo. Es una cámara de ionización en forma de grueso lápiz a cuyo través se lee directamente en una escala graduada la radiación recibida en mR.

B.- Dosímetros de lectura indirecta, análogos a los --

anteriores, pero cuya lectura se realiza mediante un dispositivo adicional.

C.- Dosímetros de película. Consiste en un pequeño sobre con dos películas con emulsión fotográfica de sensibilidad diferente para registrar dosis bajas y altas de radiación. Van montadas en una pequeña caja metálica de distinta naturaleza, -- pues sirve de filtración para poder discriminar energías distintas. El dosímetro así constituido se lleva durante cierto tiempo I a 3 meses, al cabo del cual se revela y se compara su ennegrecimiento con una curva de ennegrecimiento patrón, que nos dá el valor de la dosis recibida.

Otra medida de seguridad para el personal profesionalmente expuesto, es el uso de guantes y delantales protectores -- que han de tener por lo menos 0.25 mm de espesor de plomo . Este tipo de profesionales deberán apegarse al Reglamento de Seguridad Radiológica, en cuanto a la dosis de radiación recibida por trimestre.

DETECTORES.

En todos los lugares en donde por la índole del trabajo puede haber un peligro de irradiación, se dispone de aparatos detectores para controlar el nivel de radiación. Están constituidos por un tubo de Geiger Muller, al que se puede incorporar un altavoz o una señal luminosa que nos avise la presencia de radiación cuando alcanza un nivel reflejado. Unos son fijos y se colocan en lugares estratégicos y otros son transportables.

2.- RADIOGRAFIA DENTAL.

PROTECCION RADIOLOGICA.

Algunas medidas de protección radiológica tanto en el uso de aparatos de rayos X, como en el personal ocupacionalmente expuesto y paciente.

___ Revisar el Equipo Dental de Rayos X. Use solamente equipo moderno y bien protegido. El equipo anticuado, es más peligroso tanto eléctrica como radiológicamente y debe desecharse, sobre todo el equipo viejo con tubos abiertos. El equipo dental de rayos X, debe emplearse solamente para radiografía dental.

___ Usar Diafragmas y Conos Apropriados. Inspeccionar el aparato para asegurarse de que no hay escapes de radiación apreciables por ninguna otra parte del receptáculo del tubo, o del diafragma, o por los bordes del cono. El diafragma o cono apropiados limitan el haz primario a un círculo de tres pulgadas de diámetro en la punta del cono. Si por alguna razón especial hay que quitar el tubo, es necesario reemplazarlo otra vez antes de otro exámen corriente.

___ Emplear Filtros Adecuados. Cerciorarse de que el filtro esté siempre en su lugar. Este debe ser de aluminio y por lo menos de 1.5 milímetros, en los aparatos de menos de 80 KvP, o de 2.0 milímetros por lo menos en los aparatos de más de 80 KvP.

___ Medir la Potencia del Equipo. Es necesario saber la cantidad de radiación generada por el equipo de acuerdo con el kilovoltaje, el filtro y la distancia empleadas para cada caso.

___ Proteger Adecuadamente Contra la Radiación a Todo el Personal. Todo el personal deberá estar alejado del haz primario. El dentista no debe nunca sostener con la mano la película dental, el cono o la cabeza del tubo durante la exposición. El cable del cronómetro debe ser suficientemente largo para que el dentista pueda colocarse detrás de una barra protectora. Si esto es imposible, el dentista debe colocarse por lo menos a 5 pies (un metro y medio aprox.) de distancia del tubo y completamente alejado del haz primario. Los dosímetros de película son aconsejables para controlar la exposición del personal.

___ Asegurarse de que el Gabinete de Trabajo Esté Bien Protegido. Las zonas adyacentes deben estar protegidas tanto contra la radiación primaria como la secundaria con los blindajes y distancias necesarias. Es aconsejable también, darle la vuelta al sillón dental, para que el paciente quede de espaldas hacia alguna ventana durante la exposición, y así se dirigirá el haz primario hacia el exterior.

___ Protección a las Gonadas del Paciente. Siempre que sea posible, dirija 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 puede reducirse un tanto la radiación primaria y la dispersa protegiendo

do la región de las gónadas con un delantal o una lámina de caucho plomada, ésto es particularmente útil cuando hay que hacer - múltiples exposiciones o en casos especiales como en los niños o mujeres embarazadas o cuando esta zona se incluye en el paso del haz primario.

___ Tener especial cuidado con los niños y mujeres embarazadas. 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 completos o elaborados tanto como sea posible en este período.

___ El personal profesionalmente expuesto deberá usar dosímetros individuales para poder controlar la cantidad de radiación recibida.

3.- LEGISLACION DE LA RADIACION.

SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA.- DIARIO OFICIAL.

Martes 25 de Abril de 1978.

Reglamento de Seguridad Radiológica para el uso de Equipos de Rayos X Tipo Diagnóstico.

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

JOSE LOPEZ PORTILLO, 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 al Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos, y

C O N S I D E R A N D O .

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 objetivo clínico buscado;

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

tener las dosis de radiaciones a médicos, personal paramédico y a todas aquellas personas ocupacionalmente expuestas, pacientes y público que 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 progeine, 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 requiera, 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 he tenido a bien expedir el siguiente:

REGIAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA PARA EL
USO DE EQUIPOS DE RAYOS X TIPO DIAGNOSTICO.

DE LAS DOSIS MAXIMAS PERMISIBLES.

ARTICULO 25.- Para los efectos de este reglamento se considera:

I.- Personal Ocupacionalmente Expuesto: La persona que trabaja en las instalaciones de rayos X tipo diagnóstico;

II.- Paciente: la persona expuesta a las radiaciones producidas-- por un equipo de rayos X con el propósito de obtener un diagnóstico médico.

III.- Público: toda persona que pueda estar expuesta a las radiaciones de equipos de rayos X tipo diagnóstico, por encontrarse en las inmediaciones de una instalación en el momento de funcionar - dichos equipos.

IV.- Dosis Máxima Permisible: es la mayor cantidad de radiaciones que se permite reciba una persona de acuerdo con este reglamento, y,

V.- Rem: la unidad de medición de radiaciones recibidas que para - efectos de rayos X equivale a un rad o un roentgen.

ARTICULO 26.- La dosis máxima permisible en los casos de radiaciones a cuerpo entero de personal ocupacionalmente expuesto- acumulada en las gónadas o en los órganos hematopoyéticos, a cualquier edad superior a 18 años, deberá calcularse con la siguiente fórmula:

$D+5 (N-18)$, siendo D= a la dosis máxima permisible; 5= a la cantidad probable de rems recibidos por año, y, N= a la edad expresada en años cumplidos.

ARTICULO 27.- El personal ocupacionalmente expuesto solo podrá acumular 3 rems en un trimestre, pero en ningún caso la dosis excederá de 5 rems por año.

ARTICULO 28.- Las dosis máximas permisibles al personal ocupacionalmente expuesto en determinados órganos son las siguientes:

I.- La dosis acumulada en piel, en las glándulas tiroides o en los huesos durante cualquier trimestre, no deberá exceder de 15 rems. La dosis anual quedará limitada a 30 rems.

II.- La dosis acumulada en las manos, antebrazos, tobillos y pies durante cualquier trimestre, no excederá de 30 rems. La dosis anual quedará limitada a 15 rems .

III.- La dosis acumulada en cualquier otro órgano individual durante un trimestre, no deberá exceder de 7.5 rems. La dosis anual quedará limitada a 15 rems.

ARTICULO 29.- Las mujeres en edad reproductiva ocupacionalmente expuestas, no podrán acumular más de 0.1 rems por semana.

ARTICULO 30.- La mujer gestante ocupacionalmente expuesta, no deberá recibir una dosis superior a 1 rem durante el periodo de gestación

DE LA PROTECCION AL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO

ARTICULO 39.- el personal ocupacionalmente expuesto, será sometido a exámenes médicos antes de ser empleado y durante el tiempo que preste sus servicios:

ARTICULO 42.- Los exámenes médicos, comprenderán los si-

siguientes estudios:

I.- Exámenes particulares de los órganos o tejidos más sensibles a las radiaciones o que estén más expuestos como consecuencia de la actividad que realice el trabajador; en la forma siguiente:

A.- En caso de radiación global del organismo, se practicará un examen hemetológico que comprenderá:

- I.- Recuento de hematíes, de leucocitos y de trombocitos;
- 2.- Determinación de la fórmula leucocitaria;
- 3.- Investigación y registro de las anomalías celulares;
- 4.- Cálculo de hemoglobina, y ,
- 5.- Estudio de la coagulación sanguínea.

B.- En caso de radiación parcial, se practicará un examen cutaneo que deberá efectuarse para descubrir la existencia de dermatitis y cánceres, y para estudiar las modificaciones que se presenten.

En el caso de ingreso de un nuevo trabajador sujeto a los riesgos de exposición de rayos X tipo diagnóstico, se le hará además de examen médico previo, una investigación completa sobre sus antecedentes familiares, de salud y profesionales.

DE LAS FORMAS DE PROTECCION AL PACIENTE.

ARTICULO 48.- Solo bajo prescripción médica, se expondrá a un ser humano las radiaciones producidas por un aparato de rayos X tipo diagnóstico y nunca por decisiones de carácter administrativo o de rutina.

ARTICULO 56.- La dosis que reciba el paciente en la superficie de entrada del haz de rayos X de un equipo de fluoroscopia no deberá exceder de 5 rems por minuto.

ARTICULO 57.- Durante la radiación, sólo permanecerán en la sala de rayos X, el paciente y el personal necesario para la ejecución del estudio de que se trate.

DE LAS INSTALACIONES.

ARTICULO 59.- La sala de rayos X, será señalada por medio de anuncios fácilmente visibles que indiquen la presencia de radiaciones.

Además de los anuncios mencionados, se pondrá cerca de ellos la información apropiada que permita al personal tomar las precauciones necesarias.

ARTICULO 60.- En el caso de que existan varios equipos de rayos X tipo diagnóstico en una sala, estos no deberán utilizarse simultáneamente.

ARTICULO 61.- La sala de rayos X, deberá contar con un blindaje apropiado, supervisado por la Secretaría de Salubridad y Asistencia que garantice la protección del usuario y del ayudante técnico.

Articulo 62.- La sala de rayos X, deberá estar diseñada

de manera que pueda observarse al paciente y establecer comunicación con él desde el tablero de control, en el momento de las tomas radiográficas.

ARTICULO 63.- La instalación contará con el blindaje que garantice que cuando el haz útil de los aparatos de rayos X pueda dirigirse de manera permanente a una zona ocupada por el personal o por el público, éstos no se expongan a dosis mayores de las permisibles.

DE LOS EQUIPOS.

ARTICULO 69.- Cada tubo del aparato de rayos X, tipo diagnóstico, deberá estar dentro de una coraza que garantice que la exposición por la radiación de fuga, medida en una distancia de un metro del foco, no excederá de 100 miliroentgers en una hora.

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

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

ARTICULO 75.- El colimador deberá contar con un haz lu

minosos 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 85.- En los equipos portátiles o dentales de radiografía, el disparo deberá realizarse a una distancia mínima de dos metros del tubo y del paciente. Cuando el número de disparos de los equipos mencionados sea mayor de 130 por semana, el disparo deberá realizarse a una distancia mínima de 5 metros del tubo o detrás de una mampara blindada.

ARTICULO 88.- En los equipos de radiografía dental, la coraza 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 convencional, el equipo de rayos X tipo diagnóstico, deberá contar con un cono espaciador que limite el campo de estudio y quede una distancia mínima foco-piel de 20 centímetros para equipos que operan a más de 60 kilovolts. Y para equipos que operan a menos de 60 kilovolts, la distancia no deberá ser menor de 10 centímetros.

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

ARTICULO 93.- Los equipos utilizados para radiografía dental especial, como procedimientos panorámicos o cefalométricos, deberán ajustarse a las normas para radiografías generales que contiene este reglamento.

TRANSITORIOS.

ARTICULO PRIMERO. El presente Reglamento, entrará en vigor a los noventa 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 rigor, en un plazo de 12 meses y 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.

BIBLIOGRAFIA.

V. BELLOCH.
C. CABALLE.
R. ZARAGOZA.

MANUAL DE TERAPEUTICA FISICA Y RADIOLOGIA.
BARCELONA-ESPAÑA, SABER: 1972.

COM. NAC. DE ENERGIA NUCLEAR DE MEXICO.
EFFECTOS GENETICOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES.
ARCHIVO DE INFORMACION.
16 DE SEPTIEMBRE DE 1961.

SIUS DODZHANSKY THEODO.
ASIMON ISAAC.
" EFFECTOS GENETICOS DE LAS RADIACIONES".
REVISTA SEMANA MEDICO DE MEXICO No. I.

" CONTROL DE LOS PELIGROS DE LA RADIACION "
COLEGIO AMERICANO DE RADIOLOGIA.
ARCHIVO DE INFORMACION.

" REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA PARA EL USO
DE EQUIPOS DE RAYOS X TIPO DIAGNOSTICO ".
DIARIO OFICIAL.
MEXICO, 25 DE ABRIL DE 1978.