

A Adela Garcia López una admirable  
mujer que es mi madre, por su  
inquebrantable apoyo, comprensión  
y cariño.

A mis hermanos.  
Con cariño

A mi padre Carlos Hernández  
Campos, a cuya memoria brindo mi  
esfuerzo.

A todos mis maestros les agradezco  
que hayan compartido sus conocimientos  
conmigo.

Muy especialmente a la Dra. Alicia  
Carmen Romero quien con su paciencia  
y grandes conocimientos hizo posible  
la realizacion de este trabajo.

A mis compañeros a los cuales  
agradezco su amistad y de los que  
tendré grandes recuerdos.

A esta escuela que me dio la  
oportunidad de lograr mi más  
grande anhelo.

## INDICE

INTRODUCCION	1
OBJETIVOS	4
CAPITULO I	
HISTORIA DE LOS RAYOS X	
WILHELM KONRAD ROENTGEN	7
RAYOS X EN ODONTOLOGIA	9
CAPITULO II	
QUE SON LOS RAYOS X	
GENERACION DE RAYO X	15
PROPIEDADES DE LO RAYOS X	16
COMPONENTES DEL APARATO DE RAYOS X	18
A) EL TUBO DE RAYOS X	18
B) GENERADOR 60 Kvp o 70 Kvp	19
C) MEDIDOR DE TIEMPO ELECTRONICO (CONORRUPTOR O DISPARADOR)	20
D) BRAZO	20
E) PROTECCION DEL CIRCUITO	21
KILOVOLTAJE Y MILIAMPERAJE	21
A) KILOVOLTAJE	21
B) MILIAMPERAJE	21
HAZ DE RAYOS X	22
ABSORCION DE RAYO X	22
CUERPOS RADIOTRSPARENTES, RADIOLUCIDOS Y RADIOPACOS	23
UNIDADES Y MEDIDA DE LA CANTIDAD DE RAYOS X	24
A) DOSIS	24
B) EL ROENTGEN INTERNACIONAL O R	24
C) EL RAD	25
D) EL REM	25
E) EL RBE (EFICACIA BIOLOGICA)	26
F) UNIDAD SUNSHINE	26
G) UNIDADES SI	27
H) EL GRAY	27
I) EL SIVERT (Sv)	28
METODOS RADIOSIMETRICOS	29
A) POR IONIZACION	29
B) POR TERMOLUMINISCENCIA	30
C) POR DENSIDAD RADIOGRAFICA	31
D) PRUEBA DE ORIENTACION	32

### CAPITULO III

#### EFFECTOS BIOLOGICOS

TEORIA DEL FOCO O ACCION DIRECTA	33
TEORIA TOXICO-QUIMICA O DE ACCION INDIRECTA	33
RADIACION IONIZANTE	34
TIPOS DE RADIACION	36
A) PRIMARIA	36
B) SECUNDARIA	36
C) POR ESCAPE	36
PERIODO LATENTE	37
EFFECTOS QUIMICOS	38
EFFECTOS EN LAS CELULAS Y TEJIDOS	39
FACTORES QUE DETERMINAN LOS EFFECTOS BIOLOGICOS	41
A) CANTIDAD TOTAL DE RADIACION ABSORBIDA	41
B) VALOR DE ABSORCION	41
C) PARTE DEL CUERPO EXPUESTA	42
D) ESPECIES Y DIFERENCIAS INDIVIDUALES	42
E) VARIABILIDAD DE RADIOSENSIBILIDAD DE CELULAS Y TEJIDOS	43
CLASIFICACION EN ORDEN DECRECIENTE DE LA RADIOSENSIBILIDAD EN LOS DISTINTOS TIPOS DE CELULAS	44
COMO AFECTA LA RADIACION DE VARIAS EXPOSICIONES AL SER HUMANO	44
A) GRAN CANTIDAD DE RADIACION A TODO EL CUERPO (EXPOSICION AGUDA)	44
B) PEQUENAS CANTIDADES DE RADIACION A TODO EL CUERPO (EXPOSICION CRONICA)	45
EFFECTO ACUMULATIVO	46
EFFECTOS SOMATICOS	47
EFFECTOS GENETICOS	48
EFFECTOS EMBRIOLOGICOS Y DEL DESARROLLO	50
CURVA DE DOSIS RESPUESTA	54
MANIFESTACIONES CLINICAS DE LOS EFFECTOS NOCIVOS	55
A) REACCIONES EN PIEL	57
A.1) SINTOMAS TEMPRANOS	58
A.2) SINTOMAS TARDIOS	58
DANOS HEMATOPOYETICOS (LINFOPENIA, LEUCOPENIA, ANEMIA, LEUCEMIA Y PERDIDA DE LA RESPUESTA INMUNE)	58
CANCER OSEO	59
CANCER DE PULMON	59
CANCER DE TIROIDES	60
GLANDULAS SALIVALES	60
REDUCCION DE LA VIDA	61

ESTERILIDAD (TEMPORAL O PERMANENTE)	62
-------------------------------------	----

#### CAPITULO IV

EL ODONTOLOGO Y LOS RAYOS X	
DISTRIBUCION DE LA DOSIS PACIENTE-PROFESIONAL	64
A) DOSIS SUB-ABDOMINAL	64
B) RESPECTO DEL PERSONAL Y PERSONAL AUXILIAR	65
EXPOSICIONES AGUDA-CRONICA EN ESTOMATOLOGIA	66
EXPOSICION AGUDA Y CRONICA A LOS RAYOS X	66
CONCEPTO DE GUIA DE PROTECCION A LA RADIACION	68
HISTORIA DE LA PROTECCION RADIOGRAFICA	70
RECOMENDACIONES INTERNACIONALES	72
1.- EDIFICIOS	73
2.- EQUIPO	74
3.- PERSONAL	75
LA RELACION RIESGO BENEFICIO	76
MEDIOS FISICOS DE PROTECCION PARA EL PACIENTE Y EL PROFESIONAL	77
A) PARA EL PACIENTE	78
1) FILTRACION	78
2) DIAFRAGMACION-COLIMACION	81
3) REDUCCION DEL TIEMPO DE EXPOSICION (CANTIDAD)	84
4) AUMENTO DE KILOVOLTAJE	85
5) AUMENTO DE DISTANCIA FOCO-PIEL	85
6) PANTALLAS ANTIRAYOS X	88
B) PARA EL PROFESIONAL Y PERSONAL AUXILIAR	89
1.-EVITAR EL HAZ PRIMARIO	89
2.-PANTALLAS O BARRERAS ANTIRAYOS X	90
3.-DISTANCIA	91
MEDIDAS REGULADORAS	92
A) REGULACIONES FEDERALES DE LOS FABRICANTES DEL APARATO RAYOS "X" AL ODONTOLOGO	94
B) REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA DE LA SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA	96

#### CAPITULO V

EFFECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS DIENTES Y SUS ESTRUCTURAS DE SOPORTE	
EFFECTOS DIRECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS DIENTES	99
EFFECTOS INDIRECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS DIENTES	100
A) CARIES DENTAL COMO RESULTADO DE LA RADIACION	100
B) PREVENCION Y TRATAMIENTO DE LA CARIES RAMPANTE	102

INTERFERENCIA EN EL DESARROLLO NORMAL DE LOS DIENTES	103
OSTEORRADIONECROSIS	104
A) FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA OSTEORRADIONECROSIS	104
B) SINTOMAS Y ASPECTOS RADIOGRAFICOS	108
C) PREVENCION Y TRATAMIENTO DE LA OSTEORRADIONECROSIS	110
D) PRONOSTICO	111
CONCLUSIONES	112
BIBLIOGRAFIA	114

## INTRODUCCION

La radiología como ciencia, es una de las especialidades más jóvenes en la medicina, ha provocado una completa revolución en el diagnóstico y tratamiento de muchos padecimientos.

El descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Konrad Roentgen, el 8 de noviembre de 1895 en el Instituto de Física de la Universidad de Wurzburg Baviera, figura entre los descubrimientos más importantes del siglo pasado. En un principio se le llamó únicamente rayos X, pero más tarde en su honor se le dio el nombre de Rayos Roentgen.

Dentro de la Odontología se le hace referencia desde 1923. Actualmente no se concibe la práctica odontológica sin la ayuda del aparato de rayos X.

El Odontólogo se vale de la obtención de radiografías para efectuar un diagnóstico correcto y establecer un tratamiento adecuado a sus pacientes, captando información sobre los tejidos bucales profundos no visibles a simple vista.

El procedimiento es sencillo si se conoce la técnica adecuada, sin embargo, este procedimiento es sumamente delicado debido a que los rayos X pueden producir reacciones perjudiciales en el cuerpo humano. Algunas de estas alteraciones se manifiestan en la piel, mucosas, ojos, ácidos nucleicos, proteínas, anticuerpos, células sanguíneas y genes.

Sin embargo, todo esto está condicionado a la frecuencia y a



la cantidad de radiación que se reciba.

Un análisis de las ventajas y desventajas, dosis máximas permisibles, cuidados y equipo auxiliar de seguridad, así como una breve explicación del origen de los rayos X y su efecto en el ser vivo son descritos a continuación, de los cuales los efectos biológicos y la protección radiográfica son los de mayor importancia. Sobre todo para nosotros que recientemente terminamos la Carrera de Cirujanos Dentistas.

Durante el curso de radio-diagnóstico dentro de la carrera, el estudiante se interesa más por aprender la técnica y conocer las imágenes diagnósticas, pero desafortunadamente al no ver la radiación y no sentir su presencia, olvida las medidas elementales de protección radiográfica exponiéndose y exponiendo a sus compañeros y pacientes a la radiación y sus peligros.

Por estas razones es que me ha interesado estudiar y aprender lo que en el presente Trabajo Recepcional expongo.

No pretendo creer que este trabajo contiene todo lo que se refiere a los efectos biológicos y a la Protección Radiográfica, pero sí la información actual y los puntos de mayor importancia, sobre el manejo adecuado del aparato radiológico dental y así evitar al máximo secuelas desagradables para el profesional, personal auxiliar y paciente.

Es un escaso cúmulo de conocimientos y experiencias, realizado con el deseo de que en cualquier lugar que se encuentre un Cirujano Dentista este capacitado para actuar.

## OBJETIVOS

- 1.- Conocer la historia de los rayos X y su uso en la odontología.
- 2.- Saber que son los rayos X y conocer los aparatos que los emiten para uso dental.
- 3.- Conocer las unidades utilizadas para la medición de la radiación.
- 4.- Conocer las diferentes manifestaciones de los efectos nocivos de la radiación ionizante y en especial, los rayos X.
- 5.- Demostrar la importancia de adoptar medidas de precaución y protección de las radiaciones producidas por los rayos X.
- 6.- Demostrar que este instrumento operado en las condiciones óptimas de seguridad bajo el mando de una persona conciente y capacitada, pueden reducir al máximo los graves peligros de los efectos que dichas radiaciones ionizantes puedan producir tanto para el dentista como para el paciente.
- 7.- Conocer los peligros que muchas veces no son detectados en forma inmediata y que pueden resultar en detrimento de la especie humana y en general de la ecología natural por el uso indiscriminado que tienen los rayos X.
- 8.- Tener la precaución de revisar el equipo dental de rayos X, para que el odontólogo tenga la seguridad de utilizar su equipo en óptimas condiciones. Así como usar diafragmas y

conos apropiados.

9.- Conocer los lineamientos a seguir para la seguridad del profesional, el auxiliar y el paciente, durante el manejo de los rayos X.

10.- Conocer los efectos de la radiación X en los dientes y las estructuras que los soportan.

## CAPITULO I

### HISTORIA DE LOS RAYOS X

Algunos Investigadores Europeos 25 años antes del descubrimiento de los rayos X, entre 1870 y 1895, investigadores como Hittorf, Hertz, Goldstein y Plucker de Alemania, Sir William Crookes de Inglaterra y Lenard de Hungría, investigaban con rayos catódicos y se piensa que por lo menos tres de ellos, H. R. Hertz, A.W. Goodspeed y Philip Lenard llegaron a producir radiación X en sus laboratorios sin reconocerlos.

H. R. Hertz de la Universidad de Bonn, mostró que los rayos catódicos podían pasar a través de discos de metal como el aluminio sin llegar a pensar que esto pudiera deberse a otro tipo de radiación.

A. W. Goodspeed, de la Universidad de Pennsylvania, obtuvo accidentalmente la imagen sobre unas monedas utilizando los rayos de un tubo de Crookes en 1890 pero no logró darse cuenta de la importancia de aquella entonces inexplicable observación.

Philip Lenard que fue discípulo de Hertz, tenía por su parte una sólida información y amplia experiencia con los rayos catódicos, había hecho 2 publicaciones en 1893 y 1894, se le conoce que manejaba radiación X sin saberlo.

Cuando Roentgen, que se mantenía informado de dichos

trabajos decidió en 1894 llevar a cabo una investigación personal. le escribió solicitándole hojas de aluminio para preparar el tubo, comenzó reproduciendo el diseño experimental de Lenard.

El trabajo de estos y otros muchos investigadores anteriores fue básico para que Roentgen desarrollara su propia experimentación y llegara al descubrimiento de lo que llamó entonces "una nueva clase de rayos".

En Roentgen existió el genio para ver, observar y comprobar resultados, por ello es acreedor al título de descubridor.

#### WILHELM KONRAD VON ROENTGEN.

Nació en Lennep, pequeño pueblo de Alemania el 27 de Marzo de 1845.

Sus estudios fueron realizados en Holanda y Suiza.

Su carrera científica empezó a los 25 años en la Universidad de Stransburgo, Hoenhein, Lesen y Wurzburg.

En la Universidad de Wurzburg en Alemania, el 8 de Noviembre de 1895 mientras experimentaba en el laboratorio con un tubo catódico de descarga, bien sellado y sin ventanas, se asombró del reflejo fluorescente en una cartulina químicamente tratada, situada a varios metros del tubo.

En un estudio inicial, llevado a cabo con un tubo de descarga abierto (con ventana), la misma pantalla revestida, había emitido una fluorescencia que Roentgen atribuyó al

bombardéo directo del tubo de rayos catódicos en la pantalla cuando se le colocaba directamente frente a la ventana del tubo energizado. En el experimento sucesivo, sin embargo, la pantalla fluorescente no solo estaba a cierta distancia del tubo sino que también se sabía que este tubo en particular, absorbía a todos los rayos catódicos. Roentgen supuso que el fenómeno de fluorescencia era ocasionado por una fuente invisible de energía radiante hasta ese entonces no descubierta a la cual llamo rayos X.

Roentgen inició sistemáticamente la cuantificación y cualificación de las características físicas de los rayos X. Trató de determinar la penetrabilidad de estos rayos en objetos de diferente densidad. Colocándolos entre la pantalla fluorescente y el haz de rayos X, materiales como el vidrio, hule y madera, producían una sombra transparente en la pantalla al colocar frente a esta una placa de plomo fue impenetrable. Al estudiar la imagen oscura del plomo en la pantalla, Roentgen observó la sombra de su mano y dentro de esa sombra pudo ver los huesos de sus dedos.

La primera imagen radiográfica fue grabada por Roentgen de la mano de su esposa, la imagen fotografica resultante demostró la delineación de la mano, y dentro de esta los huesos de la mano.

Roentgen presentó el 28 de Diciembre de 1895 en Wurzburg un

informe sobre sus hallazgos al mundo científico, lo que tituló "Ueber eine Art von Strahlen (Sobre una nueva clase de rayos)", la presentación de los hechos fue tan convincente ya que demostró que la penetrabilidad de los rayos X a través de varios objetos, variaba de acuerdo a su densidad, y que los rayos X, como los rayos catódicos no se podían desviar mediante campos electrónicos o magnéticos, que se propagan en línea recta, que se dispersan en radiación secundaria cuando atraviesan diversas sustancias.

Por este descubrimiento, Rontgen recibió la medalla Rumford de la Real Sociedad en 1896 y el primer Premio Nobel de Física en 1901.

#### RAYOS X EN ODONTOLOGIA

Dos semanas después de que se anunció el descubrimiento, el Dr. Otto Walkhoff de Braunschweig, Alemania tuvo completa la primera radiografía del maxilar, la exposición utilizada para esta fue de 25 minutos. Uso una placa fotográfica regular, puesta fuera de la mandíbula la placa fue rápidamente sensible a los rayos X.

El Dr. W.G. Morton, físico de New York fue el primero en tomar una radiografía dental en America en 1896. Esto lo efectuó en un cráneo seco de humano. El escribió ante la sociedad de odontología de New York el 24 de Abril de 1896 en el Dental Cosmos el cual fue publicado en Junio de ese mismo



año. También fué el primero que tomó todo el cuerpo con rayos X en 1897 usando una lámina de 3 a 6 pies, y la exposición fué de 30 minutos siendo una mujer de 30 años.

El Dr. Edmund Kells, de New Orleans fué el primer dentista en los EEUU que tomó una radiografía intraoral en un paciente, el también originó la técnica de diagnóstico colocando un alambre en el conducto radicular en Mayo de 1899.

El doctor Kells, presentó el primer uso clínico de los rayos X en los dentistas, inició la Asociación Dental del sur en Asheville al norte de Carolina en Junio de 1896.

Exposiciones de 5 a 15 minutos fueron usadas como un indicador con una duración de 30 a 60 minutos con rayos X y alto voltaje. En 1899 Kells redujo el tiempo de exposición de 1 a 5 minutos en 3 años.

En 1908 observó en su pulgar izquierdo una lesión que no respondió al tratamiento. Pronto aparecieron otras lesiones en la misma mano, las cuales tampoco cicatrizaban.

El único tratamiento fué amputar el dedo en su articulación con el fin de evitar la propagación del mal. El doctor Kells, concurreó a la Universidad de Johns Hopkins en Baltimore, para hacerse aproximadamente 30 amputaciones. En la trigésimo quinta operación, en 1926 extirparon su brazo izquierdo hasta el hombro (Langland y Fortier).

Como se habrá comprendido la causa de este y otros

accidentes similares, fué la falta de conocimientos (sobre la acción de los rayos X) que no se tenían en esa época.

Sin embargo, hubo en la época una excepción, otro de los grandes iniciadores tuvo la intuición del peligro, lo comprobó experimentalmente, encontró medio de radioprotección para el paciente y para el profesional y no sufrió ningún daño. Rollins publicó sus experimentos y advirtió sobre el peligro de los rayos X, por lo que fué severamente criticado. Como dice Preece "Es lamentable que los principios del doctor Rollins, no tuvieran inmediata aceptación generalizándose su aplicación. Lo cual hubiera evitado muchos sufrimientos y mutilaciones.

Durante seis décadas, los rayos X fueron la fuente principal y única para obtener imágenes de órganos y tejidos situados más allá de la superficie de la piel y las mucosas. Durante ese tiempo un sinnúmero de médicos trabajaron para utilizar los rayos X con fines de diagnóstico clínico y transformaron lo que inicialmente era solo una técnica fotográfica en una nueva especialidad de la ciencias médicas, la radiología.

A partir de los años cincuenta otros encontraron la manera de utilizar varias fuentes de energía, o los rayos X para producir nuevos y sofisticados métodos de imagen.

Benito Cossem, fué uno de los impulsores del gamagrama con isótopos.

Douglas y Donald desarrollaron la ultrasonografía clínica. Hounsfield y Cormack por el invento de la Tomografía Computarizada se les dió el premio Nobel de Medicina en 1979, y a otros como Lanterbur Damadian y Mansfield que llevaron a la clínica el principio de la Resonancia Magnética Nuclear descubierta en 1946 por Blode y Purcell también fueron premiados en 1952.

## CAPITULO II QUE SON LOS RAYOS X

Los rayos X son vibraciones atómicas cuyo 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 orbitas profundas del átomo, se produce un desequilibrio energético dentro de este átomo que se manifiesta exteriormente por la emisión de una radiación X.

Cuando tales choques ocurren en orbitas superficiales por menor velocidad del electrón libre, se originan otras radiaciones electromagnéticas de mayor longitud de onda: rayos ultravioleta, luminosos, infrarojos, etc.

Los rayos X pertenecen a un grupo de radiaciones electromagnéticas llamadas así debido a que constituyen una combinación de energía eléctrica y magnética. Estas radiaciones no poseen partículas o masa sino que son energía pura.

Se cree que los rayos X están formados de pequeñas unidades de energía llamadas Quanta (singular, quantum) o fotones que se trasladan con un movimiento ondulatorio. La distancia entre las crestas de las ondas reciben el nombre de longitud de onda. Las longitudes de onda de los rayos X son tan cortas que son medidas con unidades Amgstron (Å). Una unidad de

Angstrom mide  $1/100,000,000$  cm. La longitud de onda de los rayos X utilizados en la radiografía diagnóstica oscilan entre 0.1 y 0.5 Angstrom. Los rayos X se transportan en línea recta a una velocidad de 300 Km por segundo con movimientos ondulatorios susceptibles de medición. Existe un aspecto común que es la longitud de onda, esta es la distancia desde la cresta de una onda a la cresta de la siguiente.

Cada radiación tiene una longitud de onda característica que determina su frecuencia, siendo la frecuencia el número de oscilaciones y ondas emitidas por segundo. Los rayos que poseen longitud de onda corta son por ello de mayor frecuencia que los que tienen longitud de onda larga.

Cada tipo de radiación se encuentra dentro de un límite de longitud de onda. El ojo humano es sensible solo a una pequeña porción del espectro que es la luz visible. El color depende de las longitudes de onda dentro de esta porción variando desde los rayos rojos que poseen la longitud de onda mayor, hasta los rayos violeta que se encuentran dentro de la longitud de onda más corta. Un rayo X aun teniendo una longitud de onda más corta es invisible debido a que se encuentra más allá del umbral visual. Aquí debe de hacerse un inciso en un punto importante: siempre debe mantenerse en la mente que ninguno de los sentidos pueden percibir los rayos X, esto hace que se ignoren tan fácilmente y que los peligro

comprendidos en su uso a menudo pasen desapercibidos. De la misma forma que los rayos X varían en longitud de onda su capacidad de penetrar la materia también varía. Aquellos que poseen la longitud de onda más corta tienen una mayor frecuencia y más energía por ello penetra la materia con mayor facilidad. Pero al aumentar la densidad de la materia la energía de los rayos X debe aumentar para penetrarla. "Radiación Dura" es el término que se aplica a los rayos X con longitud de onda más corta y estos son los de mayor uso en medicina y odontología. "Radiación Blanda" Se aplica a los rayos X con longitud de onda más larga y no se emplean por lo general en odontología debido a su poca energía e incapacidad para penetrar los tejidos bucales más densos.

#### GENERACION DE RAYOS X

Se producen por bombardeo del ánodo por electrones procedentes del cátodo. De toda la energía cinética llevada por los electrones desde el cátodo al ánodo solo aproximadamente el 0.2% es convertida en radiación X a 65 Kv.

Cuando se utilizan voltajes más elevados, el porcentaje de conversión es ligeramente mayor al resto de la energía, forma calor y se disipa dentro de la cabeza del aparato de rayos X, mediante la circulación de aire o aceite alrededor del tubo el calor es transmitido al exterior del tubo, si el calor no es arrojado con bastante rapidez y la capacidad de almacenar

calor es superada, este último sufrirá daños considerables. Este daño casi siempre se manifiesta como una superficie hundida en el área del punto focal. El ánodo debe tener un punto de fusión elevado ya que la mayor parte de energía se transforma en calor, poseerá un elevado número atómico, para pasar subitamente los electrones en su superficie y así producir una conversión máxima de energía cinética en energía de rayos X.

#### PROPIEDADES DE LOS RAYOS X

1.- Se propagan en línea recta con la misma velocidad de la luz.

Cuando un haz de rayos pasa a través de la materia, su intensidad es reducida por absorción. Para que haya absorción por parte de una sustancia, se requiere de varios factores.

a) Su naturaleza, es decir su número atómico.

b) Su densidad o concentración.

c) Su espesor.

d) Su dureza o longitud de onda de los rayos X.

2.- No se desvían por campos electrónicos ni magnéticos.

3.- Sufren refracción, difracción, reflexión y polarización en estructuras cristalinas y a veces en estructuras amorfas.

4.- No se dejan enfocar por medio de un lente .

5.- Penetran sustancias opacas, y también cuerpos opacos a la luz, siendo absorbidos por ellos mismos en función de su

espesor, ya que poseen longitud de onda corta.

6.- Impresionan la placa fotográfica por la propiedad química de descomponer el bromuro de plata de que esta constituida la placa fotográfica.

7.- Producen fluorescencia de ciertas sustancias cristalinas como el sulfuro de zinc, el tungstato de calcio, platinocianuro de bario, dando fundamento al método de la radioscopia ya que de estas sustancias constan las pantallas fluorescentes.

8.- Los rayos ionizan los gases, convirtiéndolos de malos conductores de la electricidad a buenos conductores, lográndose mediante esta propiedad la obtención de la unidad R, usada en radioterapia.

9.- La incidencia de los rayos X sobre un cuerpo provoca la aparición de la radiación secundaria.

10.- Los rayos X actúan biológicamente sobre el organismo humano, provocando modificaciones fisicoquímicas, celulares, intersticiales y plasmáticas, provocando irritabilidad, inhibición o destrucción según la dosis, motivo por el cual nos encontramos con la necesidad de su manejo controlado.

11.- Son invisibles relativamente, en circunstancias especiales los rayos X pueden provocar en la retina una sensación luminosa con aspecto de niebla azul o gris.



## COMPONENTES DEL APARATO DE RAYOS X

El circuito eléctrico o radiógeno utilizado en el equipo dental de rayos X esta integrado por.

### A) EL TUBO DE RAYOS X

Es la parte vital y específica de cualquier aparato de rayos X. el tubo consiste en una ampolla de vidrio térmico dentro de la cual se ha logrado un vacío del orden de billonésima de atmósfera. en este vacío se encuentran enfrentados dos electrodos de formas diferentes: 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, copa focalizadora y el ánodo (+) receptor de electrones llamado anticátodo, formado por un grueso cilindro de cobre cortado a bisel frente al cátodo; esta pared frontal lleva incrustado un bloque de tungsteno para blanco o impacto de los rayos catódicos; el cilindro por su extremo opuesto sobresale de la ampolla de vidrio lo que facilita su refrigeración. En síntesis la función del tubo consiste en:

- 1) Producir vapor de electrones.
- 2) Acelerarlos contra el anticátodo.
- 3) Emitir rayos X.

Estos rayos tienen la propiedad de penetrar los cuerpos sólidos en grados variables y de impresionar una película.

El potencial del tubo esta expresado en Kvp (Kilovolts Peak), que comunmente esta entre 50 y 110, y la corriente del tubo expresada en mA (miliampers) hubicada usualmente entre 5 y 20 mA. Otros factores como forma de onda, tiempo, intensidad, tamaño de punto focal y colimación. (Fig. 1, 2, 3)

**B) GENERADOR 60 Kvp o 70 Kvp.**

608 (60 Kv-8mA). Destinado a todos los exámenes radiográficos dentales convencionales.

708 (70Kv-8mA). Diseñado para tomar clichés orales y para la técnica de cono largo.

- Una escala de angulación.
- Un diafragma cilindrico que limita la radiación a un diametro de 6 cm aproximadamente a nivel de la piel incluso en el tubo de centrado.
- Un cilindro localizador, cono largo o cono corto.

**GENERADOR**

CARACTERISTICAS	CONO CORTO 608	CONO LARGO 708
Penetración	60 Kv	70 kV
Gasto	8 mA	8 mA
Tubo radiógeno	De rejilla especial.	De rejilla especial.
Foco	Puntual 1mm cuadrado	Puntual .7x.7
Cono Localizador	Cilindrico 11cm	Cilindrico 20cm
Alimentación	127.5	127.5
Consumo	9A en 127.5V	14A en 127.5V

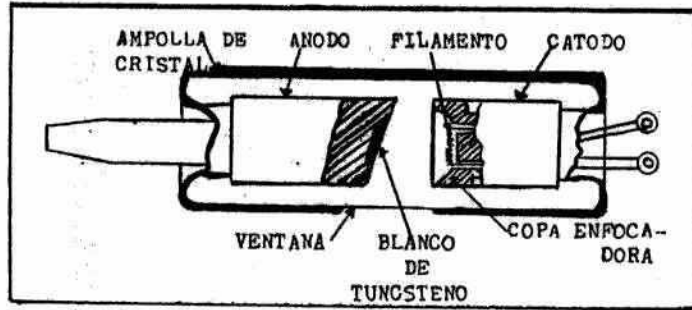


FIGURA 1.

Diagrama de un tubo de rayos X de ánodo fijo que muestra la relación entre el ánodo y el cátodo.

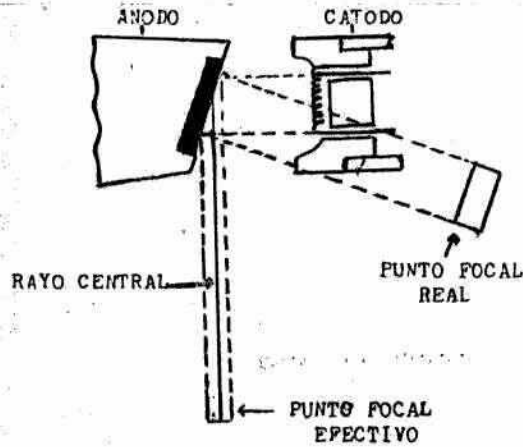


FIGURA 2.

El principio de foco lineal y el ángulo de 20° del blanco (ánodo) proporcionan el punto focal efectivo, pequeño.

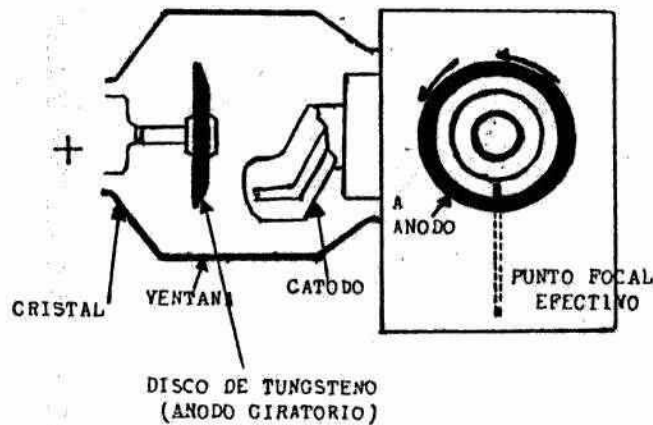


FIGURA 3.

DIAGRAMA DE UN ANODO GIRATORIO DE PERFIL (izquierda) y DE FRENTE (derecha).

*C) MEDIDOR DE TIEMPO ELECTRONICO  
(CONORRUPTOR O DISPARADOR)*

- Reloj electrónico de angulación automática de contraste, por botón.

- Reloj de circuitos integrados.

- Corrección automática de las variaciones de red de alimentación (0-10%) que permite obtener clichés perfectamente contrastados (alimentaciones favorables)

- Reglaje del tiempo de exposición de 0.05 hasta 3.2 s.

- Dos escalas de tiempo de exposición (roja o negra) permiten utilizar las películas ultrarápidas para reducción de la radiación de 50%. La escala negra menor tiempo de exposición menor potencia. La escala roja mayor tiempo de exposición más potencia.

- 1.- Inversor de tiempo de exposición.
- 2.- Escala de tiempo de exposición roja (0.60 a 3.2s).
- 3.- Escala de tiempo de exposición negra (0.05 a 0.60s).
- 4.- Selector de tiempo de exposición.
- 5.- Indicador luminoso rojo de la emisión de los rayos X.
- 6.- Indicador luminoso verde de la aplicación de tensión.
- 7.- Portafusible.
- 8.- Interruptor general.
- 9.- Botón pulsador con cordón de teléfono (3 metros).

*D) BRAZO*

Articulado para fijación sobre el equipo, mural, sobre columna en el piso, suspensión de techo o sobre zócalo móvil. También incluye un brazo tijera.

El aparato se pone en contacto con la red general eléctrica

por medio de un interruptor bipolar, de este modo cuando no se utiliza el aparato puede ser separado totalmente de la red general.

#### *E) PROTECCION DEL CIRCUITO*

Mediante fusibles u otros dispositivos automáticos.

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

#### **KILOVOLTAJE Y MILIAMPERAJE.**

##### *A) KILOVOLTAJE.*

Kilovoltaje (calidad) la calidad de los rayos X dependen de la longitud de onda (velocidad).

Los rayos blandos por tener mayor longitud de onda son menos penetrantes por que son absorbidos fácilmente por los cuerpos, en cambio, los rayos duros por tener menor longitud de onda se absorben en menor cantidad siendo más penetrantes.

##### *B) MILIAMPERAJE*

Miliamperaje (cantidad) tiempo, cada radiación X representa el choque de un electrón libre por lo tanto, la cantidad de rayos que emite el tubo estará íntimamente relacionada con el número de electrones que chocan por segundo en el anticátodo.

### HAZ DE RAYOS X.

Los rayos son creados en el punto focal de ánodo y viajan en todas direcciones, este denso haz de rayos X atraviesan el tubo a través de la ventana, el vidrio absorbe los rayos X y no permite ninguna transmisión de fotones de rayos X, además del haz útil de rayos X también se producen rayos X que viajan a todas direcciones. Estos se confinan en la cabeza del aparato de rayos X encerrando el tubo dentro de una envoltura plumbica.

Una apertura en esta envoltura cubierta por un sello de vidrio o de aluminio permite que el haz útil de los rayos X emerge del interior de la cabeza del aparato de rayos X, generalmente tiene forma circular. Los rayos X útiles, creados en el punto focal emergen del aparato de rayos X odontológico en forma de un cono de radiación X. Los fotones que viajan en el mismo centro de este cono de radiación reciben el nombre de rayo central. (fig. 4)

### ABSORCION DE RAYOS X.

La imagen radiográfica es el resultado de la distribución de pequeñas partículas de plata metálica negra que ocupan las capas de emulsión de la película. La variedad del tono obscuro, gris y claro que se observa en las radiografías se debe a que las películas forman depósitos de distintas densidades.

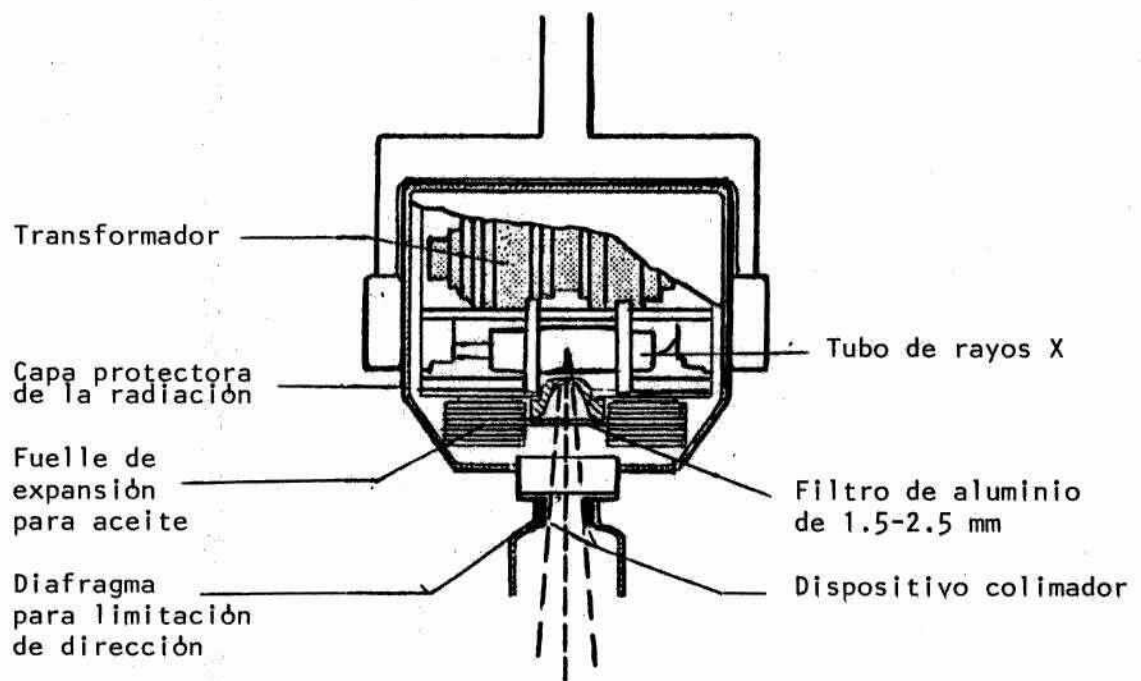


Fig. 4

Diagrama de la cabeza del tubo usado en aparatos dentales de rayos X de bajo rendimiento.

El tono o grado de ennegrecimiento determinado por la densidad del depósito de plata negra, se denomina técnicamente densidad radiográfica. Constituyendo el tono o la densidad radiográfica el elemento básico en la interpretación, para conducir este racionalmente, es necesario conocer los factores que determinan las diferencias de tono, radiográficamente el grado de ennegrecimiento indica la cantidad de rayos X que han llegado a la película después de atravesar el objetivo.

La intensidad del tono o grado de ennegrecimiento o densidad radiográfica, resulta inversamente proporcional a la cantidad de rayos absorbidos por el objeto, en otras palabras, cuanto mayor cantidad de rayos absorben tanto menor cantidad llega a la película (tejidos duros), los rayos que pasan a través de los tejidos son transmitidos por ellos y constituyen la radiación remanente.

#### CUERPOS RADIOTRSPARENTES, RADIOLUCIDOS Y RADIOPACOS.

Según la cantidad de rayos absorbidos un objeto puede resultar, radiotransparente, radiolucido o radiopaco así:

1.- Cuando el objeto haya absorbido una infima cantidad de rayos X y al llegar prácticamente su totalidad a la película, el tono es oscuro (depósito de plata de gran densidad) se tratará de un cuerpo radiotransparente ejemplo: aire, acrílico.



2.- Cuando el cuerpo absorbe una mediana cantidad de rayos X y el tono sea gris (depósito de mediana intensidad) el cuerpo será radiolucido ejemplo: tejidos blandos.

3.- Cuando el cuerpo absorbe la totalidad o gran cantidad de rayos X y el tono sea claro (depósito de débil densidad) el cuerpo será radiopaco. ejem: esmalte, oro.

#### UNIDADES Y MEDIDA DE LA CANTIDAD DE RAYOS X

Para medir la cantidad de rayos X se utilizan unidades biológicas y físicas.

##### *A) DOSIS ERITEMA*

La unidad biológica esta representada por la dosis eritema o sea la cantidad capaz de provocar el enrojecimiento de la piel, a pesar de ser una unidad empirica bastante imprecisa, a causa de las variaciones individuales (idiosincracia) en comprobación o aparición particularmente en el paciente dental es indice de que este ha tenido una cantidad peligrosa de absorción de radiación.

##### *B) EL ROENTGEN INTERNACIONAL O R.*

Se mide mediante Roentgens en el aire, es el potencial que tiene cualquier haz de radiación para ionizar el aire que atravieza. Se puede utilizar también el miliroentgen o sea la milésima parte de R.

### C) EL RAD.

Es la unidad de radiación absorbida de cualquier radiación ionizante y en cualquier medio. Se expresa en términos de Joules por kilogramo, y 1 Rad 0.01 J/Kg. La cantidad de absorción depende del número atómico del material mientras mayor sea este mayor es la absorción, así el calcio capta más energía que el tejido blando, por lo que el tejido duro absorbe más Rads que el blando cuando ambos se exponen a los mismos Roentgens. La radiación representa una absorción de energía de 100 ergios por gramo frente al cuerpo mezcla de tejidos duros y blandos puede considerarse equivalente al Roentgen (R) Unidad de energía absorbida por gramo de materia absorbente. (Fig. 5)

### D) EL REM

Se deriva de Hombre-equivalente Roentgen y es la unidad de la dosis absorbida que toma en cuenta el efecto biológico relativo de diversos tipos de radiación ionizante.

Esta es una medida de dosis biológica se obtiene multiplicando la dosis en RADS por la eficacia biológica relativa (RBE).

Para rayos Roentgen, un REM puede ser considerado equivalente a un roentgen. (Fig. 6)

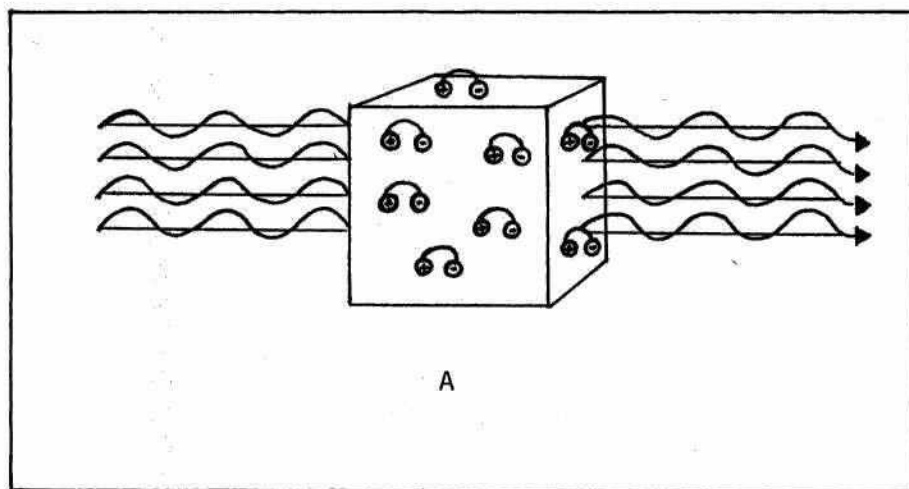


Fig. 5

Cualquier tipo de radiación ionizante acompañada de una absorción de 100 Ergs en un gramo de cualquier clase de medio = 1 RAD.

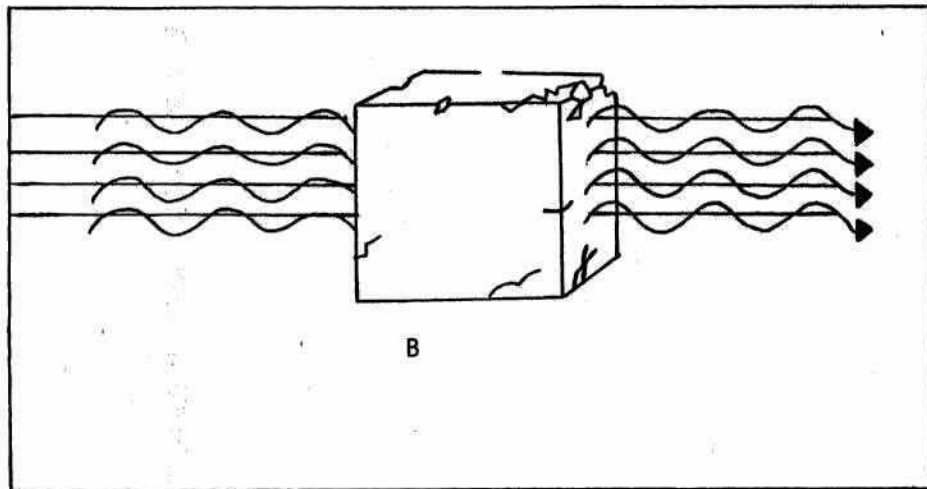


Fig. 6

Cantidad de cualquier tipo de radiación que produce el mismo daño biológico en el hombre, que el que resulta de la absorción de un Roentgen o radiación gamma = 1 REM.

#### *E) EL RBE (EFICACIA BIOLÓGICA)*

La eficacia biológica relativa. La comparación entre dos radiaciones ionizantes respecto de la capacidad para producir un efecto similar. Tal relación se expresa ordinariamente por números entre 1,10 ó 20. Todas las radiaciones ionizantes tienen la capacidad de producir efectos biológicos.

Ciertos tipos de radiación son más eficaces que otros ya que se necesitan menores dosis absorbidas de estas radiaciones para producir un efecto determinado. La comparación entre un tipo de radiación y a otro por lo que a esta capacidad se refiere es la así llamada eficacia biológica relativa de dicho tipo de radiación.

#### *F) UNIDAD SUNSHINE*

El grado de contaminación del esqueleto humano y de los animales originado por la radioactividad residual de las explosiones atómicas se determina por esta unidad que corresponde a la contaminación de un p.c. o sea pico curie (igual al  $10^{-12}$  c, ó  $3.7 \cdot 10^{-2}$  desintegraciones por segundo) de estroncio 90 radioactivo por gramo de calcio.

Actualmente la situación es complicada debido al nuevo sistema internacional de unidades (unidades SI) bajo este sistema la nueva unidad de dosis absorbida es el GRAY (Gy) que es un ciento de veces más grande que el RAD. En la protección de la radiación esta nueva unidad es llamada EL SIEVERT (Sv).

Un Sievert es igual a un Gray en radiología dental.

En los próximos años ambas unidades, la antigua y la nueva estarán en uso mientras que el viejo sistema es desplazado.

#### *G) UNIDADES SI*

En años recientes ha surgido un sistema internacional que se basa en las unidades fundamentales como son : metros, kilogramos, segundos, amper y candelas.

El Roentgen, el Rad y el Rem no son satisfactorios para este sistema pues no se derivan de las unidades SI básicas. No existe una unidad específica para reemplazar el roentgen. En el futuro la exposición solo se podrá expresar en coulombs por kilogramo y el roentgen desaparecerá.

El concepto de medida en los haces de rayos X se expresa con el término de Kerma, acrónimo de la traducción inglesa para la energía cinética que se libera por unidades MASS. No constituye una unidad, la medición se efectúa en Grays (Gy) o (mGy).

#### *H) EL GRAY*

Es la nueva unidad de medición para la radiación. Un Gray equivale a 100 Rads, esta unidad es demasiado grande para algunos objetivos prácticos por lo que surgió un submúltiplo, el miligray (mGy). Un roentgen de rayos X suministrará en el aire un Kerma de 8.7 mGy.

### 1) EL SIVERT (Sv)

El Silvert es igual a un Gray.

Sustituye al REM. La dosis que se absorbe se mide en Grays, es insuficiente por si misma para traducir la gravedad o la posibilidad de los daños a la salud que produce la irradiación en condiciones no especificas, por lo que se introdujo una nueva unidad llamada Sivert, esta mide el equivalente de la dosis y constituye, considerada por los factores modificantes que las personas que trabajen en la producción contra la radiación posean una unidad que se relacione con los efectos mas importantes de la exposición.

También se debe estar conciente de que vivimos en un ambiente en el que se esta expuesto a antecedentes de irradiación natural, cósmica y terrestre. La primera se produce en el exterior de la tierra y la otra dentro de la corteza terrestre. La dosis promedio recibida por un individuo alrededor de 30 años es de 4 Rads. El hombre también crea riesgos en nuestra vida diaria, un reloj luminoso nos dará una dosis de un Rad, en aproximadamente 30 años.

El código de práctica advierte el nivel máximo de dosis permisibles que son consideradas seguras. Si la dosis total acumulada permitida es de 5 Rems o 50 mSv por año dividida a través de 50 semanas de trabajo, la dosis permitida por semana es de 100 mRem o 1 mSivert. La mayoría del personal trabajando

con aparatos de rayos X reciben dosis más bajas que esas, Usualmente no mayores de 20 mRems (0.2 mSv) por semana. Este es el nivel de exposición que no debe ser excedido en circunstancias normales en cualquier práctica dental. Todo el personal que se encuentre con regularidad en la vecindad con el aparato de rayos X deberá usar un dosímetro.

El código de práctica hace diferencia entre la práctica dental donde el promedio de películas es menor de 50 películas por semana y aquellos en que es más elevada, en el primero donde es menor de 50 películas el personal deberá usar dosímetro por periodos de cuatro semanas a intervalos de seis meses. Donde el volumen de trabajo es mayor, o donde los estudios radiográficos indiquen que hay la posibilidad de una dosis mayor el dosímetro se usará continuamente.

#### MÉTODOS RADIODOSIMÉTRICOS

Estos sirven para conocer con exactitud la dosis de rayos X recibida por una región o zona del cuerpo o un lugar determinado del ambiente donde funciona un aparato de rayos X y están basadas en : 1) Ionización de gases, 2) Termoluminiscencia por ciertas sustancias y 3) Densidad radiográfica provocada.

##### A) POR IONIZACIÓN

Por lo general los gases son aisladores de la corriente



eléctrica pero cuando se exponen a la acción de los rayos X se comportan como conductores, esto se debe por que los rayos X ionizan los gases ya que por el impacto de los fotones X, algunos átomos pierden electrones (-), transformando el resto de la molécula en iones (+).

Sobre la relación ionización/corriente eléctrica se basa en el método ionométrico, en la práctica para controlar la dosis recibida se utilizan ionómetros que son cámaras de condensador, estos ionómetros se cargan previamente y una vez usados durante el tiempo que se requiera controlar, se verifica la carga residual y de acuerdo a ella se calcula la dosis recibida. La lectura puede hacerse directamente en algunos modelos, o mediante el auxilio de aparatos especiales en otros, los ionómetros se fabrican en distintas radiosensibilidades.

#### *B) POR TERMOLUMINISCENCIA*

Este se basa en un fenómeno físico denominado termoluminiscencia que se debe al hecho de que ciertas sustancias débilmente impuras entre las cuales esta el fluoruro de calcio y el fluoruro de litio con impurezas de disprocio y magnesio, al ser expuesto a los rayos X adquieren un particular estado de excitación que posteriormente se traduce en luminiscencia al someter la sustancia impura a una temperatura determinada u óptima ejemplo: (para F2 CA:D1=280 grados centigrados).

Para controlar la radiación producida por los aparatos de rayos X dentales se utilizan los fluoruros sitados en estado impuro colocados en placas o capsulas las cuales son de reducidas dimensiones que tiene la capacidad de acumular varias exposiciones y permiten controlar simultaneamente varias regiones o zonas próximas. Posteriormente mediante aparatología y técnicas especializadas se determinan las dosis, sobre la base que la luminosidad por aumento de temperatura resulta proporcional a la cantidad y calidad de la radiación X absorbida.

#### *C) POR DENSIDAD RADIOGRAFICA*

Este método es mas económico, con películas dosimétricas y se basa en el control de la densidad radiográfica. Estas películas viene en paquetes de tamaño similar a los dentales standard pero sin el respaldo metálico que traen estos.

Estos paquetes dentro de chasis especiales, que dejan una parte de la película descubierta a los rayos X (comparación) los lleva el profesional y personal auxiliar en sus ropas de trabajo durante el tiempo de comprobación (dosis semanal o trimestral) una vez cumplido este tiempo se envían a laboratorios especializados en los cuales, después de someter las películas a un riguroso y controlado proceso de laboratorio (tiempo/temperatura etc) se determina la densidad radiográfica adquirida por ellas comparandolas con las de

otras películas de control y sobre la base de tal densidad se establece la cantidad de roentgens recibidos. Mediante las películas dosimétricas es posible registrar dosis entre amplios límites por ejemplo: 13MR y 180OR.

#### *D) PRUEBA DE ORIENTACION*

Para ello basta simplemente fijar sobre la cara activa de un paquete dental virgen, (películas ultrarápidas) una moneda, con cinta plástica radiotransparente y llevado este paquete sobre las ropas (cara activa hacia afuera) por la presencia del respaldo metálico o dejado en un sitio que se desee controlar durante el tiempo de comprobación, se procede luego al procesado de las películas.

Las cantidades de rayos X recibidas corresponderán al grado de ennegrecimiento (Densidad radiográfica) que puede observarse en el negativo alrededor de la silueta blanca de la moneda.

Este procedimiento es empírico ya que el grado de ennegrecimiento variará según el estado de los líquidos.

## **CAPITULO III**

### **EFFECTOS BIOLÓGICOS**

Para iniciar efectos biológicos son necesarios 2 términos importantes que son el de radiación y el de irradiación. La radiación se refiere a la energía radiante misma e irradiación indica la aplicación de los rayos en un objeto.

Principios generales que gobiernan los efectos biológicos son las dos teorías que han dado forma para explicar el daño a la célula causado por ionización y excitación. Explican las modificaciones bioquímicas primarias debidas a la irradiación.

#### **TEORIA DEL FOCO O ACCION DIRECTA**

En estados que la célula contiene un sitio crítico o "foco" y un simple resultado de ionización o "golpe" dentro de este foco inactivaría la célula. Todo golpe fuera del sitio crítico no tendrá efecto. Aunque esta teoría tiene pocas bases en este tiempo, es conveniente discutir el daño de la radiación a las células. En esta teoría ninguna radioprotección química es posible.

#### **TEORIA TOXICO-QUIMICA O DE ACCION INDIRECTA**

En contraste con la teoría de el "foco", esta asume que la radiación ataca una discreta porción de célula, la radiación es absorbida en algún lugar dentro de la célula causando reacciones químicas que forman sustancias tóxicas dentro de

la célula. Este toxico afecta las substancias vitales de la célula secundariamente (efecto indirecto). A veces retarda una cierta protección química desviándola.

Las 2 teorías el efecto directo e indirecto no son contradictorias y los fenómenos se producen entonces de la misma irradiación en el caso de la exposición a organismos superiores, se admite que el efecto indirecto juega el papel principal.

Fundamentalmente, el daño consecuencia de radiación ionizante para el organismo vivo es debido a la energía absorbida por las células y tejidos que forman el organismo. Esta energía absorbida produce descomposición química de las moléculas presentes en las células vivas (moléculas formadas cuando los átomos son vinculados simultáneamente por sus electrones).

El valor de los tejidos descompuestos aparece con el número de iones pares o valor de ionización producido por las radiaciones ionizantes en las células y tejidos.

#### RADIACION IONIZANTE

Toda la radiación ionizante es potencialmente peligrosa si es excesiva. Rayos X, Gamma y Csmicos son conocidos como radiación ionizante desde que ellos ionizan la sustancia en la cual penetran.

Ionización es la separación de un átomo en iones positivo y

negativo por la influencia e radiación ionizante.

Así, por acción de los fotones de rayos X, se pueden producir en la intimidad e los tejidos transformaciones químicas extrañas, particularmente la del agua ( $H_2O$ ), en ( $H_2O_2$ ).

En nuestro organismo la acción ionizante se hace sentir especialmente en los cromosomas (ruptura con pérdida o recombinaciones anormales), cuyos efectos se manifiestan durante la división celular, causando la evolución anormal o la muerte de la célula. La acción de los rayos X sobre las células sexuales (genes) trae como consecuencia alteraciones en la transmisión de los caracteres hereditarios (mutaciones).

Los efectos ionizantes se producen proporcionalmente a la cantidad de radiación absorbida (energía) y a la radiosensibilidad e las células que la absorben.

Nuestro organismo esta absorbiendo continuamente infimas cantidades de radiaciones ionizantes naturales (rayos cósmicos de los elementos radioactivos del suelo, e la habitación y atm de nuestro propio contenido de potasio 40 etc) y artificiales (relojes y medidores con esferas luminosas, aparatos de televisión). Así mismo, absorbe la radiación producida por la radioactividad remanente de las exposiciones nucleares, cuyos saldos es el estroncio 90 que se fija en los huesos como la hace el calcio

## TIPOS DE RADIACION

Durante el funcionamiento del aparato de rayos X la radiación ionizante X se manifiesta bajo las siguientes formas.

### A) PRIMARIA

Óctil que emite el foco en forma de cono o haz a través de la ventana del tubo. Su dirección puede predeterminarse (angulaciones) y por lo tanto es controlable.

### B) SECUNDARIA

Emitida por los objetos que son alcanzados por los rayos primarios, principalmente la cabeza del paciente, esta emisión secundaria cara, cabezal del sillón, colimador cónico etc., que empieza y termina con la primaria, se hace en todas direcciones.

### C) POR ESCAPE

La radiación X escapa de la cabeza del aparato por otros lugares que su ventana de emisión. La radiación por escape en los aparatos modernos que están bien protegidos es de poca consideración, pero puede llegar a ser importante cuando existen fallas en el blindaje de las cabezas. En los aparatos antiguos con tubos abiertos, la radiación por escape es considerable.

No está demás señalar que las formas de escape y

secundarias, además de ser biológicamente perjudiciales, también lo son técnicamente.

Por lo tanto, con cualquier aparato que se utilice (atm con aquellos que los fabricantes indican con protección integral), al tomar una radiografía, el paciente necesariamente recibirá (absorberá) una cantidad determinada de rayos (exposición). En cuanto al profesional y personal auxiliar recibirán (absorberán) cantidades peligrosas si permanecen en el paso del haz primario, y también recibirán cantidades no despreciables cuando no son protegidos de las radiaciones secundarias y por escape.

Las mejores formas de producir ionización en la radiografía dental son:

- 1) Absorción fotoeléctrica.
- 2) Dispersión contada.

Dos teorías han dado forma para explicar el daño a la célula causado por ionización y excitación.

#### PERIODO LATENTE

Se denomina periodo latente al tiempo transcurrido entre la exposición (absorción) y la aparición de los efectos (síntomas clínicos). En el periodo latente, correspondiente a la radiación solar, que es de 4 a 12 horas el de los rayos X resulta desproporcionado; Así cuando se aplican fuertes dosis el efecto aparece a los pocos días (eritema) en cambio, cuando



se trata de dosis mínimas se acepta que sus efectos puedan aparecer aun después de 25 años. Esto advierte que aun tratándose de pequeñas dosis estas deben emplearse únicamente cuando se estime que sea necesario.

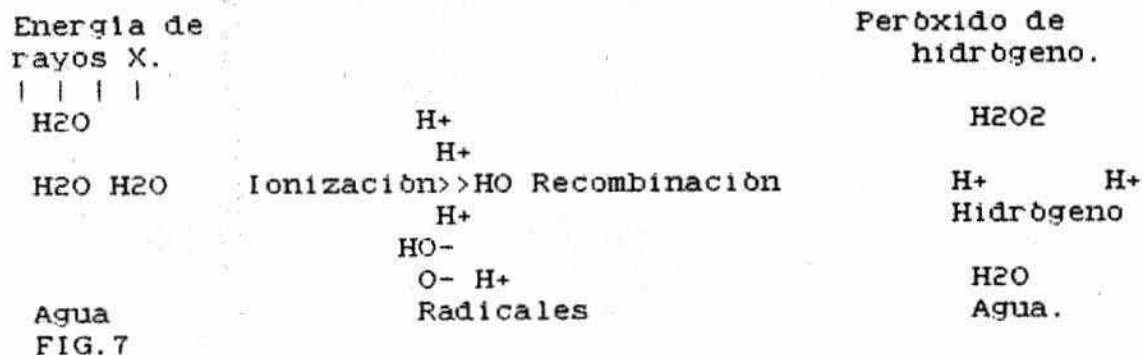
Los efectos que aparecen dentro de minutos, días o semanas son llamados efectos agudos, y los que aparecen en años, décadas y algunas veces generaciones posteriores son llamados efectos a largo término.

El daño de la radiación ocurre dentro del núcleo de la célula y este es pasado a la célula hija. Así es como la lesión patológica puede mostrarse años después.

#### EFECTOS QUÍMICOS

Son resultado de la capacidad que tienen los rayos X de ionizar átomos y romper los enlaces químicos. Debido a que se desconocen las estructuras de muchos productos químicos del organismo. Es limitado el conocimiento acerca de los resultados de la absorción de rayos X; sin embargo la mayor parte del cuerpo humano se compone de agua ( $H_2O$ ), al exponerse a la radiación se libera oxígeno e hidrógeno y se producen radicales hidroxilo; la recombinación puede formar peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), o combinarse, con otros químicos de la zona para formar nuevos compuestos (Fig.7); estos pueden resultar extraños para el organismo y ser venenosos, ejem; peróxido de hidrógeno.

Cuando se exponen a la radiación compuestos completos del organismo, se pueden producir muchos radicales desconocidos y químicos nuevos.



#### EFFECTOS EN LAS CELULAS Y TEJIDOS

No todas las células que se exponen a la radiación se dañan, sin embargo, algunas pueden presentar rotura de cromosomas y vacuolas en el núcleo o citoplasma. El daño puede ser resultado de un efecto directo o indirecto. El primero lo crean los fotones de los rayos X que actúan sobre una estructura celular, como sería el romper parte de la cadena química que forma un cromosoma; la misma rotura la pueden producir los radicales químicos que se liberan cuando el agua cercana u otros compuestos absorben fotones de rayos X. Las células pueden presentar mitosis anormales y formar células gigantes, y las que experimentan mitosis en el momento de la exposición son las que muestran mayor daño; los tejidos que están en rápido crecimiento y presentan muchas células con

mitosis muestran los mayores efectos de radiación.

Los tumores malignos o cancerosos que presentan muchas células en división, frecuentemente se tratan con radiación debido a que estas células son mas sensibles que las normales; se emplean dosis relativamente grandes de radiación. Las muy altas pueden alterar el código genético que controla la conducta de la célula y dar como resultado una neoplasia, por lo tanto, la radiación puede usarse en el tratamiento del cancer pero también lo puede causar, dependiendo de la cantidad de radiación y de la sensibilidad del tejido. La dosis empleada en la terapia del cancer esta limitada por la tolerancia del tejido normal que lo rodea, es frecuente que los cánceres bucales se traten con altas dosis de radiación que van de 5,000 a 7,000 rads: estas dosis pueden matar las células cancerosas, pero también afectan a las células normales aunque en menor grado.

El tejido ya sano tratado con rayos X presenta pocos y mas pequeños vasos sanguíneos, alteración de la función celular y poca capacidad de reparación. El hueso absorbe mas energia debido a que es mas denso que los tejidos blandos, y las células oseas que reciben radiación pueden morir y dar como resultado una osteorradionecrosis. Los tejidos y el hueso afectados por la radiación se vuelven muy susceptibles a la infección.

## FACTORES QUE DETERMINAN LOS EFECTOS BIOLÓGICOS

### A) CANTIDAD TOTAL DE RADIACION ABSORBIDA

Entre más radiación es absorbida por un tejido, mayor es el daño esperado.

En la medición en los cambios por radiación, los efectos usualmente no pueden ser detectados hasta que el mínimo o umbral es excedido. Por supuesto, los cambios pueden ocurrir si debajo del umbral las dosis son repetidas. Los cambios genéticos parecen no tener umbrales, en otras palabras, nadie da dosis que produzcan efectos de alguna clase.

Algunas excepciones son aceptadas. Algunos estudios tienen muestras que la producción de leucemia y cáncer (cambios somáticos), no tienen umbral, y otras tienen muestras de que los cambios genéticos requieren una dosis mínima.

### B) VALOR DE ABSORCION

Los efectos de la radiación serán mínimos si el total de la dosis es dividida en vez de darse en una sola exposición. La exposición a la radiación puede clasificarse en base al valor de absorción.

Una exposición aguda es una corta e intensa, una crónica son continuas exposiciones de menor intensidad administradas en un largo período de tiempo.

Si una sola dosis aguda en la piel de 600 rads se administra

durante una hora, en una parte local produce eritemas, entonces puede tener dos dosis de 425 rads cada una administrada en 24 horas para producir el mismo efecto.

#### *C) PARTE DEL CUERPO EXPUESTA*

El riesgo de la radiación es incrementado cuando una gran parte del cuerpo es expuesto en seguida. Las áreas locales pueden recibir grandes dosis de radiación sin riesgo, mientras, si una dosis igual se diera en todo el cuerpo podría ser letal para el paciente.

Así si una dosis de 700 rads fue dada al dedo de una persona, el dedo puede experimentar eritema y algún daño con recuperación, si una dosis igual (700 rads) fue dada a todo el cuerpo el paciente puede morir por el daño de la radiación.

#### *D) ESPECIES Y DIFERENCIAS INDIVIDUALES*

Hay gran variación en lo que respecta a especies individuales para la radiación en todo el cuerpo, por ejemplo, para animales expuestos a 200KV de radiación, la dosis letal media (MLD) puede variar de la siguiente manera:

Hombres 450 rads. Ratonos 500 rads. Conejos 875 rads.

También pueden ser considerables las diferencias individuales dentro de una especie. Pueden variar tanto como 50% de acuerdo a la dosis letal media.

## E) VARIABILIDAD DE RADIOSENSIBILIDAD DE CELULAS Y TEJIDOS

La respuesta de las células es gobernada por varios factores que incluyen:

- 1.- Actividad mitótica: Las células que tiene mas actividad dividiendose son generalmente mas sensibles a la radiación.
- 2.- Las células y tejidos que son menos diferenciados o no especializados son más sensibles a la radiación.
- 3.- Células con un incremento en el metabolismo celular tienden ser mas sensibles a la radiación.

Estos factores explican la radiosensibilidad de tumores, tejidos embrionarios, el embrión y el rápido desarrollo tisular de animales jóvenes.

Asi que los tejidos y células del cuerpo pueden ser divididas dentro de dos extensos grupos, la radiosensibilidad y la radioresistencia.

Esta división muestra el valor paralelo de mitosis vista de varios tejidos.

1.- GRUPO RADIOSENSIBLE (comenzando con el tejido más sensible).

- a) Células germinativas del ovario.
- b) Epitelio seminífero de testículos.
- c) Linfocitos.
- d) Tejidos formadores de sangre (médula ósea).
- e) Epitelio intestinal.
- f) Piel.

2.- GRUPO RADIORESISTENTE (mencionados en orden decreciente de sensibilidad).

- a) Mayor parte de tejidos granulados.
- b) Tejido muscular.
- c) Tejido nervioso.

**CLASIFICACION EN ORDEN DECRECIENTE DE LA RADIOSECIBILIDAD EN LOS DISTINTOS TIPOS DE CELULAS.**

1. Linfocitos y granulocitos.
2. Celulas de las gonadas, de la medula osea y la piel.
3. Celulas pulmonares.
4. Celulas de los conductos biliares y renales.
5. Celulas endoteliales que cubre cavidades cerradas del cuerpo, como corazon, intestino, arterias y venas.
6. Celulas del tejido conjuntivo.
7. Celulas musculares, incluyen corazon.
8. Celulas del hueso maduro sin incluir centros de crecimiento.
9. Celulas nerviosas incluyendo cerebro.

**EN RELACION CON LOS ORGANOS EN CONJUNTO LOS MAS AFECTADOS POR LA RADIACION:**

1. Nodulos adrenales.
2. Tubo digestivo.
3. Sangre y medula osea.
4. Ojos.
5. Hgado y bazo.
6. Pulmones.
7. Organos de reproduccion.
8. Piel y folículos pilosos.
9. Tejido linfatico.
10. Glandula tiroides.

**COMO AFECTA LA RADIACION DE VARIAS EXPOSICIONES AL SER HUMANO**

El riesgo es de varios tipos:

**A) GRAN CANTIDAD DE RADIACION A TODO EL CUERPO (EXPOSICION AGUDA)**

La posibilidad de este tipo de exposicion de diagnostico radiografico es muy remota.

Es visto en victimas de armas atomicas y en exposiciones individuales accidentales a energia nuclear. Cuando grandes

dosis son recibidas en todo el cuerpo en un corto periodo de tiempo, se pueden ver los siguientes efectos:

DOSIS AGUDA	EFECTO PROBABLE
0-25 Rads	No hay daño
25-50 Rads	Posible daño sanguíneo, pero no daños serios.
50-100 Rads	Cambios en las células sanguíneas, algunos daños, no hay incapacidad.
100-200 Rads	Daño, posible incapacidad.
200-400 Rads	Daños e incapacidad, posible muerte.
400 Rads o mas	Fatal en un 50%
600 Rads	Fatal.

**B) PEQUEÑAS CANTIDADES DE RADIACION A TODO EL CUERPO (EXPOSICION CRONICA)**

Hay dos tipos de exposición crónica en todo el cuerpo.

- 1.- Radiación fundamental.
- 2.- Radiación recibida por exposición ocupacional.

La radiación fundamental proviene de un material (fuente) y crónicamente expuesto a la población mundial cada día.

Surgen de 3 fuentes:

- 1.- Rayos Cósmicos.
- 2.- Radiación externa de materiales radiactivos en el ambiente.
- 3.- Radiación interna por radioisótopos depositados en el cuerpo por ingestión o inhalación ocurridas naturalmente.

La radiación fundamental contribuye en un promedio anual a la dosis en todo el cuerpo de aproximadamente 0.15 rem (o 150 mrem).



El valor de la dosis de los rayos cósmicos varía considerablemente en altas altitudes por la absorción atmosférica. En Denver, una persona recibe tres veces más radiación de rayos cósmicos que una persona que vive a nivel del mar (50 mrems). También el piloto de una aerolínea recibe aproximadamente 300 mrems por año de radiación cósmica, es cerca de 6 veces la dosis a nivel del mar.

#### EFECTO ACUMULATIVO

Efecto de las dosis repetidas de radiación. Cuando los tejidos se exponen, la reacción dependerá en gran parte de la dosis aplicada, pero cualquiera que aquella sea, habrá reparación de los tejidos dañados siempre y cuando no se haya presentado una degeneración completa; sin embargo, los tejidos no vuelven a su estado original ya que sufren de un daño irreparable de tipo acumulativo. (fig.8)

Por supuesto no hay restos de radiación dentro del tejido después de la exposición. Algunas de las células se recuperan mientras otras acarrean un efecto residual. Estos efectos se añadirán todo el tiempo a receptores individuales a dosis de radiación. Esto es por que la radiación se dice que es acumulativa.

Por supuesto, la cantidad de daño residual dentro del tejido depende de la dosis liberada. El máximo de la cantidad de recuperación de las células dañadas puede ocurrir dentro de

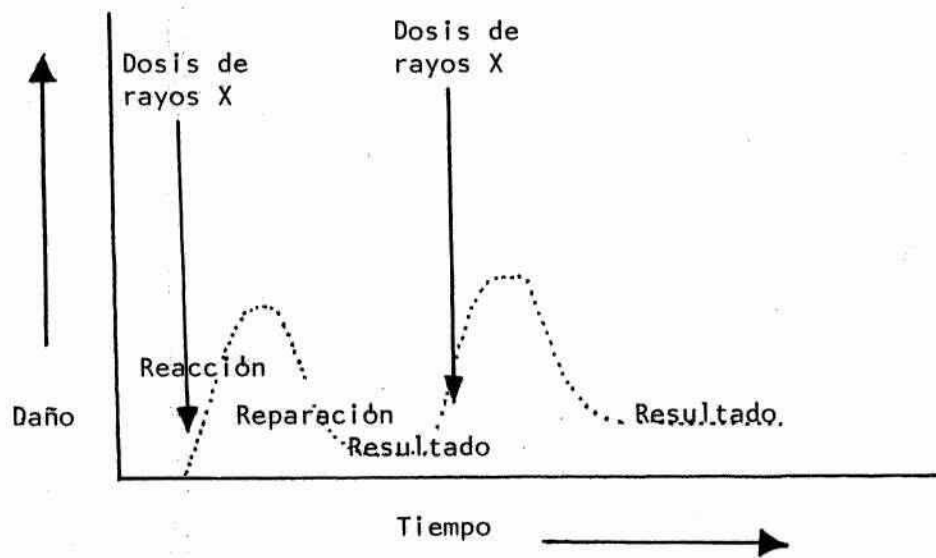


Fig. 8

Representación diagramática del efecto acumulativo de la radiación

las primeras 24 horas. Los efectos biológicos residuales dentro de las células que no se recuperan es llamado efecto acumulativo de radiación X.

#### EFFECTOS SOMATICOS

Para que se manifiesten, es necesario pasar o alcanzar ciertas dosis/umbral, circunstancia que permite, por debajo de la dosis de tolerancia o permisibles, tomar radiografías sin riesgos.

En los pacientes bajo terapia con radiación se pueden observar efectos clínicos: en el área tratada, la piel está bronceada y con cicatrices, parece como si se hubiese colocado un objeto caliente sobre ella, lo que se conoce como quemaduras por radiación. También hay pérdida de pelo; cuando existen glándulas salivales, se ve afectada la cantidad y calidad de la saliva, por lo que es frecuente la sequedad de la boca y caries rampante. El tratamiento dental a menudo emplea un agente tópico que previene la caries, así como preparaciones líquidas que reemplazan el efecto lubricante de la saliva perdida y alivian el malestar de la boca seca.

No hay prueba de que las radiografías dentales provoquen manifestaciones clínicas en el paciente.

Los efectos somáticos en la célula pueden ser:

Reversibles, irreversibles, condicionados.

-Reversibles: Si la célula retorna a su estado de pre-

radiación.

-Irreversibles: Cuando ocurren cambios permanentes en la célula o su destrucción.

-Condicionales: Cuando la célula queda afectada en tal forma que una segunda dosis menor o igual a la primera impide su retorno al estado de preirradiación.

### EFFECTOS GENETICOS

Las células germinales (gametos) contiene genes en los cromosomas de sus núcleos que determinan como serán sus hijos.

Una mutación es un cambio en el gen de la célula germinal que puede tener cambios inherentes en los hijos producidos por esta célula. La mutación ocurre en organismos vivos, la causa de esta mutación se desconoce, por supuesto, las mutaciones han existido siempre.

Los defectos genéticos en el hombre causados en una de cada 10 personas dejan de reproducirse o mueren antes de la madurez.

Algun estudio puede modificar lo anterior.

La radiación química y la ionizante son agentes mutantes.

La más relevante información para determinar el posible daño genético por radiación en el hombre viene de extensos experimentos con los efectos de radiación en espermatozoides y oocitos en ratones (Russell 1969).

El valor a que la radiación es dada es importante. Por

ejemplo, una dosis de 600 roentgens dada en corto tiempo producirá mucho más mutaciones que una dosis igual dada en semanas o meses.

La cantidad de radiación que doblaría el valor de la mutación natural es desconocido. Se ha estimado entre 30 a 80 R a las gónadas por 30 años de vida (Academia Nacional de Ciencias, 1958)

El daño genético es acumulativo y depende de la cantidad total de exposición gonadal recibida por una persona desde su concepción hasta la concepción de su último hijo (Academia Nacional de Ciencias 1956).

La dosis máxima permisible esta limitada a 5 R por año. Se ha estimado que una máquina dental operada a 65 Kvp y 10 mA a una distancia de 8 pulgadas del foco liberada aproximadamente un roentgen por segundo. Usando película rápida, la exposición para cada radiografía es de 0.3 segundos. Para 14 radiografías la exposición es de cerca de 1/10 000 la dosis facial de 0.42 mR en este caso (Richards 1968). La exposición individual de las gónadas es estimada como cerca de 0.3 mR por día o 110 mR anuales.

Es evidente por estos datos, que la exposición gonadal en una serie dental completa es aproximadamente igual a la que una persona recibe normalmente cada día. Es muy poca cantidad. El dentista puede usar escudos de plomo sobre el área gonadal

del paciente y reducir la exposición a cero, ya que cualquier cantidad de radiación ionizante que llegará a ellas alteraran los genes (ADN) de las células sexuales provocando así mutaciones anormales.

Las mutaciones anormales al modificar adversamente la herencia se traducen en enfermedades moleculares, retraso mental, deformaciones, mongolismo, etc. de acuerdo a las dosis recibidas (acumuladas) por uno o ambos progenitores. La radiación produce nuevas mutaciones y eleva la frecuencia de las ya conocidas.

En los animales el número de trastornos aumenta con la dosis o intensidad de los rayos X; los estudios mostraron que muchas células también son capaces de romper algunos tipos de daño genético que sufren sus cromosomas.

Durante las explosiones atómicas de Hiroshima y Nagasaki la población estuvo expuesta a la radiación. En sus descendientes no hubo pruebas de más mutaciones o aumento de mortalidad, pero los efectos pueden pasar por muchas generaciones antes de hacerse evidentes como el acortamiento del periodo de vida, así como un predominio de cancer gástrico. (Fig.9)

#### EFECTOS EMBRIOLOGICOS Y DEL DESARROLLO

Sobre los efectos somáticos y genéticos, es de fundamental importancia tener presente que la radiosensibilidad es inversa a la edad.

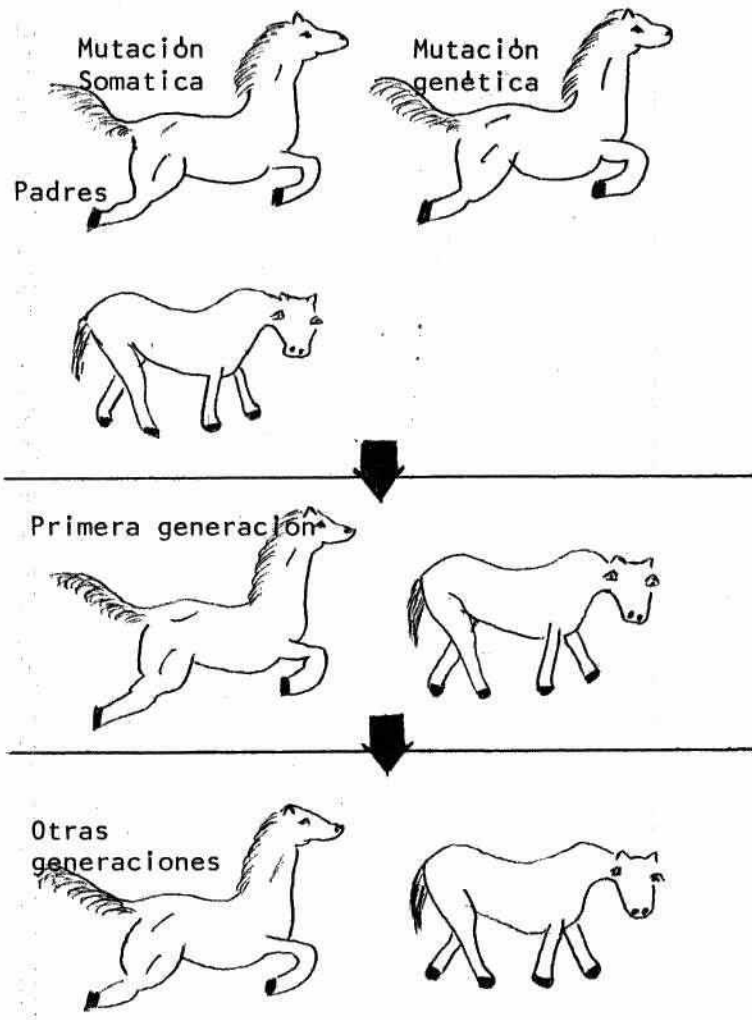


Fig. 9

Diferentes efectos de las mutaciones somáticas y genéticas. Las primeras producen mala salud en el animal expuesto pero no se transmiten a las siguientes generaciones. Las segundas por lo regular no afectan al individuo expuesto, pero sí la salud de las generaciones subsecuentes.

Esto explica la hipersensibilidad de todos los tejidos fetales, que es máxima particularmente durante los tres primeros meses del desarrollo, época en la cual una pequeña dosis de rayos absorbida (25 R) puede ser suficiente para provocar malformación o aborto.

Se indica también que la radioabsorción por el feto de dosis no exageradas puede determinar ceguera y, por otra parte, también debe tenerse siempre presente que, según los estudios de Alice Stewart en el Reino Unido los niños expuestos in útero a los rayos X, presentan un riesgo mayor de leucemias y otras formas de cáncer que los niños no expuestos.

Es conveniente destacar que si bien las dosis dentales que llegan a la región abdominal son mínimas (de un orden promedio de 0.6 a 0.06 R) ya que la región, en la cual opera el odontólogo, se encuentra alejada, las mismas al sumarse (acumulación) a otras dosis absorbidas, antes o después de exámenes directos de la región abdominal, pueden actuar como dosis "desencadenantes" determinando la aparición de una afección de mayor o menor gravedad, según el caso.

Las dosis dentales podrían, comparativamente, actuar como la gota de agua que hace rebasar el vaso.

Considerables efectos en el crecimiento y desarrollo pueden ser mostrados en animales y hombres que reciben niveles de radiación substancialmente mayores que los esperados por



exposición ocupacional. Por ejemplo, radiación continua en todo el cuerpo de ratas, de 24 rads por semana puede producir inhibición del crecimiento. Ligeró retardo en el crecimiento y maduración se informó en los niños expuestos a la bomba atómica en Japón e Islas Marshall (Miller 1968-69).

Los efectos durante el embarazo varían según la dosis y la edad del embrión.

El feto es más sensible a la radiación durante los primeros estados de desarrollo (primer y tercer mes).

Se ha visto que 25 R durante la primera mitad de la vida del embrión de ratón produce daños obvios (Russell 1952). Una mujer embarazada puede tener aborto o nacer el niño muerto después de 1000 rads a la región pélvica, hay casos en que la embarazada recibe dosis de este nivel para tratamiento de cancer y todavía nace normal.

A una embarazada no se le toman radiografías de rutina, solo en caso necesario.

En un estudio conducido en la escuela de la salud pública en Harvard, se irradió a mujeres embarazadas encontrando un incremento en cancer (leucemia y cancer del sistema nervioso) en los niños nacidos de estas madres observando los cambios por color o sexo. Estos datos se colectaron de 547401 niños de 30 hospitales de los Estados Unidos del primero de Enero de 1947 a 1959 (Mac Mahon 1962).

Un estudio similar produjo resultados opuestos, en 1948 en un hospital de Chicago con radiografías pélvicas de rutina después de este año, las radiografías se suspendieron, la comparación fue hecha entre 1008 niños expuestos a la radiación y 1008 que nacieron después de 1948 en el mismo hospital. Después de un periodo de 15 años 2774 de los niños fueron examinados, y el incremento de leucemia, anormalidades en los ojos o hemangioma no fue significativa en los niños radiados.

No ha sido comprobado que la poca dosis recibida durante la radiación dental por el feto cause incremento en el número de malignidades o malformaciones. Así en vista de la importancia de proteger al neonato y por la relativa baja dosis recibida por el feto, es prudente proteger con plomo el abdomen de la embarazada durante los procesos de radiación dental, también niños y en general menores de 45 años, sin descuidar a los mayores de edad.

+ EMBARAZO-FETO	
NINO	+
ADOLESCENTE	
ADULTO	
	+
- ANCIANO	-

## CURVA DE DOSIS RESPUESTA

Cuando se marca en una gráfica la respuesta de cualquier efecto a los rayos X en relación con la dosis, se forma la curva de dosis y respuesta y puede ser de tipo lineal o umbral (fig). Muchos efectos somáticos producen una curva tipo umbral, es decir que la primera evidencia no se presenta hasta que se alcanza una dosis mínima o umbral; ejemplo, un eritema cutáneo o la inducción de cataratas; estas respuestas no son estocásticas (efectos que requieren de una cierta cantidad de daño antes de que se observen en animales enteros). Hay pruebas de que los efectos genéticos siguen una curva dosis-respuesta lineal y que se produce una respuesta independiente de la cantidad de radiación que reciban las células germinales, estas respuestas son estocásticas (un efecto que posiblemente se presente no importa cuán pequeña sea la dosis). Debido a que existe poca información acerca de los efectos genéticos de los rayos X en el hombre, se puede considerar que existe una curva dosis-respuesta lineal para los tejidos genéticos, por lo tanto hay que tomar medidas de protección contra la radiación para estos tejidos, incluso con exposiciones pequeñas cuando participa gran número de personas.

Aunque se desea tener una sola curva dosis-respuesta, la forma de esta no la aceptan todos los investigadores. Debido a

que no existe suficiente información para establecer la forma de la curva a niveles bajos de radiación (junto con los rayos X de diagnóstico y las dosis ocupacionales permisibles); sin embargo la mayoría de los radiólogos están de acuerdo en que todas las células o tejidos humanos presentan una curva cuadrática lineal (fig). La curva unificada utiliza la respuesta baja a la radiación, pero no existe umbral en la región de dosis bajas; por lo que a estas dosis se considera que la respuesta es bastante pequeña, pero no cero. La curva unificada promueve el concepto de que no existe una dosis segura de radiación.

La mayoría de los genitistas coinciden en que casi todas las mutaciones son dañinas y que se eliminan de la población en forma gradual cuando los portadores mueren sin dejar descendencia. También se presentan en forma espontánea y se establece una corriente continua de nuevas mutaciones que se introducen y de antiguas que se eliminan. La radiación natural del medio normal representa una pequeña proporción de las mutaciones espontáneas, pues también intervienen muchos otros factores químicos, fármacos y cambio de temperatura. (Fig.10)

#### MANIFESTACIONES CLINICAS DE LOS EFECTOS NOCIVOS

Cuando la cantidad de rayos absorbida por el paciente o por el profesional y (personal auxiliar) sobrepasa cierto límite, su efecto sobre el organismo es de notable daño, el cual puede

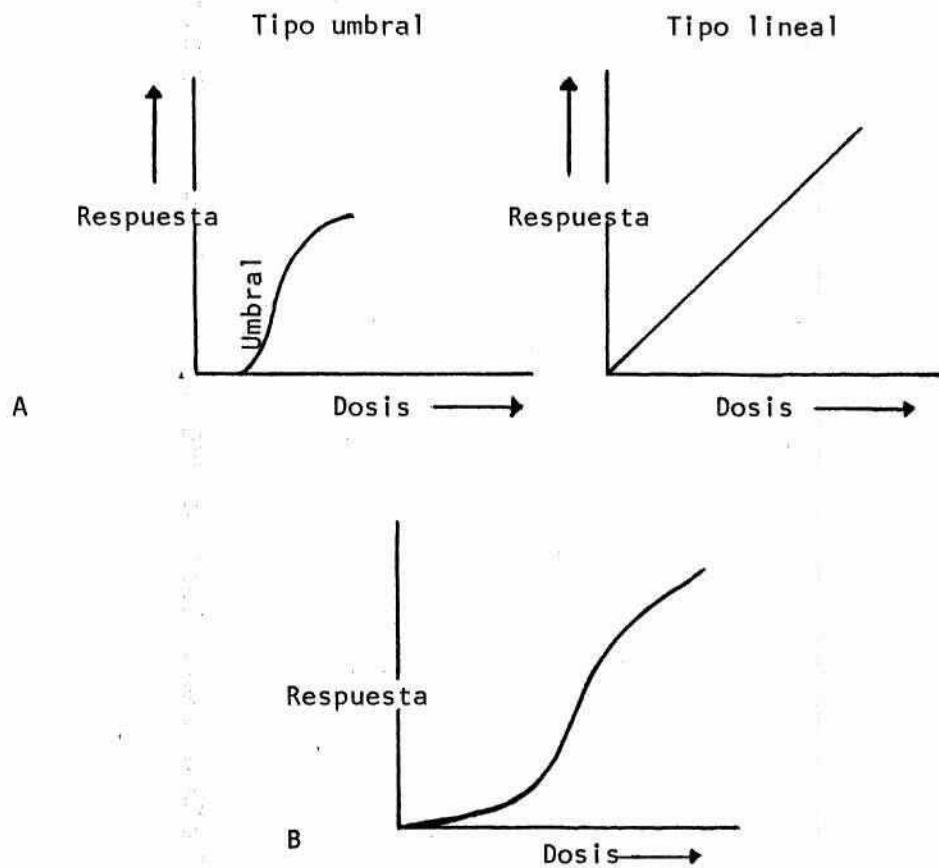
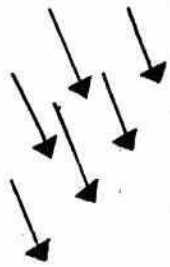
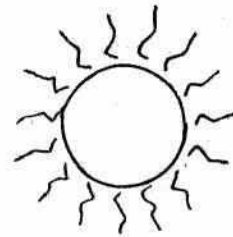


Fig. 10

A, Curvas de radiación de dosis y respuesta tipo umbral y lineal. B, Concepto unificado de la curva de dosis y res-puesta como una relación lineal cuadrática.



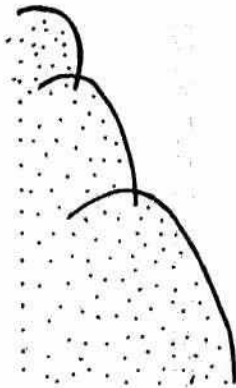
Rayos cósmicos



Temperaturas elevadas



Materiales  
Radioactivos



Químicos

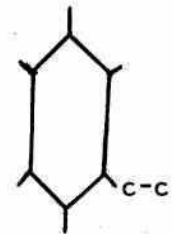


Fig. 10

Posibles fuentes de mutaciones espontáneas.

manifestarse bajo formas generales o locales según las células atacadas.

A causa de que las células más radiosensibles son las menos diferenciadas y de mayor actividad carcinogénica, tales como las sexuales, de los órganos hematopoyéticos, del bulbo piloso, y de la capa germinativa de la epidermis etc.. Se explica que entre las manifestaciones generales figuran la leucemia, anemia, esterilidad, aborto, etc., y entre las locales que pueden presentarse en la cabeza y en el cuello del paciente dental, particularmente dermatitis y alopecia (formas agudas y temporales).

Cuando se aplican los métodos intraorales debe evitarse la radiación innecesaria del cristalino ya que dosis excesivas (mínimo 600 R) provocan cataratas y más importante siempre debe evitarse irradiar la glándula tiroides en niños dado que en dosis no elevadas recibidas en la primera infancia provocan cáncer en la glándula.

Es también importante saber que en los dedos del profesional, cuando este los usa indevidamente para sostener el paquete radiográfico durante la exposición, los efectos nocivos pueden manifestarse bajo la forma de dermatitis crónica. Al respecto no está por demás advertir que según Young y Kunkel, el 31% de estas lesiones degeneran malignamente.

Los dedos más atacados son el índice, anular y pulgar, por ser los más expuestos. Paradójicamente, el extremo del índice (el que más se utiliza) resulta comparativamente la parte más protegida por dientes, hueso alveolar y respaldo metálico de los paquetes.

Las manifestaciones clínicas que progresivamente suelen aparecer en estos dedos son: sequedad de la piel, escamosidades, fisuras, queratosis y carcinoma (según Mohs).

#### *A) REACCIONES EN PIEL*

El umbral de la dosis para la piel es relativamente desconocido. Las reacciones de la piel a la radiación son determinadas por el daño a:

- 1.- Vasos sanguíneos.
- 2.- Tejido conectivo.
- 3.- Células epiteliales.

El eritema de la piel ocurrirá con radiación muy intensa dada por un período corto (1 hora) en un rango de 400 a 2000 Rads. En dosis menores no hay eritema. En dosis arriba de 3000 a 4000 Rads la piel llega a adelgazarse, cubriéndose de vasos sanguíneos dilatados y ulceraciones. El cáncer puede desarrollarse con estas dosis agudas, sin embargo es raro.

Las manifestaciones visibles del daño causado por rayos X en manos y piel con dosis pequeñas de radiación en períodos de años puede ser dividido dentro de tempranos y tardíos.



#### *A.1) SINTOMAS TEMPRANOS*

- 1.- Se incrementa la susceptibilidad, agrietamientos e intolerancia al lavado quirúrgico.
- 2.- Engrosamiento y uniformidad de los pliegues de los dedos.
- 3.- Fragilidad y acanalamiento de las uñas.

#### *A.2) SINTOMAS TARDIOS*

- 1.- Pérdida del cabello y depilaje.
- 2.- Sequedad y atrofia de la piel.
- 3.- Pigmentación progresiva, telangiectasia y queratosis.
- 4.- Ulceraciones indoloras.
- 5.- Posibilidad de cambios malignos en los tejidos.

Usando las mejores técnicas, los dentistas pueden limitar la exposición de los pacientes de 2 a 6 radiografías en una serie de 14 a 20 radiografías. Este está en alto grado debajo del umbral de la dosis que es calculada entre 400 y 2000 Rads.

**DANOS HEMATOPOYETICOS (LINFOPENIA, LEUCOPENIA, ANEMIA, LEUCEMIA Y PERDIDA DE LA RESPUESTA INMUNE).**

Una irradiación moderada a todo el cuerpo, tal como 25 Rads producirá cambios en la sangre. Aunque las células formadoras de sangre pueden ser radiosensibles, ellas también tienen grandes poderes de recuperación.

La descripción usual de sangre dañada por radiación es leucopenia que en algunos casos puede ir a leucemia. Es muy dudoso ya que en un solo caso de leucemia adulta a ocurrido por dosis agudas de menos de 200 Rads a la médula ósea (Court-Brown y Doll en 1957).

De los varios neoplasmas producidos por radiación a todo el cuerpo, la leucemia es la más grande.

En el estudio de personas japonesas expuestas a la energía atómica en Hiroshima y Nagasaki, la leucemia apareció después de un periodo de latencia de 10 años después de la exposición. La incidencia ha disminuido desde entonces (Miller 1969).

De alguna manera no es fácil entender, la radiación puede inducir carcinogénesis en el hombre. varios estudios epidemiológicos indican poca relación entre radiación a varias partes del cuerpo y cancer humano.

#### CANCER OSEO

Los pintores de radio, ellos humedecían los cepillos en sus labios que fueron cargados con el material radioactivo antes de pintar los planos. El radio entró en el cuerpo a través de la boca, y el cancer óseo apareció después de un periodo de latencia de 15 años.

#### CANCER DE PULMON

En los trabajadores de las minas de uranio en Australia fue encontrado un alto grado de cancer de pulmón.

El periodo de latencia fue aproximadamente de 17 años por que los mineros fueron expuestos a gas radio en alta concentración por un largo periodo de tiempo.

## CANCER DE TIROIDES

Se práctico varios años para tratamiento de desordenes en el cuello, como crecimiento de timo e infecciones tonsilares con 300 Rads o más. Años después resultaron con cancer de tiroides (Hempelman 1960 y Hamford 1962).

Es interesante notar que menos de 1% de la radiación recibida por el paciente durante una serie radiográfica dental es recibido por la tiroides. Esta cantidad puede ser reducida por el uso de escudos y conos de plomo. No se recuerdan casos de cancer facial o tiroides por el uso de radiografía dental.

## GLANDULAS SALIVALES

Aquí tenemos que recordar algunos casos de cancer desarrollado como resultado de terapia con rayos X de neoplasmas del cuerpo. El periodo de latencia varia de 4 a 22 años y la dosis original empleada es mayor a 300 Rads (Cahan et. al. 1948)

En el tratamiento de discracias en las glándulas salivales mayores, la dosis de 2500 a 3000 Rads tiene que ser transmitida por un periodo de mas de 1 a 2 semanas. Esto es suficiente para secar la glándula salival (Wainwright, 1965), lo cual tiene un efecto indirecto en la producción de caries. Esto no ha sido establecido como una incrementación en caries en pacientes que reciben dosis masivas de radiación por cancer de mandíbula, lo cual se debe a cambios quimicos de los tejidos

de los dientes o de una disminución del flujo salival. Probablemente sea causado por ambos. La osteorradionecrosis de mandíbula puede ocurrir por dosis masivas de radiación recibidas en la cavidad oral para lesiones cancerosas. El proceso usual es la extracción del diente en la parte de la radiación o como medida preventiva para los dientes sanos restantes.

#### REDUCCION DE LA VIDA

Extensos datos en ratones han establecido que la vida es disminuida después de una breve radiación en todo el cuerpo o pequeñas cantidades de radiación dadas por un largo periodo. Se encontró que la principal acción de este síndrome es que lleva a una aceleración del proceso natural de envejecimiento resultando un acortamiento de la vida (Curtis 1961).

Los resultados de estos estudios en animales son difíciles de transferir a el hombre. no se ha demostrado un acortamiento de la vida por dosis pequeñas de radiación.

Esto sugiere que si el cuerpo se expone a I R. la vida de un individuo puede ser acortada 1 día (Failla y Mc Clement, 1957).

Fue mostrado en un estudio reciente que la vida de los dentistas se afecta 1.4 años que el resto de la población (Richards, 1968), esto es debido a la radiación ocupacional.

## ESTERILIDAD (TEMPORAL O PERMANENTE)

Una disminución en la fertilidad en animales ha sido demostrado por la radiación. Cambios en la cantidad de espermias en el perro se ven si 0.5 R son dados por largos periodos de tiempo. Si una ratona recibe 4.4 R por día por largo tiempo produce esterilidad.

Para humanos recibir 600 R en menos de 1 semana a mujeres cerca de la menopausia y cerca de 2000 R en una semana directamente en los organos reproductivos produce inactividad ovárica. En el hombre se requieren grandes dosis para producir esterilidad. Dosis de esta cantidad en todo el cuerpo pueden ser fatales.

## CAPITULO IV EL ODONTOLOGO Y LOS RAYOS X

La radiación y los rayos X son una forma de energía producida por el hombre y tendrán un efecto sobre los tejidos vivos en mayor o menor medida, dependiendo de la intensidad de la radiación y de la sensibilidad del tipo de tejido expuesto a ella.

Los tejidos más sensibles son aquellos que están sufriendo un rápido crecimiento y proliferación, por lo tanto se verán afectados aun por pequeñas dosis de radiación, por lo que hablar de "Rayos X Dentales Seguros" es una exageración de los hechos.

El uso limitado y responsable de rayos X, no solo hace que la práctica de muchos no radiólogos sean profesionalmente de más satisfacción, sino también reduce que el paciente vaya de un consultorio a otro.

En lo que se refiere a la radiación, las siguientes cifras de exposición para radiografías (Wraith 1969) son significativas tales son:

PROYECCION	RADIACION DE LA PIEL
Cráneo lateral	0.08 Roentgen
Cráneo P.A.	0.13 Roentgen
Periapical I.O.	0.39 Rem
Oclusal standard	0.6 Rem
Panorámica	0.5 Rem

De este modo vemos que la radiografía intraoral es cinco veces mayor la radiación a la radiografía de cráneo lateral.

14 radiografías intraorales requieren:

Con 70 Kv 10 MA distancia foco película 20 cm 5.5 Rem

Con 90 Kv 15 MA distancia foco película 40 cm 1.8 Rem

#### DISTRIBUCION DE LA DOSIS PACIENTE-PROFESIONAL

En la práctica odontológica deben controlarse las siguientes dosis:

Respecto al paciente.

Dosis facial o dosis de entrada. La determinan los rayos primarios que recibe la cara (piel y cuero cabelludo) directamente desde el foco, más una menor cantidad de rayos secundarios retrógrados originados en los tejidos subcutáneos y también los rayos secundarios originados en el colimador, cuando este no sea el indicado. Además de la dosis piel de entrada, deben considerarse también las dosis piel de salida y entrada y entre ambas, la dosis profunda.

#### A) DOSIS SUB-ABDOMINAL

(Por falta de radioprotección) esta representado por los rayos secundarios, que emitidos por la nariz y mandíbula (cabeza) del paciente más la del colimador cónico de plástico (que por esta circunstancia debe reemplazarse) que a través del aire, llega a la región sub-abdominal: gónadas, gestación.

Respecto a esta dosis debe tenerse en cuenta además que:

a) Es mayor en el niño que en el adulto, siendo en tronco mas corto la distancia a la región sub-abdominal es menor en el niño.

b) Es mayor en el sexo masculino que en el femenino a causa de que los testiculos están mas cerca de la piel que los ovarios.

En el adulto masculino la exposición de la región gonadal correspondería a  $1/10000$  del total de la dosis facial (Richards) y a su vez para el sexo femenino en condiciones similares de la exposición a un quinto de la masculina (Alcox).

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

#### ***B) RESPECTO DEL PERSONAL Y PERSONAL AUXILIAR***

La dosis profesional esta 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 negligencia o ignorancia se expongan parcial o totalmente a los rayos del haz primario, esta dosis aumentará muy peligrosamente.



## EXPOSICIONES AGUDA-CRONICA EN ESTOMATOLOGIA

Aquí daremos la explicación de por que se puede exponer al paciente al haz primario y por que no debe exponerse el profesional. El paciente representa un factor transitorio (exposición aguda) a quien necesariamente se debe exponer a una dosis de rayos primarios que por todos los medios posibles debe tratarse sean lo mínimo posible. En cambio el profesional y el personal auxiliar representa factor permanente (exposición crónica) y esta expuesto diariamente a variables dosis de radiación secundaria, cuya suma o acumulación debe tratarse también de reducir al mínimo por todos los medios posibles, y exponerse al haz primario es hacer exactamente lo contrario.

## EXPOSICION AGUDA Y CRONICA A LOS RAYOS X

La exposición a los rayos X produce diferentes efectos en el hombre; cuando se absorbe una gran dosis de radiación en un lapso corto se presenta la exposición aguda, como en el caso de los accidentes nucleares y las víctimas de las bombas atómicas, pacientes que muestran diferentes grados de eritema, náusea, sangrado, diarrea, depilación, fiebre y choque, y en muchos casos, se presenta la muerte; este síndrome de radiación aguda se asocia con dosis superiores a 100 Rads. aplicadas a todo el cuerpo. En odontología, no se presenta, ya que las radiografías dentales de diagnóstico por lo general

emplean menos de 5 Rads y solo se dirigen a una pequeña región del cuerpo (fig); si solo un pequeño volumen de tejido reciben radiación, puede soportar dosis mayores que si todo el organismo se expusiera (la dosis dada en Rads no indica la cantidad de tejido expuesto). Una dosis alta aplicada a un pequeño volumen de tejido, como en el caso de la terapia con radiación, puede producir algunos efectos semejantes al síndrome de radiación aguda pero con menos intensidad. (Fig.11)

Cuando se absorben pequeñas dosis en forma continua durante un periodo prolongado, se presenta la exposición crónica. Cuando se toman radiografías intrabucales con técnica y equipo buenos, solo se expone una pequeña área de la cara del paciente a aproximadamente 25 mR, aunque cantidades menores de rayos X alcanzan otras partes del paciente y del operador debido a la radiación dispersa.

El daño causado por una dosis particular de radiación aguda que se recibe en un momento, por lo regular es mayor que el que resulta de la misma dosis aplicada en pequeñas cantidades durante un tiempo prolongado. La exposición aguda o crónica a los rayos X y el volumen de tejido expuesto solo son dos de los muchos factores (como dosis o intensidad de la radiación y presencia de oxígeno y protectores químicos en el tejido radiado), que varían la cantidad de daño tisular, resultado de

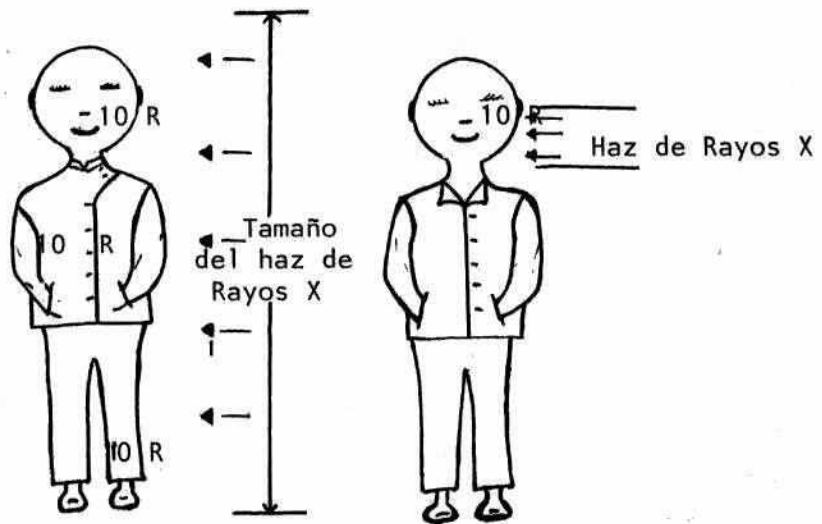


Fig. 11

Ejemplo de una misma dosis aplicada (10 rads<sup>1</sup>.a todo el cuerpo y a una zona específica, mediante dos haces de rayos X con intensidad y tiempo de exposición similares, pero de diferente tamaño. Una dosis que se establece en roentgens o rads no indica el volumen del tejido expuesto.

una dosis particular de radiación.

#### CONCEPTO DE GUIA DE PROTECCION A LA RADIACION

Desde que el uso de radiación ionizante involucra un cierto riesgo para el paciente, lo mejor es valancear otra vez las ventajas logradas por el uso de la radiación.

La pauta para el uso de la radiación ionizante fue descubierta a través de los años. La avanzada radiación en los trabajadores que están en exposición excesiva es una nueva forma de energía biológicamente indeseable, estos conocimientos deben de ser revisados varias veces.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) dirige las guías de protección (máxima dosis permisible) a los radiólogos y público en general. Un radiólogo es un individuo que participa en los procesos de rayos X y así será expuesto a una cierta cantidad de radiación como una parte de su trabajo.

Para los radiólogos la máxima dosis permisible acumulativa para las gonadas, órganos formadores de sangre y cristalino de para cualquier edad arriba de 18 años es gobernada por la siguiente fórmula:

$$D=5(N-18)$$

Donde D es la dosis en el tejido en Rems y N es la edad en años.

La máxima dosis permisible para quien es ocupacionalmente expuesto a la radiación es de 5 Rem/año, o 0.1 Rem/semana. Las

dosis que exceden de 25 mR/semana de la radiación del cuerpo (todo) son consideradas sospechosas, y ha de hacerse todo lo posible para minimizar la dosis semanal.

El público en general esta recibiendo cerca de 1/10 de cantidad de radiación comparado con el radiólogo (la que recibe este último no es genética ni somaticamente nociva).

En la radiación usada para diagnóstico médico y dental, no se ha determinado la cantidad de radiación recibida por trabajadores y público en general.

Necesariamente el dentista debe procurar usar un buen criterio clínico en obtener la máxima información diagnóstica para exponer al paciente a la mínima radiación.

En condiciones actuales y los standards aceptados, es seguro si un operador no recibe, cada 30 días, una dosis que exceda 0.01 de una dosis de eritema, esta parece ser, la dosis de tolerancia para todas las condiciones de operación de los tubos de rayos X para Roentgenografía, Roentendoscopia y terapia.

Dentistas, auxiliares dentales, radiólogos y técnicos de rayos X están expuestos diariamente a pequeñas cantidades de radiación en todo el cuerpo, esto es un tipo de exposición crónica por el uso de placas radiográficas.

El personal debe evitar siempre colocarse en el haz útil, incluso aunque esté protegido con delantal de caucho al plomo

o por una división de vidrio al plomo. Nunca es realmente necesario colocarse en el haz de rayos, y puede que no sea seguro que la equivalencia en plomo del material protector este prevista para soportar los rayos primarios.

El personal del departamento radiológico esta con frecuencia tentado a exponerse a la radiación primaria "solo por un segundo", por ejemplo: para sujetar a un niño inquieto durante una exposición, para ayudar a pacientes poco inteligentes o para colocar las películas dentales, o en pacientes impedidos.

Si tales colocaciones son realmente esenciales siempre deberán hacerlas personas que no se ocupen normalmente de rayos X y, preferentemente, personas de más de 45 años, por ejemplo: familiares del paciente.

Aunque la cantidad de radiación en el consultorio dental es muy pequeña, el dentista debe reconocer que la radiación significa un peligro. El dentista tiene una responsabilidad al usar los rayos X en la práctica dental.

Sin embargo es importante que controle la radiación en el consultorio, lo que significa que se puede prevenir algún daño biológico para el, sus trabajadores y pacientes.

#### HISTORIA DE LA PROTECCION RADIOGRAFICA

George William Clarkson Kaye nació en 1880, estudió física en el Royal College (de Ciencias) en Londres y posteriormente trabajo como asistente de J.J. Thomson en el laboratorio de

Caendish en Cambrige.

Presto sus servicios en el comité de protección contra el radio y los rayos X.

Este comité debía hacerse cargo de la importante labor de preparar recomendaciones relativas a la fabricación y el uso de aparatos de radio y rayos Roentgen, que harían prácticamente imposible que un operador razonablemente cuidadoso sufriera daños.

Las recomendaciones fueron de gran valor, no solo para presionar a los hospitales para que estos sustituyeran aparatos viejos y poco seguros, sino que también para lograr condiciones de trabajo satisfactorias en los departamentos, ya que en esas épocas cualquier sótano obscuro y en desuso era considerado como lo suficientemente bueno para el trabajo radiográfico.

Los fabricantes podrían solicitar que se revisaran sus aparatos y se extendiera un certificado por parte del laboratorio nacional de física, en el cual se señalaba que estaban dentro de los estándares recomendados por el comité de protección.

Durante el primer congreso internacional de radiología llevado a cabo en Londres en 1925 se nombró un comité en el cual Kaye estaba a la cabeza, para escribir recomendaciones para la protección de los trabajadores. Las recomendaciones

del comité Británico para la protección contra el radio y los rayos X fueron aceptados sin ninguna alteración.

#### RECOMENDACIONES INTERNACIONALES

Se debe estar familiarizado con el código de prácticas para la protección de personas en contra de las radiaciones ionizantes que surgen de su utilización en la medicina y en la odontología.

El folleto está basado en recomendaciones internacionales del Comité Internacional de Protección Radiológica.

Los miembros de este comité son seleccionados en base a sus recientes actividades en el campo de la radiología, la genética, la bioquímica y la biofísica sin importar la nacionalidad.

El folleto antes mencionado lo publica H.M. Stationery Office, London. Un libro similar es publicado por la OMS (Organización Mundial de la Salud) en Ginebra.

Las recomendaciones internacionales y que en su mayor parte se ha confinado a los principios básicos, han sido implementados por recomendaciones nacionales elaborados especialmente por los comités de los EEUU, Alemania, Francia, Italia, Suecia, Noruega, Holanda y Unión Soviética. Serán discutidos los tres aspectos de las recomendaciones de la OMS.



## 1. - EDIFICIOS

Las habitaciones para los rayos X debe tener una cierta medida minima para permitir al operador estar lo suficientemente retirado del rayo primario, asi como de la radiación diseminada.

El equipo de rayos X debe estar colocado de tal modo, que una persona colocada en una habitación contigua no reciba radiación a través de las paredes. Los pacientes que se encuentran en la sala de espera también deben estar a salvo de la radiación cuando el tubo se dirige hacia ellos.

Respecto a la iluminación y ventilación, actualmente se ha logrado la exterminación de los departamentos de los rayos X pintados de negro que tan frecuentes eran en el pasado.

Hoy en día se utiliza la decoración con mucha luz para todas las habitaciones (incluyendo los cuartos oscuros) junto con grandes ventanales que proporcionan luz natural y que permiten la entrada de la luz solar y el aire fresco, siempre que estos cuartos no estén siendo utilizados.

Un paso mas importante fue la introducción de la ventilación artificial en los departamentos de rayos X. La importancia para el operador de una generosa ventilación se considera como un segundo lugar, después de la protección.

Deben existir muchos, quienes han encontrado casos de marcada mejoría en la salud de los operadores, quienes fueron

transferidos de departamentos deficientemente ventilados a departamentos bien ventilados.

De acuerdo a las normas establecidas por el departamento de protección y mejora del ambiente para equipos que funcionan con 50 a 100 Kv y 8 a 15 ó 50 MAS. La protección debe hacerse con:

- 1.- Tabique rojo acostado en las paredes.
- 2.- Protección con aplanado de barita de aproximadamente 3cm de espesor (4 partes de sulfato de bario por una de yeso).
- 3.- Control de mando o disparador de 3 metros de la fuente de radiación.
- 4.- Colocación de una protección antirradiación de plomo (mampara).

## 2.- EQUIPO

El equipo debe ser adecuado para el tipo de examen requerido, este debe estar en perfectas condiciones de funcionamiento y debe contar con dispositivos de diafragmación, filtración y colimación. Por lo que ha todo aparato de rayos X se le deberá de dar servicio en forma regular por medio de un Ingeniero especializado designado por el fabricante.

Se debe contar con mamparas de plomo con vidrio emplomado para protección de los ojos del operador.

Debe haber delantales y guantes de plomo para el operador y se deben revisar con regularidad cada seis meses para comprobar su eficacia.

También se debe contar con lentes emplomados para protección de los ojos del operador cuando se hace fluoroscopia directa.

### 3. - PERSONAL

Siempre que sea posible, se debe emplear personal auxiliar en radiología altamente calificado, o en caso de no ser posible, personal que haya tenido un periodo de entrenamiento en el uso del equipo.

La utilización del personal entrenado mejora la calidad radiográfica y controla el número de radiaciones recibidas tanto por el personal como por el paciente, por las siguientes razones:

- a) La utilización de dispositivos de control del rayo.
- b) Hay menos exámenes que se tengan que repetir.
- c) El cuidado y control correcto de películas para que no ocurra repetición en los exámenes a causa de pérdidas de películas.
- d) El procesamiento está correctamente controlado.
- e) El uso correcto de películas y pantallas de intensificación.

Donde no es posible la utilización de personal calificado, el médico puede ayudar a controlar la exposición a la radiación de la población tomando en consideración los siguientes puntos:

- a) Prestar mucha atención al diagnóstico clínico para evitar radiografías innecesarias.
- b) Evitar "exámenes posteriores" demasiado cerca de la fecha de los anteriores. (de control).
- c) Cuidado al valorar la necesidad de un examen.
- d) El uso de exámenes de pantalla fluorescente se debe limitar a personas con conocimientos especializados

(control fluoroscópico).

- e) Se deben evitar los exámenes de rayos X en mujeres embarazadas siempre que sea posible o, si es absolutamente esencial, exámenes modificados llevados a cabo bajo la supervisión de un radiólogo y con la debida protección antirradiación.

#### LA RELACION RIESGO-BENEFICIO

Los beneficios de un examen de rayos X bien seleccionado y bien ejecutado, generalmente exceden por mucho los riesgos, pero esto le da una responsabilidad especial al médico en lo que se refiere a las indicaciones de necesidad de examen y el método a utilizarse.

Hay que recordar que los efectos de la radiación son acumulativos y que debe evaluarse la historia de radiación a la posible necesidad de radiación futuras del paciente.

El paciente puede o podría sufrir un accidente serio, que podría requerir numerosos exámenes durante un periodo prolongado (meses) de modo que la radiografía (rayos X) hecha hoy, para un resfriado, resulta innecesario.

Como en todos los procedimientos de diagnóstico, la seguridad es primordial.

Los médicos deben estar constantemente conscientes de los peligros potenciales a la salud en relación con el manejo de isótopos radioactivos y de su administración a los pacientes.

Afortunadamente si uno no excede las tasas de dosis permisibles establecidas por el Comité Nacional de Protección

de Radiación, el paciente no debería sufrir ningún daño, ni debería de haber peligros genéticos o de salud pública.

Sin embargo, un principio importante, es que aun cuando un estudio en particular requiere de cantidades de radiación por debajo del nivel que se espere produzca daños por radiación, otro procedimiento (o radio farmacético) que proporciona aun menos radiación es preferible. En todos los estudios de diagnóstico, debe mantenerse a un mínimo la radiación al paciente.

Por otro lado, si el procedimiento o el diagnóstico puede dar información de importancia en relación al manejo de una enfermedad que es un peligro obvio para el paciente, no debe uno dudar en exceder la tasa de dosis permisible máxima. Afortunadamente es raro que esto suceda.

#### MEDIOS FISICOS DE PROTECCION PARA EL PACIENTE Y EL PROFESIONAL

El manejo racional de los rayos X, esto es, el control de ellos mediante una serie de medios físicos de protección, permite, sobre todo en la profesión dental, actuar dentro de límites prácticamente inocuos tales medios son los siguientes.

Para el paciente:

- 1.- Filtración.
- 2.- Diafragmación-Colimación.
- 3.- Reducción de la exposición.
- 4.- Aumento de kilovoltaje.
- 5.- Aumento de la distancia foco-piel.
- 6.- Pantallas antirrayos X.

Para el profesional y personal auxiliar:

- 1.- Evitar el haz primario.
- 2.- Pantallas antirrayos X.
- 3.- Distancia.

#### *A) PARA EL PACIENTE*

##### *1) FILTRACION*

La filtración consiste en interponer entre el foco y el paciente una lámina de metal (aluminio, cobre, berilio, etc.) que al absorber principalmente los rayos de mayor longitud de onda (largos o blandos) evita que estos sean absorbidos por la piel del paciente. (Fig.12)

Un ladrillo arrojado contra un vidrio lo rompe, en cambio una bala lo perfora solamente. La penetración (Kilovoltaje de longitud de onda) frente a la piel (vidrio) actúa comparativamente; los rayos largos o blandos, como el ladrillo, los cortos o duros, como la bala. En el primer caso, largos, la piel absorbe casi la totalidad de la energía; en el segundo, cortos, la energía absorbida por la piel es mínima.

Siguiendo con la comparación, el filtro actuaría como una protección de cartón o de madera para el vidrio, por donde no pasan los ladrillos pero pasan las balas.

Para los aparatos radiográficos dentales se indica la utilización de un total de filtración equivalente a 1.5 de Al debajo de 70 Kv.

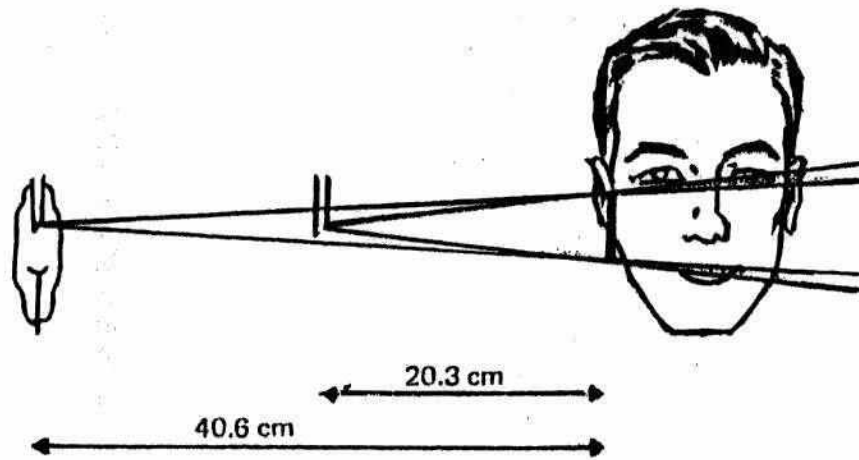


Fig. 12

Diagrama que muestra el efecto de usar distancias cortas y largas entre tubo y paciente. El area sombreada representa tejido radiado con la técnica de distancia corta - que se elimina del haz primario con la distancia larga. (Tomado de Wuehrmann y Manson-Hing: Radiología dental, 4a. ed. St. Louis, C.V. Mosby Company, 1977).

La absorción determinada por un filtro de 1.5 mm de aluminio frente a distintas longitudes de onda verse en el siguiente cuadro.

Longitud de onda efectiva	Porcentaje absorbido por 1.5 mm de Al
0.6 Å	85%
0.4 Å	45%
0.2 Å	15%

Aquí vemos que a medida que se reduce la longitud de onda los rayos se transmiten más fácilmente (se absorben menos).

En consecuencia, cuando el aparato en uso no tenga la filtración correcta, esta debe lograrse mediante el agregado de discos de aluminio puro hasta completar el espesor requerido; esto se denomina filtración adicional; La propia del aparato (fábrica) se denomina filtración inherente (determinada por vidrio del tubo, aceite, etc.). La fabricación y colocación del filtro adicional por el profesional es por demás simple, basta recortar un disco (o los que sean necesarios) y, luego de retirado el colimador, pegarlo adosado al diafragma.

Sobre el uso del filtro es necesario advertir que su presencia reclama técnicamente aumento del tiempo de exposición.

Esto se debe a que, si bien el filtro absorbe principalmente



los rayos largos, también parte de los cortos; esta última pérdida debe ser compensada radiográficamente aumentando el tiempo de exposición. Aclaremos que con tal aumento (que supone mayor cantidad de rayos emitidos) llegan menos largos a la piel (cara) que los que llegarían sin filtro (sin aumento de exposición). (fig.13)

### 1.1 PROTECCION QUE DA EL FILTRO

Según Updegrave, a la distancia "mínima", utilizando 63Kv-12 mA y un diafragma calibre 3.17 cm (1/4 pulg) a un centímetro del diafragma con 5 segundos de exposición, se ha comprobado:

Sin filtro adicional		59.0 R
con filtro	de 0.5 mm de Al	33.0 R
con filtro	" 1.0 " " "	22.3 R
con filtro	" 1.5 " " "	17.1 R
con filtro	" 2.5 " " "	14.4 R

### 1.2 FILTRO DE SAMARIO

En terreno experimental Richards y Col. han comprobado que utilizan un filtro de samario (Sm) 10 veces más delgado que el "clásico" de aluminio de 2 mm (esto es de 0.2 mm), con una calidad de rayos correspondiente a 70 Kvp, la dosis facial (y en consecuencia la gonadal y profesional) se reduce aproximadamente un tercio (de 1.48 a 1.00 R).

Otra ventaja técnica según los mismos investigadores es que

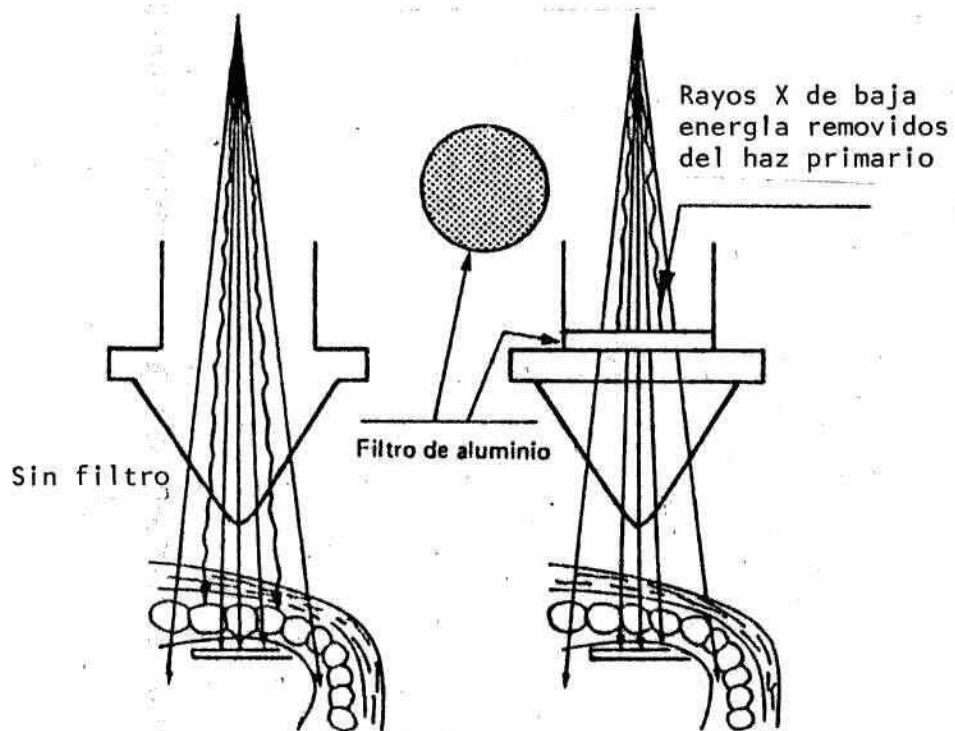


Fig. 13

Efecto de la filtración en la exposición a la piel.

comparativamente aumenta ligeramente el contraste. La desventaja técnica es que el tiempo de exposición debe ser aumentado 2.25 veces.

### *1.3 RADIACION MONOCROMATICA EN REEMPLAZO DEL FILTRO*

Como comentario sobre el filtro o la filtración en el futuro cuando el tubo sea alimentado por una corriente unidireccional realmente rectificadas (sin la mínima ondulación) la filtración será innecesaria, ya que en tal caso la emisión será monocromática (única longitud de onda, de acuerdo al kilovoltaje empleado) y no "blanca" como lo es actualmente (mezclada de distintas longitudes de onda).

### *2) DIAFRAGMACION-COLIMACION*

Diafragmar es interceptar el haz de rayos X con objeto de reducir su sección. Colimar es determinar la dirección del haz de rayos X.

Los diafragmas pueden considerarse parte de la colimación, ya que si el centro de la apertura (circular o rectangular) del diafragma, no coincide con el "eje" del cono o cilindro, que se utiliza como guía para colimar, el centrado (R.C.) de la radioproyección quedará descontrolado.

#### *A. DIAFRAGMACION*

La diafragmación se traduce directamente en menor volumen de tejido irradiado e indirectamente en la reducción de la

cantidad de rayos secundarios generales.

En consecuencia, la disminución de la sección del haz de rayos primarios mediante la interposición de un diafragma de calibre apropiado, se logra significativa protección para el paciente. Así, según Richards, al disminuir el círculo irradiado (piel) de 9 cm (3.50 pulg.) de diámetro a 7 cm (2.75 pulg.) se disminuye aproximadamente en un 38% la dosis facial y en un 30% la gonadal. (fig.14) De acuerdo con sus investigaciones, O'Shaughnessy y Mitchell consideran que de todos los medios físicos de protección para el paciente, la diafragmación es el más efectivo.

Para facilitar el manejo del haz (enfoque), algunos aparatos vienen provistos de diafragmas de excesivo calibre, lo que hace que aun a la distancia ordinaria foco-piel se irradie un exagerado círculo dentro del cual la película (paquete) deja un amplio margen perjudicial (biológicamente y técnicamente considerados). (fig.15)

Con el retiro del diafragma, que con el mismo objeto (facilitar el enfoque) hacen algunos profesionales, el perjuicio resulta lógicamente mayor.

La falta o el uso de diafragmas de gran calibre, principalmente en los métodos intraorales (retroalveolar), trae como consecuencia la irradiación innecesaria del cristalino (radiografías de dientes superiores o de la

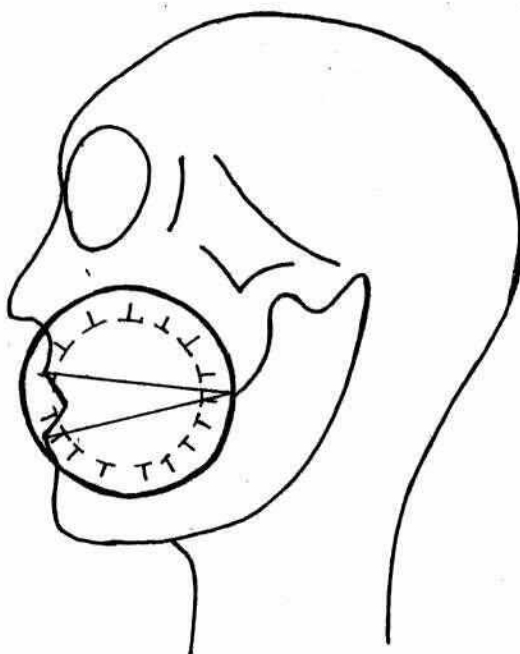


Fig. 14

Disminución de la sección del haz de rayos primarios - mediante la interposición de un diafragma de calibre apropiado, al disminuir el círculo irradiado (piel) de 9 cms. (3,50 pulgadas) de diámetro a 7 cms. (2,75 pulgadas) se disminuye un 38% la dosis facial y un 30% la gonadal.

Diagrama que muestra la colimación del haz de rayos X para la radiografía intrabucal. El agujero en el centro del disco de plomo da forma al haz.

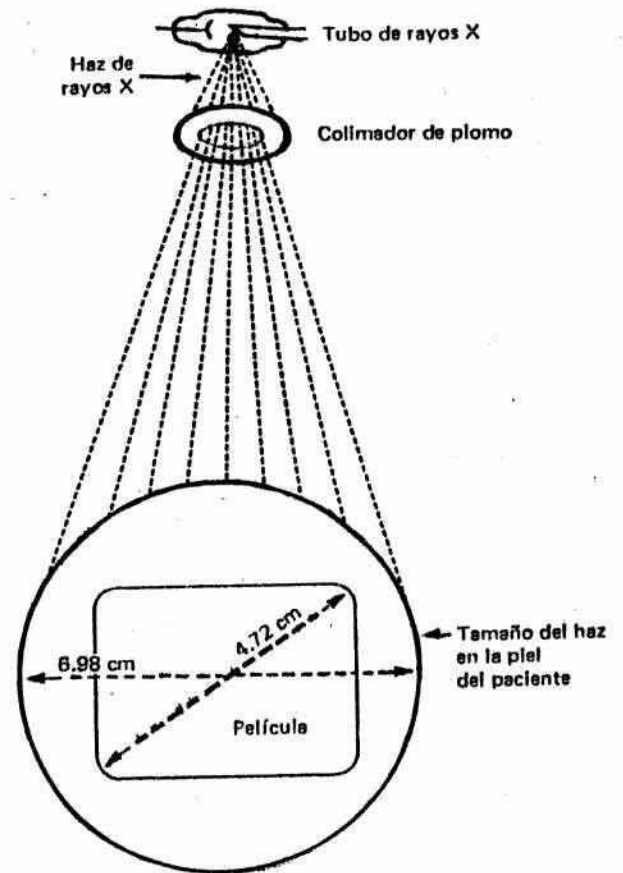


Fig. 15

tiroides (radiografías de dientes inferiores), de este modo, a causa de la toma frecuente de radiografías (repetición para control), estos órganos pueden absorber innecesariamente una significativa cantidad de rayos. (fig.16)

También debe de advertirse que cuando se utilizan los procedimientos con "cono largo" con el mismo diafragma utilizando con "cono corto", aumenta notablemente el área irradiada.

La diafragmación óptima es la que limita la sección del haz de modo que permita solo un pequeño margen alrededor de la película o mejor aún solo la parte que interesa de la misma.

Para los efectos prácticos, cabe indicar que la construcción de un diafragma de menor calibre resulta relativamente simple, basta recortar a las medidas requeridas una lámina de plomo de más de 5mm de espesor.

## ***B. COLIMACION***

Sobre colimación actualmente no se justifica el uso del "clásico" cono de plástico por constituir un nocivo emisor secundario, y en consecuencia si (por modelo o marca del aparato), este se está usando, obligadamente debe remplazarse.

### ***B.1 REEMPLAZO DEL CONO DE PLASTICO***

El reemplazo del cono de plástico es fácil, puede hacerse adquiriendo en el comercio especializado un colimador

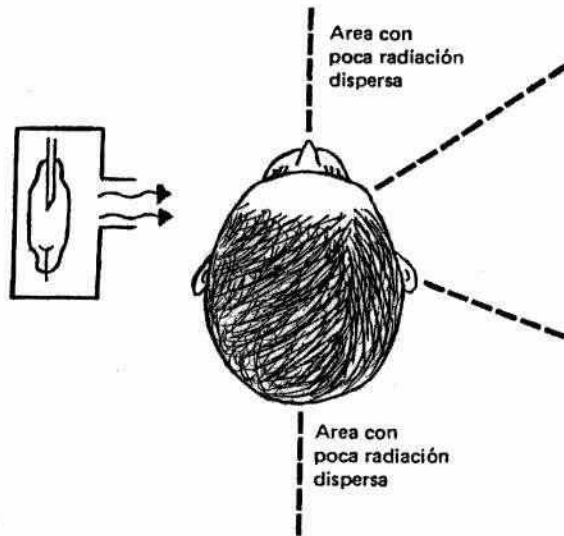
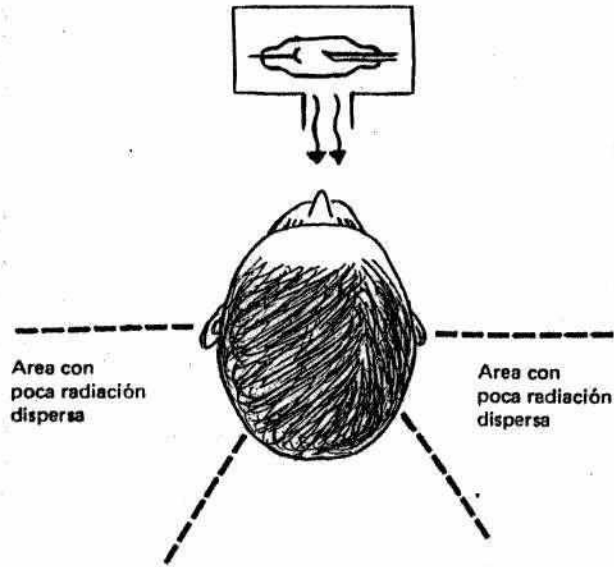


Diagrama que muestra las zonas de menor radiación dispersa durante la radiografía de los dientes anteriores (arriba) y posteriores (abajo).

Fig. 16



cilindrico forrado (extremo abierto); pero si tal accesorio no se consigue o su roscado no coincide con el de la cabeza del aparato etc. el colimador inofensivo puede "fabricárselo" uno mismo, con relativa facilidad, como sigue:

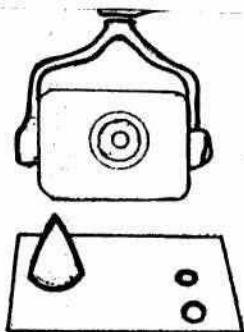
- 1) Se retira el cono ofensivo en uso, y de este se separa (sierra, discos) su base roscada (inofensiva);
- 2) A esta base se une (pega) un tubo o cilindro de acrílico (transparente o blanco) a la medida interior o exterior de la base según el caso;
- 3) Interiormente el tubo se forra con una lámina de acero inoxidable (espesor total de forro 0.3 a 0.5mm). El forrado resulta muy fácil si se utiliza una lámina mucho más fina enrollada (varias vueltas).
- 4) Con algunos retoques, pulido, etc. se tendrá liso el nuevo colimador (con la misma rosca) cilindrico forrado extremo abierto, inofensivo.(fig.17)

### 3) REDUCCION DEL TIEMPO DE EXPOSICION (CANTIDAD)

- a) Utilizando películas rápidas. Mediante su uso, la cantidad de MAS que se requiere para tomar una serie resulta notablemente menor que la requerida para tomarla con películas lentas o intermedias. Las películas ultrarápidas constituyen por sí mismo el medio efectivo y simple para reducir las tres dosis: facial, gonadal y profesional.(fig.18)
- b) Mediante el empleo de pantallas reforzadas. Actualmente las pantallas se utilizan en los métodos extraorales. Es posible que en el futuro su perfeccionamiento (mayor definición) y el empleo de chasis especiales blandos permitan utilizarlas en los métodos intraorales.
- c) Por mejoras en el laboratorio. Es posible en algunos casos evitar la repetición.(fig.19)

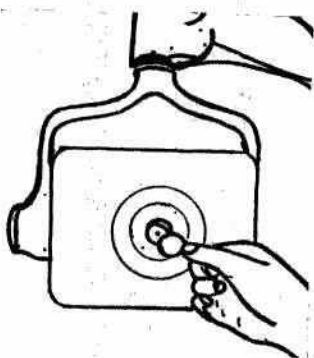
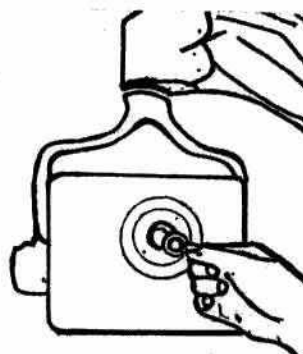
Barr recomienda como medio para "economizar" la dosis compensar una reducción de un 20-25% aumentando un 50% el tiempo de revelado indicado por los fabricantes.

Colimadores y filtros son fáciles de instalar como se muestra en estas ilustraciones:



← Paso No. 1. Quitar el cono

Paso No. 2. Colocar el plomo →



← Paso No. 3.  
Colocar el disco de aluminio.

Paso No. 4.  
Colocar en su lugar el cono →

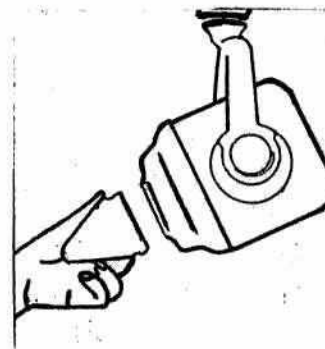
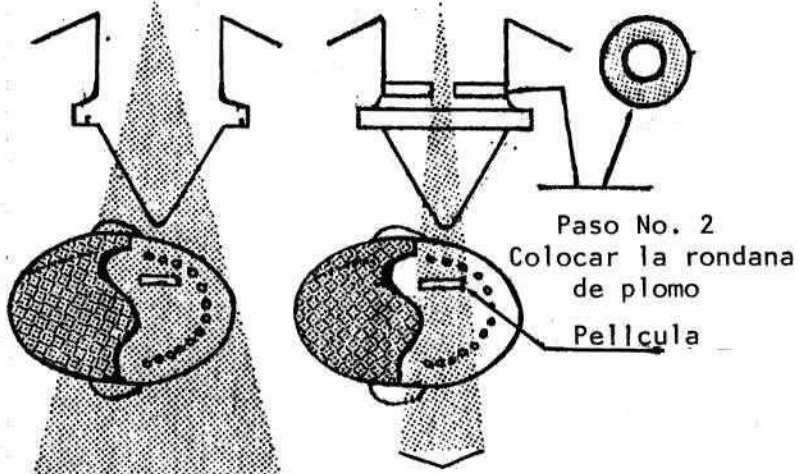


Fig. 17

Rondana de plomo, la cual restringe el tamaño del haz primario



Tamaño del haz primario usando colimación

Tamaño del haz primario sin colimación

Fig. 18  
Efecto de la colimación sobre el haz primario.



Fig. 19

Transformación del colimador cónico de plástico (nocivo en cilindro (forrado) de extremo abierto inofensivo der: Cono de plástico separado de su base roscada. En este caso el tubo está cortado (puede ser continuo) próximo al extremo libre, para retirar esta sección "libre" y colocar en su lugar un diagrama exterior ajustado al forro metálico.

#### 4) AUMENTO DE KILOVOLTAJE

El aumento de kilovoltaje se traduce en menor proporción de rayos largos blandos (absorbidos mas fácilmente por la piel).

#### 5) AUMENTO DE DISTANCIA FOCO-PIEL

A causa de la divergencia de los rayos X, al tomar cualquier radiografía, la superficie de la piel (o cuero cabelludo) por la cual entran los rayos más "juntos" recibe (absorbe) mayor dosis que igual superficie de la película, mas alejada del foco, por la cual pasan los rayos más separados; simplemente la dosis piel de entrada (DPE) siempre es mayor que la dosis radiográfica (DR).

Sin embargo es importante tener presente que la diferencia entre ambas dosis no es constante, la misma disminuye (también a causa de la divergencia de los rayos) progresivamente con el alojamiento del foco. El mecanismo que hace variar la diferencia entre ambas dosis se encuentra en la relación entre las inversas al cuadrado de las distancias foco-piel y foco-película:

$$\frac{1}{\text{Distancia foco-piel } 2} = \frac{\text{Distancia foco-película } 2}{\text{Distancia foco-película } 2}$$

Veamos ahora la aplicación de esta relación en un caso hipotético.

Repetición de una radiografía utilizando mayor distancia foco película.

1a.rad Distancia foco-piel 10cm distancia foco-película 20cm.

2a.rad Distancia foco-piel 90cm distancia foco-película 100cm.

$$1 \text{ rad} = 20\text{cm}/10\text{cm}=400/100$$

ó sea una diferencia en proporción 4 a 1.

$$2 \text{ rad} = 100\text{cm}^2/90\text{cm}^2=10000/8100$$

ó sea una diferencia en proporción de 1.23 a 1

Si en este supuesto caso, para mayor facilidad del cálculo, suponemos que la dosis radiográfica sea 1 R (igual para ambas radiografías) con el aumento de cinco veces la distancia foco-película, que implica (en este caso) un aumento de nueve veces la distancia foco-piel, la DPE, bajaría de 4 R a 1.23 R o sea 2.77 R menos.(fig.20)

El ejemplo, por otra parte, aclara también una situación, que sin elementos de juicio aparentemente resulta un contrasentido al repetir radiografías aumentando la distancia foco-película, la primera y segunda película (radiografías) recibe la misma DR, en cambio, el mismo paciente recibe diferente DPE.

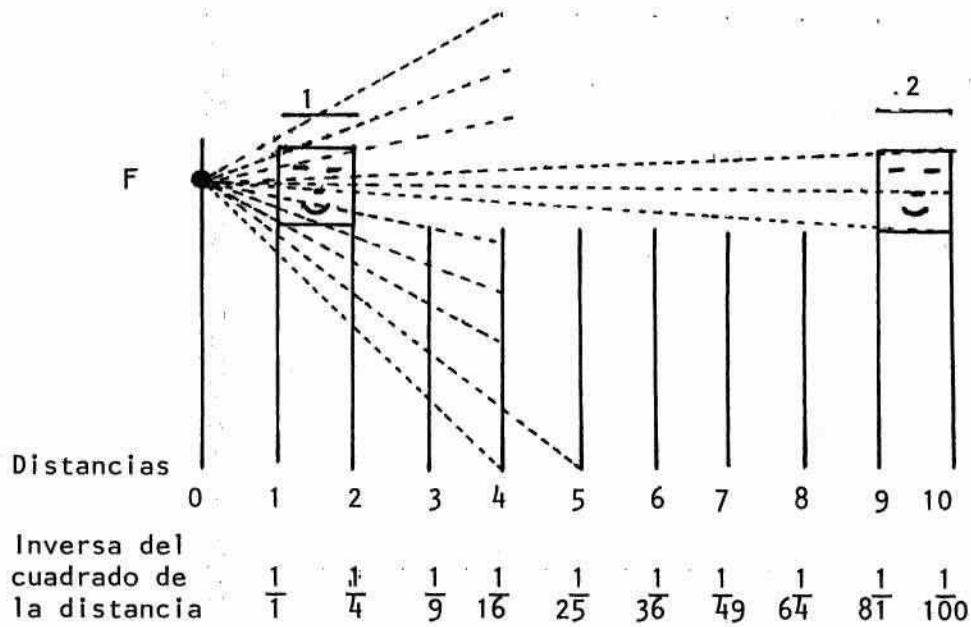


Fig. 20

Distancia foco-piel(pellicula). A medida que un foco (radiogeno) se aleja de dos superficies colocadas a distinta distancia la diferencia entre las cantidades de rayos que estas reciben(dosis) resulta progresivamente disminuida. En la posición 1 (distancias relativas: foco-piel=1 y foco pellicula=2) la diferencia es en proporción de 4 a 1, en cambio en la posición 2 (foco-piel=9, foco-pellicula=10) la diferencia es en proporción de 1,23 a 1.

Es oportuno advertir que lo expuesto solo tiene por objeto mostrar el "mecanismo de reducci3n" mediante el alejamiento del foco, pero no para determinar la dosis real que recibe (absorbe) el paciente ya que para tal determinaci3n adem3s de distancias y superficies intervienen otros importantes factores tales como son espesor y clase de tejidos, calidad de los rayos, radiaci3n secundaria generada, etc.

Recordemos que en radioterapia tambi3n se recurre al aumento de la distancia foco-piel como medida de protecci3n, evitar la sobredosificaci3n de la piel, sin reducir la dosis terap3utica (tumoral).

En nuestra pr3ctica es importante tambi3n tener en cuenta que de acuerdo con la relaci3n entre distancias citadas, la diferencia entre la DPE y DR resulta minima en los casos en los cuales la separaci3n (distancia) entre la piel de entrada y la pellicula sea tambi3n minima como ocurre en general en los procedimientos intraorales (no en todos) pudiendo en cambio resultar significativa cuando tal separaci3n sea considerable (25cm en algunas radioproyecciones extraorales) mas aun cuando se utiliza corta distancia foco-piel (para radiograf3a).

Se advierte que para aplicar este medio de protecci3n solo resultan t3cnicamente pr3cticos los aparatos de medio o m3ximo kilovoltaje dado que los mismos permiten mayores distancias con menores tiempos de exposici3n.



## 6) PANTALLAS ANTIRAYOS X

### 6.1) PANTALLA SUBMANDIBULAR

En todos los casos en que se trate de embarazadas o de niños en quienes deben extremarse las precauciones, y siempre que se practiquen procedimientos en los cuales los rayos del haz primario puedan alcanzar directamente la región subabdominal, es indispensable recurrir a la utilización de pantallas antirayos X, como lo son los delantales plomados y las pequeñas pantallas submandibulares.

Los delantales no necesitan mayor descripción: son flexibles pero relativamente pesados a causa de estar confeccionados con goma plomada. En cuanto a las pantallas submandibulares, que desde el punto de vista práctico, particularmente en odontología, resultan superiores que los delantales, están constituidas por simples láminas de plomo de forma semicircular con una escotadura central, que se mantienen rígidas por otro material (plástico o madera).

Su forma permite ubicarlas (durante la exposición) debajo de la mandíbula, en contacto con el cuello, sostenida por el paciente o por medio de un soporte. Su uso (colocación) es aceptado sin temor por los niños y aun con satisfacción por algunos adultos por que en ello advierten la preocupación del profesional por protegerlos.

Estas pantallas se fabrican en Alemania y EE.UU. bajo

diferentes marcas, pero pueden fabricarse con relativa facilidad, y a muy bajo costo, recortando una lámina de plomo de 1mm de espesor y pegándola a una base plana de madera o de plástico, de acuerdo con las medidas y formas indicadas en las siguientes figuras. (Fig.21)

Por lo económico y lo beneficioso que resulta este práctico medio de protección antirayos X, no deberán faltar en ningún servicio o consultorio donde existe el funcionamiento de un aparato dental.

No disponiendo de ninguno de estos accesorios de radioprotección cuando se emplea el procedimiento orto-oclusal superior o inferior invertido, a fin de no irradiar directamente (rayos primarios) la región gónada/prenatal, la cabeza debe estar en posición flexionada. (Fig.22)

#### ***B) PARA EL PROFESIONAL Y PERSONAL AUXILIAR***

El profesional y su personal auxiliar deben cumplir ciertos requisitos para reducir aun más su exposición a la radiación.

Estos son:

##### ***1. - EVITAR EL HAZ PRIMARIO***

La falta más grave por ignorancia o inconciencia que se pueden cometer es colocarse en el trayecto del haz de rayos X primarios. Esta indicación corresponde al cuerpo y también a las manos, debe evitarse categóricamente sostener el paquete

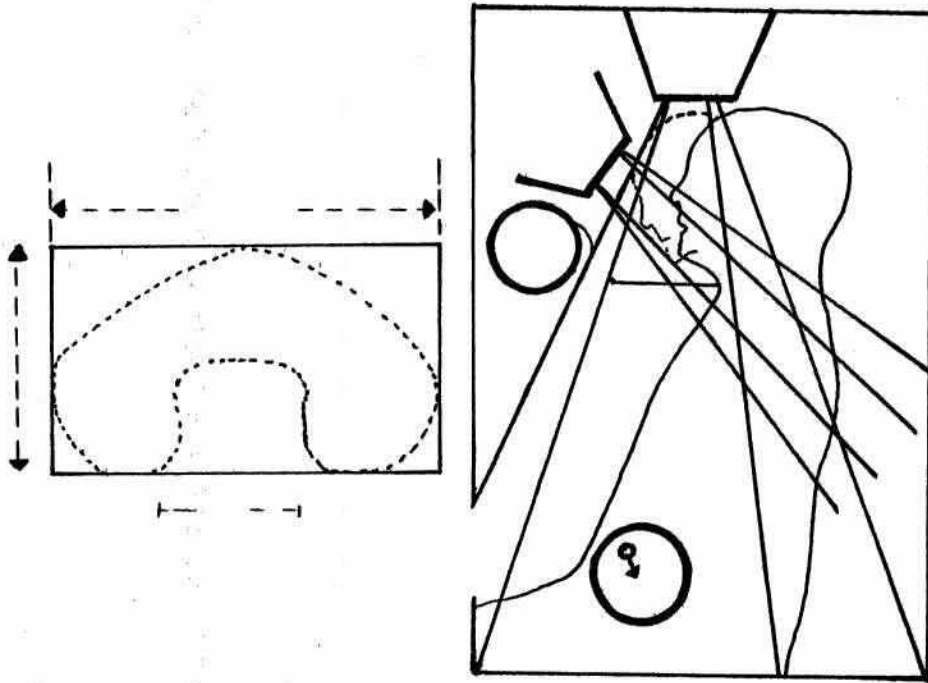


Fig. 21

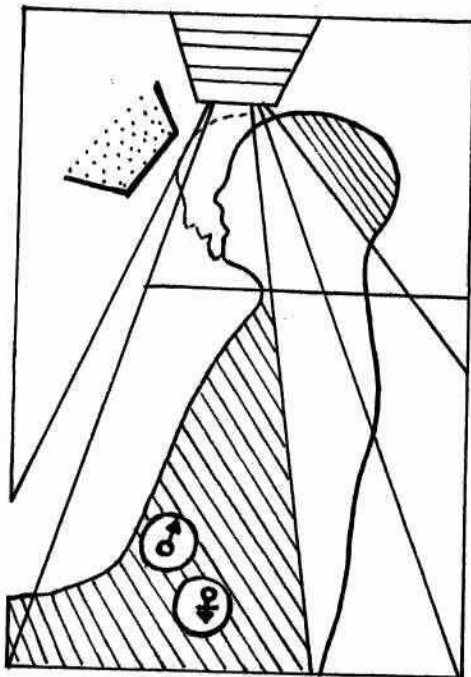


Fig. 22

radiográfico durante la exposición.

La posición más segura para el operador sería por detrás de la cabeza del aparato y siempre protegiéndose atrás de la mampara o formando ángulos rectos con la dirección del haz primario. (Fig.23)

## 2. - PANTALLAS O BARRERAS ANTIRAYOS X

Una protección amplia, puede lograrse colocando una pantalla cubierta con una capa de plomo entre el operador y el tubo. La pantalla deberá ser por lo menos de 2 pies de ancho por 6 de alto, con su ventana de vidrio plomada para observar al paciente.

La absorción de los rayos X, es proporcional a la densidad del material absorbente, cuanto más pesado sea un elemento (mayor masa por unidad de volumen), tantos más rayos X son absorbidos. Así es evidente que el plomo es un material muy conveniente para absorción de radiación X.

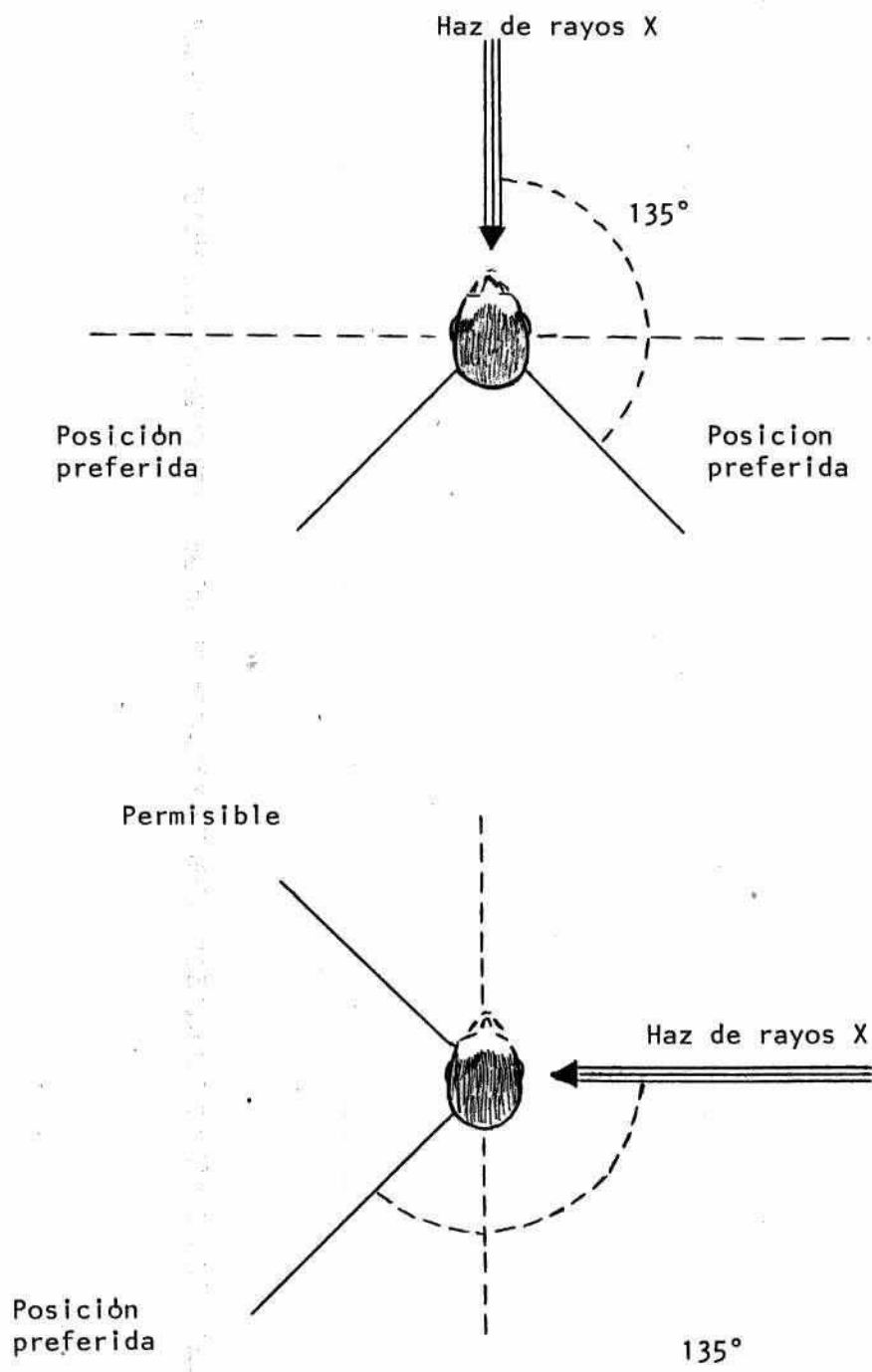
El plomo se mezcla con vidrio para producir un material de barrera contra los rayos X a través del cual se puede ver.

Esta protección es de rigor para las personas que por razones de trabajo o circunstanciales permanezcan en ambientes vecinos como salas de espera.

Respecto a la constitución de las barreras es importante saber que su protección varía con:

- 1.- El número atómico del material empleado.

Fig. 23  
Posiciones de máxima seguridad para el operador del aparato de rayos X durante la exposición.



- 2.- El kilivoltaje o penetración utilizada.
- 3.- La cantidad de miliamperios/segundos utilizados diariamente empleando una pantalla, distancias adecuadas y además películas ultrarápidas, es posible casi sin riesgo tomar considerable número de radiografías diariamente.

Existen otros materiales que se podrían utilizar como barrera protectora, pero su espesor sería mucho mayor que el del plomo. La capacidad de estos materiales para absorber radiación se expresa generalmente en equivalencia al plomo.

3mm de acero		Equivalen a 1mm de plomo
5mm de latón		
100mm de ladrillo		
1000mm de madera		

### 3. - DISTANCIA

Las radiaciones secundarias y por escape que emiten respectivamente la cabeza del paciente y la del aparato no representan tanto peligro como la primaria pero no deben ser descuidadas ya que sus efectos se acumulan. El uso de pantallas antirayos X es excelente protección. El distanciamiento es el método más eficaz.

La intensidad de la radiación X es inversamente proporcional la cuadrado de la distancia entre el individuo y la fuente de radiación X.

Si el profesional se coloca a 2 1/2m de la cabeza del paciente y del aparato recibe 25 veces menor cantidad de rayos

X que si permanece a 1/2m de ellos.

Por ejemplo si el operador ha tenido la costumbre de colocarse a 2 pies de la fuente de radiación y luego se aleja a una distancia de 4 pies, sera solamente una cuarta parte de la cantidad recibida en la primera posición.

Esto muestra lo importante que es para el operador colocarse lo mas lejos posible de la fuente de radiación.

No debe olvidarse que distancia significa también aumento del espesor aéreo, esto espesor no representa gran protección, contribuye a reducir la cantidad de rayos absorbiendo particularmente los más largos. (20cm de espesor aéreo absorben aproximadamente una centésima parte de los rayos). Relacionado con la distancia tenemos la longitud del cordón que une el cronoruptor al aparato y que debe permitir un buen distanciamiento del operador. En la actualidad se fabrican aparatos "sin cordón" esto es, el cronoruptor electrónico se puede manejar a gran distancia por control remoto.(fig.24)

El esquema ilustra que grado, la distancia contribuye a la irradiación del operador.

#### MEDIDAS REGULADORAS

Los problemas de la radiación ionizante en relación con el público en general solamente a llegado a constituir un problema de salud pública durante este último decenio.

En otras épocas, la radiación provocada por el hombre,

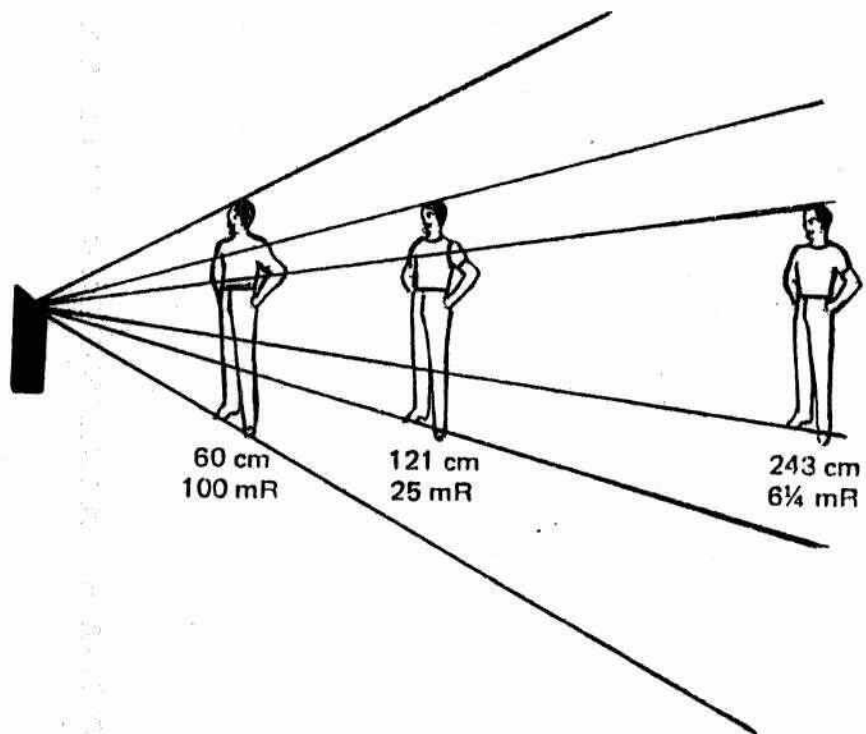


Fig. 24

Diagrama que muestra la reducción en la cantidad de radiación - que llega al operador cuando se aleja de la fuente de radiación. (tomado de Wuehrmann y Manson-Hing: Radiología dental, 4a. ed. St. Louis, C.V. Mosby Company, 1977).



recibida por la radiación general provenia en gran parte de los lugares de trabajo del personal sanitario, y la cantidad de exposición era una cuestión individual que concernia al médico y a su paciente.

Con el desarrollo de la energía atómica y la aplicación cada vez mayor de diversos tipos de radioactividad para finalidades militares, industriales y terapéuticas, el problema adquirió importancia para toda la población y se comprendió que requería un control por una organización central.

Al principio, el control, así como el desarrollo y promoción de diversos tipos de radiación ionizante, era responsabilidad de la Atomic Energy Commission.

Hoy día, el United States Public Health Service tiene la responsabilidad de proteger a la población general contra una excesiva exposición a la radiación ionizante.

Los diversos estados están desarrollando una legislación propia para gobernar el uso de la radiación ionizante, legislación que sería impuesta por dichos estados.

Actualmente no existen medidas reguladoras que intenten controlar el juicio del médico y del odontólogo. Así por ejemplo, no se regula el número de películas que se pueden tomar a un individuo determinado, ni está controlada la frecuencia de los exámenes de repetición.

**A) REGULACIONES FEDERALES DE LOS FABRICANTES  
DEL APARATO RAYOS "X" AL ODONTOLOGO**

El funcionamiento estandar regulado por la federación en los equipos de rayos X de diagnóstico vino a ser efectivo el primero de Agosto de 1974. Estas regulaciones fueron dadas por el consejo de administración del departamento de alimentos y fármacos bajo la autoridad del acta de control de radiación para la salud emitida por la Secretaría de la Salud y la Educación.

Esta regulación tiene como efecto reducir la exposición del hombre a las radiaciones producidas electrónicamente.

Así mismo, estas medidas tienen como efecto proteger al paciente de una exposición innecesaria, lo cual ofrece una ventaja directa al dentista.

Algunas de estas regulaciones o estandares son las siguientes:

- a) Limitan al campo.
- b) Dan uniformidad y reproductibilidad de la exposición.
- c) Indicadores de tubo de kilovoltaje.
- d) Relojes del tiempo de exposición.
- e) Indicadores de calidad del rayo.

Dos puntos deben tomarse en cuenta:

- 1.- Esta especificación federal solamente garantiza el buen funcionamiento del aparato.
- 2.- En base a lo anterior, un dentista puede hacer uso de estos aparatos con plena confianza, sin necesidad de que conozca estas especificaciones. Las cuales solo interesaran a aquellos dentistas que por si mismos reparen o instalen sus aparatos de rayos X.

## RESPONSABILIDAD DEL ODONTOLOGO

Las regulaciones federales solo tienen efecto en la manufactura del equipo, de cualquier forma el usuario tiene responsabilidades en las siguientes tres áreas:

- a) Mantenimiento
- b) Ensamblado
- c) Uso fuera de especificaciones

### *A) MANTENIMIENTO*

De acuerdo a las regulaciones, el fabricante tiene que proveer al comprador de un programa que incluya los pasos de mantenimiento para mantener el aparato en buenas condiciones.

La falta de responsabilidad del dentista al no seguir las instrucciones de mantenimiento liberan al fabricante de cualquier rasponsabilidad.

### *B) ENSAMBLADO*

Es responsabilidad del fabricante el ensamblaje o instalación de un aparato en el consultorio. De cualquier forma si el dentista quiere hacerlo será su responsabilidad, con lo cual debera tener las precauciones necesarias para evitar un accidente, ya sea verídico o falso, para lo cual deberá verificarlo en la oficina de protección contra la radiación.

### *C) USO FUERA DE ESPECIFICACIONES*

En algunos casos el dentista necesita cierto equipo

especializado que no contiene todas las restricciones federales. Cuando esto ocurra, el dentista deberá pedir al fabricante las instrucciones necesarias para su uso.

Nota.- El usar pinzas no certificadas por el fabricante anula la responsabilidad de este, y el aparato en cuestión queda fuera de las especificaciones federales.

#### REGLAMENTO DE SEGURIDAD RADIOLOGICA DE LA SECRETARIA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA

Reglamento de Seguridad Radiológica para el uso de equipos de rayos X tipo diagnóstico.

Siendo Presidente constitucional de los Estados Unidos Mexicanos, José López Portillo, en ejercicio de la facultad que concede al ejecutivo de mi cargo, la fracción 1 artículo 89 de la Constitución, con fundamento en las disposiciones contenidas en los artículos 44, 45, 46, 68, 69, 71, 72, 104, 278, 388 y demás relativos del Código Sanitario Mexicano.

De la protección 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 40.- La frecuencia de los exámenes médicos al personal se determinará de acuerdo con los siguientes criterios.

I.- Cada año, cuando se hayan recibido menos de 3 Rems a cuerpo entero en un trimestre, y

II.- Cada seis meses, cuando se hayan recibido mas de 3 Rems a cuerpo entero en un trimestre.

ARTICULO 41.- Cuando se hayan recibido dosis mas elevadas de las mencionadas en el articulo anterior, los exámenes se practicarán cada tres meses, y cuando se hayan recibido mas de 25 Rems a cuerpo entero, deberá mantenerse al trabajador bajo vigilancia médica.

En estos casos, la frecuencia de los exámenes y la vigilancia médica se mantendrá hasta que el trabajador este recuperado.

ARTICULO 42.- Los exámenes médicos comprenderán los siguientes estudios:

I.- Examen Clínico Completo.

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

a) En el caso de radiación global del organismo un examen hematológico que comprenderá.

- 1.- Recuento de hematies, de leucocitos y trombocitos.
- 2.- Determinación de la fórmula leucocitaria.
- 3.- Investigación y registro de las anomalías celulares.
- 4.- Cálculo de hemoglobina.

5.- Estudio de la coagulación sanguínea.

b) En caso de radiación parcial, un examen cutáneo que deberá efectuarse para descubrir la existencia de dermatitis y cancer, y para estudiar las modificaciones que se presenten.

En 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.

En algunas instituciones se hace además, una radiografía de tórax, química sanguínea, y una prueba sanguínea para determinar el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH).

## CAPITULO V

### EFECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS DIENTES Y SUS ESTRUCTURAS DE SOPORTE

Los efectos de la radiación sobre los dientes y los maxilares pueden ser clasificados en 4 grupos. 1) Efectos directos. 2) Efectos indirectos. 3) Interferencia en el desarrollo normal del hueso. 4) Osteorradionecrosis.

#### EFECTOS DIRECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS DIENTES

Interferencia en el desarrollo normal de los , dientes (humanos).

Entre los que publicaron los efectos de la radiación sobre la dentición en desarrollo en el hombre se encuentran Rushton (1947), Stafne y Bowing (1947), Brown (1949), Bruce y Stafne (1950). Según lo demostrado por sus casos se podría suponer que la radiación puede dañar un germen dentario hasta el extremo de que ese diente no se forme, que haya enanismo de dientes permanentes, de las raíces de aquellos cuyas coronas se han formado antes de la radiación, que se complete prematuramente la clasificación de algunos dientes y en ocasiones, erupción precoz de los afectados. Con frecuencia ocurre una combinación de estos defectos (Gorlin y Meskin (1963) también notaron la hipoplasia del esmalte en un paciente que recibió terapia radiante a la edad de 9 meses.

La radiación administrada durante el periodo de desarrollo

puede provocar cambios reconocibles o aun detener el crecimiento en cualquier estadio (Kimeldorf y Col 1963). Ellos enfatizaron, que como los humanos tienen denticiones primaria y permanente, el periodo de desarrollo en que se produzca la radiación es importante en relación con los defectos que se observan mas tarde. Leist (1926) encontró retardo en la erupción de los dientes primarios, así como perturbación en la secuencia habitual de erupción de los dientes, en tres de seis niños cuyas madres habian recibido radiación ionizante en el abdomen durante el segundo y tercer mes del embarazo. Al destruir la células odontogénicas, la radiación destruye también el germen dentario, cambia la diferenciación o impide el ulterior crecimiento de acuerdo a la dosis administrada.

#### EFFECTOS INDIRECTOS DE LA RADIACION SOBRE LOS DIENTES.

##### A) CARIES DENTAL COMO RESULTADO DE LA RADICION.

*Quando las glándulas salivales principales quedan dentro del campo irradiado, todos los dientes corren el riesgo de formar caries rampantes.*

*En la era preantibiótica, (1939) surgió que los cambios en la saliva conducian al desarrollo de caries con alteraciones características propias de la radiación.*

*Frank y Col (1965) mostraron que si se irradiaban las glandulas salivales, los dientes que estaban fuera del campo*



tratado corrian el mismo riesgo de caries que los que estaban dentro y que los defectos adquiridos tenían las características histológicas de la caries dental, fuera que los dientes estuvieran dentro del campo de radiación o no.

Con la radiación de los dientes y maxilares, pero no de las glándulas salivales, tales defectos no se producían.

De la radiación de las glándulas parótidas, submaxilares o sublinguales, puede resultar una xerostomía temporaria o permanente. Ocasionalmente se produce una parotiditis sintomática por radiación durante el primero o segundo día de la terapia radiante, el estado parece depender de la dosis. Menos de una semana después hay disminución en el parénquima y el tamaño de la glándula salival. English y Col (1955) dicen que la causa puede ser la obstrucción del conducto salival y el edema intersticial.

Con la irradiación de las glándulas salivales hay una disminución de la cantidad de saliva y un cambio en su viscosidad, volviéndose más ácida.

La menor cantidad de saliva resta efectividad a la continua acción de lavado que esta ejerce sobre los dientes, disminuyendo el efecto de arrastre de microorganismos y de restos alimenticios. Los ácidos producidos por fermentación de estos últimos tienen además, menor dilución y efecto buffer.

Frank y Col (1965) han publicado un cambio de color hacia el

amarillo o castaño junto con el cambio de viscosidad de la saliva esto provee un medio para el cultivo bacteriano.

Del Regato (1939), los pacientes con glándulas salivales irradiadas tenían sensación de elongación de los dientes, así como hipersensibilidad a el frío, calor o a los dulces.

Masella y Col (1972) Afirmaron que en los dientes situados dentro de el campo tratado, la pulpa sufre la misma reacción inflamatoria en respuesta a la radiación que los otros tejidos blandos, y la pulpa hiperemica puede volverse hipersensible a los estímulos térmicos. Con la retracción gingival el cemento puede quedar expuesto, lo que implicaría la sensibilidad a los dulces, la inflamación del ligamento periapical sería la razón de la sensación de elongación.

La severidad y la permanencia de la xerostomia depende del número total de glándulas salivales irradiadas y de su contribución al total del flujo salival estimulado o en reposo. La dosis y la susceptibilidad individual también son importantes.

El proceso de caries ataca en principio la parte cervical de los dientes, y en algunos pacientes la corona entera se ha desmoronado o destruido dentro del año de recibida la radiación.

#### *B) PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA CARIES RAMPANTE*

la caries rampante no puede seguir siendo justificada como

un efecto colateral inevitable de la radiación de la cabeza y el cuello. La consulta dental antes de comenzar terapia radiante que incluya las glándulas salivales es obligatoria para el buen cuidado del paciente.

Antes de la radiación se requiere la profilaxis dental, aplicación de fluoruro para disminuir la incidencia de caries. Las aplicaciones tópicas de fluor disminuyeron en un 95% la sensibilidad al calor, frío y dulces según Daly (1971).

#### INTERFERENCIA EN EL DESARROLLO NORMAL DEL HUESO

La disminución del desarrollo de la mandíbula irradiada, produce asimetría facial. Donohue y Col (1965) publicaron un caso en el cual quedó afectado el desarrollo del maxilar.

Las perturbaciones del crecimiento epifisiario dependen tanto de la dosis como de la edad del niño (Neuhauser y Col 1952) en este estudio los niños de 2 años o menos mostraban los cambios más severos. Entre 2 y 6 años el tratamiento con ortovoltaje fraccionado de 1000 a 2000 R solo produjo pequeñas perturbaciones de crecimiento en las vértebras, pero las dosis más grandes tendían a perturbar el crecimiento. La experiencia clínica revela el mismo potencial para el daño por radiación en los huesos de la cara y maxilares de los niños.

En experimentos realizados con animales Gowgiel (1961) sugirió que el crecimiento del hueso alveolar o del saco folicular era necesario para la erupción de los dientes.

Adkins (1966) produjo experimentalmente un retardo en el crecimiento de las mandíbulas de las ratas con una única exposición de 1000 R de radiación ionizante.

#### OSTEORRADIONECROSIS

Es la desvitalización del hueso sometido a la radiación ionizante, tanto dentro del campo de la terapia radiante como en el sitio de colocación de una radionucleido.

La agencia internacional de energía atómica 1960. Dispone de criterios histológicos específicos para determinar la necrosis ósea. son: 1) Lagunas vacías 2) Daño vascular 3) Desarrollo de nuevo hueso irregular anormal 4) Aparición de distintos grados de fibrosis.

#### A) FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA OSTEORRADIONECROSIS

- 1) Dosis excesiva
- 2) Infección
- 3) Traumatismo
- 4) Proximidad del sitio del tumor con respecto a el hueso.

#### 1) DOSIS EXCESIVAS

Las dosis terapéuticas de radiación ionizante aplicadas a las estructuras vitales se planea para que se mantengan en niveles tolerables para los tejidos normales que entran dentro del campo del tratamiento.

Cuando la dosis así determinada erradique el tumor maligno, se dice que esta terapia radiante es de intención curativa, si

no el tratamiento se le describe como paliativo.

Factores como: El fraccionamiento, volumen irradiado y el tiempo total de tratamiento podrian ser tan importantes como el tipo de radiación usada y el dosaje total administrado.

Se le llama tolerancia a aquel nivel que con la técnica en cuestión produciría daño irreversible en el 5% de los pacientes dentro de los 5 años del tratamiento. En pacientes con cáncer de la cabeza y del cuello, Fletcher y Col (1969) encontraron que la proporción de osteorradionecrosis era de 22% con dosis para tumores de 6000 rads o menos y 78% con dosis mayores. Notaron que el tratamiento inicial del tumor con modalidades terapéuticas múltiples, como implantes de radium además de la radiación externa aumentaron la incidencia de necrosis. No se encontró radionecrosis con orto voltaje o supervoltaje en niveles de menos de 4000 R.

#### *1.1) DOSIS EXCESIVAS DEBIDAS A LOS RADIONUCLEIDOS*

Cuando se toman por boca, algunas sustancias radioactivas pueden quedar en el hueso de manera permanente y emitir radiaciones que produzcan osteorradionecrosis. Los primeros casos reconocidos fueron provocados por sustancias radioactivas usadas para pintar los cuadrantes de los relojes luminosos, ya que el trabajador tocaba con la lengua el pincel que contenía el material. La primera publicación en un caso de osteorradionecrosis por radium, fue hecha por Blum (1924)

paciente que trata por osteomielitis de los maxilares. Según Hoffman (1925), Envens (1933) y Avioli (1979) la resistencia a la infección del hueso disminuye y la osteomielitis de los maxilares, uno de los primeros rasgos aparece como resultado de la infección bacteriana de las tan comunes enfermedades periodontales y periapicales.

Las radiaciones gamma del radium (Ra) y radón (Rn) se usan para el tratamiento de tumores locales implantando agujas (Ra) o semillas (Rn). La ionización esta confinada a la zona del implante intersticial, pero si las fuentes radioactivas estan colocadas cerca del hueso como en la mandibula se puede producir una intensa y destructiva ionización en el periostio.

Los materiales radioactivos más nuevos como el iridio 192 (Goffinet 1977), cesio 137 y yodo 125 (Martinez 1983) se usan para terapéutica intersticial de los tumores malignos.

Mediante el implante de yodo 125 en el tratamiento de tumores cancerosos locales de cabeza y cuello avanzados, como medida coadyuvante de la cirugía y radioterapia externa. Martinez (1983) obtuvo sobrevividas más prolongadas y un mejor control de las lesiones locales.

## 2) INFECCION

La infección es el factor desencadenante en la osteorradionecrosis de un hueso previamente irradiado. La mala higiene dental debe ser corregida antes de administrar este

tipo de terapia. Las lesiones periapicales profundas no tratadas aumentan el riesgo. El absceso periapical persistente o el sarro provee sitios para el crecimiento bacteriano y la infección.

Durante el período de mucositis por terapia radiante, la zona gingival que rodea a los dientes esta en peligro, una vez que ha pasado la reacción aguda, cualquier lesión de la mucosa ofrece una puerta de entrada para las bacterias con el riesgo para el hueso irradiado.

El efecto primario de la radiación ionizante es producir una hiperplasia subendotelial en los vasos de tamaño mediano, la reacción vascular normal frente a la infección se retarda o esta ausente de acuerdo con la dosis y la respuesta individual. La osteorradionecrosis se debe principalmente a la interferencia en la nutrición del hueso por la obliteración de los vasos periapicales nutricios y capsulares.

### *3) TRAUMATISMOS*

Son otro factor desencadenante de la osteorradionecrosis. Al principio el hueso es dañado por la absorción de energía (ionización) pero después puede sobrevenir fracturas patológicas con el uso normal de hueso irradiado si este se ha vuelto osteoporoso o desmineralizado.

Antes de la terapia radiante deberán extraerse los dientes no curables con el menor traumatismo posible. Cuando sea

necesario se recurira a la alveoloplastia para eliminar las espiculas agudas del hueso que retardan la cicatrización. De no ser así se aumenta el peligro de infecciones y la consecuente osteorradionecrosis.

Para la mayoría de los pacientes con cancer de cabeza y cuello, Laney (1979) recomienda extracciones de los dientes no curables, tiempo de cicatrización adecuada y uso de la cirugía bucal cuando sea necesario antes de la terapia radiante. Hay que tener en cuenta el estado clínico del paciente así como los factores contribuyentes como diabetes, el alcoholismo, balance de nitrogeno negativo, retirar las prótesis durante el tratamiento y hasta la cicatrización de las mucositis por radiación.

#### *4) PROXIMIDAD DEL SITIO DEL TUMOR CON RESPECTO AL HUESO*

La proximidad del tumor con el hueso aumenta la probabilidad de necrosis después de la terapia radiante Fletcher y Col (1969). En la irradiación de cancer de la cabeza y cuello, las radionecrosis de la mandibula es la más frecuente por tener un aporte sanguíneo escaso comparado con el maxilar superior, después de la terapia tiene menos oportunidad de establecer una circulación colateral.

#### *B) SINTOMAS Y ASPECTOS RADIOGRAFICOS*

Al establecer el diagnóstico de la osteorradionecrosis se



consideran los síntomas del paciente y el aspecto radiográfico de la lesión, de los cuales el más frecuente es el dolor agudo que aparece entre los 6 meses y varios años después de terminada la terapia radiante, cuando aparece antes, es por la mala higiene bucal no corregida antes de la terapia.

La osteoporosis después de la radiación es el hallazgo radiográfico más común, presenta pérdida en el nivel celular, del equilibrio normal entre las actividades osteoblásticas y osteoclasticas. Como los osteoblastos forman osteoide, hay una disminución en la formación de hueso.

Cuando hay dientes y hay una iniciación de osteonecrosis, radiográficamente se observa destrucción de los alveolos, interrupción del trabeculado.

En una fractura traumática radiográficamente se observan los bordes agudos inicialmente, después estos se van redondeando por el desgaste mecánico y el desmenuamiento del hueso. Los sequestros son más lentos en la osteorradionecrosis que en la osteonecrosis debido a la infección o traumatismo, la diferenciación entre ellas puede ser difícil si dentro del hueso afectado hay áreas osteolíticas discretas, entonces se puede recurrir a la biopsia para establecer el diagnóstico. El riesgo de reirradiar una zona de osteorradionecrosis es inaceptable.

### *C) PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA OSTEORADIONECCROSIS*

En el tratamiento con ortovoltaje, los protectores de plomo de espesor adecuado son útiles para disminuir a un 5% o menos la dosis absorbida por el hueso y otras estructuras de soporte. Si el protector se cubre con parafina se aumenta la distancia, permitiendo la absorción de la radiación, característica producida dentro del plomo.

Con los haces de megavoltaje, la mejor prevención es una cuidadosa y precisa conformación de la zona, para que solo se irradie el volumen necesario del tejido.

Cuando hay restauraciones metálicas en la zona gingival, la mucosa adyacente presenta una dolorosa y temporaria mucositis, a causa de la radiación secundaria de baja energía, producida por la interacción de los fotones con el metal de las restauración. Se puede proteger la mucosa poniendo rollos de algodón a lo largo de la terminación de la encía durante el tratamiento. Si se proyectan grandes restauraciones, se aconseja hacerlas primero con acrílico y dejar para más tarde se reemplazo por metal (Masella y Col 1972).

La terapia elegida para la osteoradionecrosis depende su gravedad y del tiempo de iniciación.

Inicialmente los tratamientos conservadores, como controlar la infección, si las zonas muy afectadas no responden, se usarán métodos más agresivos, lo que también es válido para

grandes zonas de necrosis óseas. A menudo los sequestros son expulsados como cuerpos extraños. Se recomienda el uso de peróxido de cinc. la aplicación tópicamente de soluciones de neomicina al 1% y la administración sistémica de antibióticos, así como la remoción de las espículas óseas sueltas que aparezcan por encima de la cresta gingival, y la buena higiene bucal.

Si fracasan las técnicas conservadoras, comprobado por la presencia de trismus persistente, recidiva de infección severa o dolor incontrolable, se aconseja la extirpación quirúrgica de los focos osteorradionecróticos. La resección mandibular puede ser parcial o total.

#### *D) PRONOSTICO*

Si el cáncer es curado la osteorradionecrosis puede ser a su tiempo controlada.

## CONCLUSIONES

Muchos organismos locales del estado, provincia o ciudad, desarrollan medidas reguladoras que protegen al público mediante el control de factores físicos como la filtración, colimación, dureza del haz, y escape por la cabeza del tubo, como regulaciones federales de los fabricantes de aparatos de rayos X al odontólogo.

Es de interés general para la profesión odontológica que cada dentista colabore sin reserva en estos esfuerzos. Conviene que tomen precauciones y se impongan voluntariamente en cada consultorio odontológico las medidas reguladoras antes de que sean legisladas.

El gobierno mexicano ha establecido oficialmente el Reglamento de Seguridad Radiológica para el uso de equipo de rayos X tipo diagnóstico que limita y especifica la fabricación, uso y aplicación de este importante avance tecnológico que debe y deberá estar siempre al servicio del hombre.

Además de tener las medidas necesarias para la radiación, es conveniente que tanto el médico como el personal que le ayuda, se hagan frecuentes análisis (por lo menos a intervalos de 6 meses) y si hay oportunidad para una absorción de emisores internos, se deben llevar a cabo estudios unitarios.

No es probable que se llegue a decir a los profesionales sanitarios que velocidad de película deben emplear, ya que esto depende en gran parte del juicio personal.

Sin embargo, ha de utilizarse la película más rápida posible, siempre que favorezca a el diagnóstico.

Hay que añadir a cada aparato odontológico una cantidad de filtración suficiente para eliminar del haz fotones de longitud de onda anormalmente grande.

Cuidarse al colocar la película y en la angulación, para evitar la necesidad de exposiciones adicionales. El dentista debe de modificar sus procedimientos ha medida que se descubran nuevos datos, para mejorar la protección de su paciente sin dejar de obtener la información diagnóstica requerida.

En este trabajo recepcional se ha tratado de dar un enfoque practico con bases científicas en las cuales podemos conocer la radiación, sus peligros y complicaciones que ocasiona, pero sobre todo la manera de como manejarlos con las máximas medidas de seguridad y protección radiográfica.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- The Rays, a History of Radiology in the United States and Canada.  
Brecher Ruth and Wilkins Company  
Baltimore 1969 Pag. 484.
- 2.- Berger, H. Nuevas normas de protección antirrayos X para el funcionamiento de instalaciones radiológicas y aceleradores electrónicos en la Republica Federal Alemana.  
Electromédica No.3  
1973 pag. 143.
- 3.- Ciola Benjamin, Efectos genéticos de la radiación.  
Clínicas Odontológicas de Norteamérica, Genética.  
Editorial Interamericana.  
Enero 1975. Pag. 113-121.
- 4.- Letter. The Dentist and X Radiation. Eirew H, L. Aug.  
1974, Br. Dent J 137 (4). 117.
- 5.- Radiation Hazards, a Guide to Good Practice. Cent. Afr.  
Jan. 1976, J. Med. 22 (1). 10-7.
- 6.- The Overutilization of X-Rays, Bryant G. B; N. England;  
20 Sept. 1979; J.med; 30 (1) 667.
- 7.- Letter: The dentist and X Radiation; Heaton B, et al.;  
Jun. 1974; Br. Dent J. 136 (12);486.
- 8.- Estimation of fetal dose to patients undergoing Diagnostic X Ray Procedures; Jacobson A, et al.;  
Sept. 1976; Radiology 120 (3):683-5
- 9.- The Essentials of Roentgen Interpretation; Lester W.,  
Pal M.D., and Juhl H. John, M.D; Ed. Hoeber Medical  
Division; New York; 1970; pag.902.
- 10.- Dentistry on stamps; Loevy H, et al.; Jul 1979; J.A.M.N.  
Dent Assoc. 99(1):67.
- 11.- Letter. Dental X Rays are not absolutly "saf" An  
Editorial Response; Cons. N.C. N.Y. State; Oct.1974  
Dent. J. 40 (8) 460-1.

- 12.- Radiología Dental; O'Brien Richard, Dr.  
Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C.V. Impreso en México 1975 pag. 215.
- 13.- Patología de Willian Anderson, pag. 199 a 212 y 218.
- 14.- Efectos Biológicos de la Radiación Anatómica de la National Academy of Science; pag. 172, 174.  
Tracto Gastrointestinal, Pulmones y Tiroides.
- 15.- Patología de Howard Hopps.  
Pag. 100 Clasificación de Waren.
- 16.- Manual de Radiobiología et de Radioprotección.  
Pag. 61 a 73.  
Efets Biologiques des Radiations.  
Chronologie du Syndrome D'irradiacion.
- 17.- Patología de Pelayo. Arias Perez, Luis Carbonell.  
Pag. 549, 550 y 551.  
Tipos de radiación. Cambios a nivel molecular y bioquímico.
- 18.- Compendio de Radiología y Fisioterapia de Aguirre.  
Pag. 68, 458 y 459.  
Tipos de Radiaciones.  
Propiedades de los Rayos X.
- 19.- Elementos de Radiografía de la Kodak Mexicana Ed. 71  
Pag. 4, 7 y 9.  
Definición de los Rayos X.  
Origen de los Rayos X.  
Propiedades de los Rayos X.
- 20.- Roentgenodiagnóstico Estomatológico de P. Cocche. pag. 3  
Origen de los Rayos X.
- 21.- Radiodoncia de Delgado Morales y Alfonso Delgado Fernández.  
Pag. 21.  
Propiedades de los Rayos X.
- 22.- Del texto de Física General, Curso Completo de Mosqueira.  
Pag. 545, 427, 437, 440 y 445.  
Ampere Volt Coulomb Ohm Amperimetro Voltimetro. Efecto Joule, Efecto Edison.

- 23.- Del Texto de Física Universitaria de White.  
Pag. 710  
Roentgen Rad. Roentgen Equivalente Hombre, Dosis de Radiación.
- 24.- Física del Diagnóstico Radiológico.  
Capítulo 26.  
Efecto de la Radiación sobre los dientes y sus estructuras de soporte. Roger E. Cupps.  
Pag. 477-490.
- 25.- Introducción de la Radiología.  
Capítulo 1.  
Willace, Miller.  
Pag. 1-9.  
Editorial El Manual Moderno.
- 26.- Radiología Denatal.  
N.J.D. Smith.  
Capítulo 5.  
Pag. 37-59.  
Editorial Lamusa, Primera Edición.
- 27.- Guía para la Radiología Dental.  
Rita A. Mason.  
Capítulo 4-5.  
Pag. 20, 21, 52-53.  
Editorial El Manual Moderno.
- 28.- Diagnóstico Radiográfico.  
Glenda J. Bryan.  
Capítulo 2, 3 y 4.  
Pag. 10-21.  
Librería El ateneo. Buenos Aires Argentina.
- 29.- Principios de la Radiología Oral.  
Myron J. Kastle.  
Robert P. Langlais.  
Pag. 154-157.  
Editorial. Manual Moderno.
- 30.- Radiología Dental.  
Arthur H. Wehrmann.  
Lincoln R. Manson-Hing.  
Capítulo 4.  
Pag. 66-91  
Editorial Salvat 2o. Edición.



- 31.- Guía para Radiología Dental.  
Rita A. Manson 1984.  
Capítulo 1 y 10.  
Pag. 1-11 y 134-137.  
Editorial Manual Moderno 2o. Edición.
- 32.- Libro Langland and Sippy.  
Dental Radiology.  
Chapter 1.  
Pag. 3-9.
- 33.- Fundamentos de Radiología Dental.  
L.R. Manson-Hing.  
Capítulo 8.  
Pag. 99-118.  
Editorial manual moderno 2o. Edición 1987.
- 34.- Efectos y protección de Radiología en niños.  
Radiología Pediátrica.  
Jhon W. Hilton.  
Edwards.  
Capítulo 17.  
Pag. 548-574.  
Editorial Manual Moderno.
- 35.- X-Rays and Their Applications.  
J. G. Brown.  
Pag. 13-40 y 157-164.  
1a. Edición.  
A Plenum Rosetta Edition.  
New York 1975.
- 36.- REGLAMENTO. De Seguridad Radiológica para el uso de  
equipos de rayos X tipo diagnóstico.  
Jose López Portillo.- Presidente Constitucional de los  
Estados Mexicanos, en el ejercicio de la facultad que  
concede el ejecutivo de mi cargo la federación, lo del  
Artículo 89 de la Constitución Política de los Estados  
Unidos Mexicanos y con fundamento en las disposiciones  
contenidas en los Artículos 44, 45, 68, 69, 71, 104, 278  
y 388 y de los relativos del Código Sanitario de los  
Estados Unidos Mexicanos.

## REVISTAS

- 1.- Protección Contra la Radiación.  
Protección Odontológica.  
Volumen 6  
No. 1 Enero 1985.  
Pag. 16-20.
- 2.- Práctica Odontológica.  
Volumen 6.  
No. 7 Julio 1985.  
Pag. 21-25.
- 3.- Práctica Odontológica.  
Volumen 3.  
No. 2 Marzo - Abril 1982.  
Pag. 46-51.
- 4.- Práctica Odontológica  
Index de Productos Odontológicos 1986.  
Volumen 6.  
No. 10 Noviembre - Diciembre 1985.  
Pag. 196-200.
- 5.- Revista D.A.  
Facultad de Odontologia Da Universidade de Sao Paulo  
Volumen 20  
No. 1/2 Jan/DEZ 1982  
Pag. 45-63.
- 6.- Guidelines on the use of ultraviolet radiation in  
dentistry.  
The Journal of the American Dental Association.  
Reports of councils and Bureaus.  
April 1976.  
Vol. 92  
No. 4  
Pag. 775-776.
- 7.- What de federal X-Ray regulations to the Dentist.  
The Journal of the American Dental Associations.  
Orlen N. Johnson. Gregory J. Borone.  
October 1977  
Vol. 95  
No. 4  
Pag. 810-813.

- 8.- Recommendations in Radiographic Practices.  
The Journal of the American Dental Association.  
Council of Dental Materials and Devices.  
January 1975  
Vol. 8  
No. 1  
Pag. 171-172.
- 9.- Advantages and Disadvantages of the use of Dental  
Radiography.  
The Journal of the American Dental Association.  
Council of Dental Materials and Devices.  
January 1977  
Vol. 94.  
No. 1  
Pag. 147-148.
- 10.- Therapeutic Radiology the modalities and their effects  
on oral tissues.  
The Journal of the American Dental Association.  
Ronald Lee Rubins DDS Toronto E.H. Chris.  
April 1976  
Vol. 92  
No. 4  
Pag. 731-739
- 11.- An Educational Approach to voluntary improvement of  
Dental Radiological Practices.  
The Journal of the American Dental Association.  
S. Julian Gibbs C. Lany Crabtree E. Orhen N. Johnson.  
September 1977.  
Vol. 95  
No. 3  
Pag. 562-569.