

A1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

“PREVENCIÓN DE LOS EFECTOS NOCIVOS DE LOS RAYOS “X” EN LA PROFESIÓN ODONTOLÓGICA”

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
CIRUJANO DENTISTA
P R E S E N T A:
CARRANZA DE CÁRCER JORGE

DIRECTORA DE TESIS
C.D. MARÍA DE LOURDES PÉREZ PADILLA

FES ZARAGOZA



MÉXICO, D.F.

FEBRERO 2006



CIRUJANO
DENTISTA

M. 160168



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CON UN SINCERO RESPETO Y AGRADECIMIENTO A:

MIS ABUELOS,

MIS PADRES,

MIS TÍOS LUÍS Y GLORIA,

HERMANA, JORGITO, SANDRA, ADOLFO,

PROFESORES

Y A LA

U. N. A. M.

F. E. S. ZARAGOZA.

A MI DIRECTORA C.D. MARIA DE LOURDES PÉREZ PADILLA:

CON TODO RESPETO Y ADMIRACIÓN, LE AGRADEZCO PROFUNDAMENTE SU APOYO INCONDICIONAL QUE TUVE DURANTE LA CARRERA, ASÍ COMO SU TIEMPO, DEDICACIÓN Y CONOCIMIENTOS EN LA ELABORACIÓN DE ESTA TESIS.

A LOS SINODALES:

**C.D. EMMA BELTRÁN PAZ,
C.D. ROSALÍA GARCÍA LOMELI,
M.C. MARGARITA DEL ROSARIO VERA Y CASELLI,
C.D. MOISÉS BAUTISTA FUENTES.**

AGRADEZCO CON TODO RESPETO SU APOYO Y DEDICACIÓN PARA LLEVAR A CABO ESTA TESIS QUE SIGNIFICA UN GRAN LOGRO EN MI VIDA.

ÍNDICE.

Contenido.	Pág.
A3 Introducción.	3
A4 Justificación.	5
Planteamiento del Problema.	6
A5 Marco Teórico.	7
Objetivos.	77
A6 Diseño de la investigación y métodos.	78
Recursos.	79
A7 Conclusiones.	80
A8 Propuestas y/o recomendaciones.	81
A9 Referencias Bibliográficas.	82

INTRODUCCIÓN

En la actualidad tanto las instituciones como los particulares se han preocupado por saber con mayor certeza los efectos nocivos de los rayos "x" para poder establecer normas las cuales todos los implicados en la materia tienen que seguir y evitar riesgos innecesarios.

Dentro del ámbito internacional se han creado organismos como la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y el Consejo Nacional de Protección Radiológica (NCRP). (1)

En nuestro país se creó en 1984 la Ley General de Salud, en 1988 el Reglamento General de Seguridad Radiológica, por parte de la Secretaría de Salud. (1)

En enero de 1996 se plantea el programa cuyo objetivo es garantizar la existencia de programas de seguridad radiológica y aseguramiento de la calidad en la utilización y operación de fuentes generadoras de radiación ionizante de uso médico, y en el diagnóstico de los rayos "x".

De esta forma con el conocimiento exacto de las consecuencias a las cuales están expuestos, tanto el personal médico como el paciente en general se implementarán medidas que proporcionen mayor protección y seguridad al momento de realizarse algún tratamiento médico o dental y de esta forma evitar las consecuencias de un mal manejo de la radiación con resultados nocivos en la salud.

A pesar de los efectos nocivos de los rayos x la utilización de las radiografías es importante ya que permite obtener un registro con la mayor información posible. Para alcanzar este propósito no solamente es necesario entender bien cada uno de los detalles técnicos sino también llevarlos a cabo cuidadosamente. El equipo debe ser adecuado, la calidad de las películas y de los preparados químicos, líquidos de revelado y fijado de óptima calidad, así como la competencia de la técnica, incuestionable.

Solo así se puede presentar al odontólogo la información completa y exacta para que haga su diagnóstico más confiable y evite riesgos y efectos nocivos.

La exposición excesiva a los rayos "x" puede lesionar cualquiera de los tejidos, siendo especialmente sensibles la piel, las gónadas, y los órganos productores de sangre.

Aunque la radiación recibida por el paciente durante el examen individual ordinario es generalmente una fracción muy pequeña de la cantidad tolerable, es indudable que las películas rápidas y el revelado completo de las radiografías permiten reducciones muy importantes de la exposición.(2)

Los tubos de rayos "x" modernos están rodeados de un material protector, a excepción de una pequeña ventana por donde sale el haz primario filtrado a través de un material equivalente a 0.5 mm. de aluminio que debe instalarse permanentemente en el portafiltros; con esto se obtiene un grado de seguridad muy importante, sin que la filtración de los rayos primarios afecte su calidad radiográfica. (2)

Para reducir al mínimo los peligros de la radiación es preciso conocer bien las técnicas de posición del paciente, la selección de los factores de exposición, el funcionamiento correcto del equipo radiográfico y por último el revelado adecuado de las películas. Si todo esto se toma en cuenta, se reduce al mínimo las repeticiones de radiografías y se mantiene la calidad radiográfica a un nivel muy alto. (3)

Este trabajo hará referencia a la protección que se debe tener en la exposición a los rayos "x" en la práctica odontológica y como evitarlos para que no sean factor de riesgo en patologías como el cáncer que puede ser mortal.

JUSTIFICACIÓN

La necesidad de elaborar este trabajo es la de proporcionar conocimientos que puedan evitar los riesgos que se tienen al utilizar inadecuadamente los rayos “x” y así, de esa forma evitar lesiones que puedan llevar a patologías tales como:

- a.- Quemaduras
- b.- Cáncer
- c.- Malformaciones fetales
- d.- Infertilidad

Ubicar el problema y evitar el uso excesivo de los rayos “x”, así como su técnica de empleo, protegiendo de esta forma al paciente y al odontólogo de los efectos producidos por los rayos “x”, a largo plazo o en etapas determinadas del desarrollo físico en niños, adolescentes y mujeres embarazadas principalmente.

El estudiante de odontología, el odontólogo, personal auxiliar, instituciones de salud y pacientes en general deben saber la importancia que tiene el uso adecuado de los rayos “x” evitando consecuencias nocivas a los seres humanos expuestos.(3)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El mal uso de los rayos "x", técnica, revelado, etc propicia un aumento en la exposición tanto del personal de salud como del paciente en tratamiento por tal razón es necesario saber que los rayos "x" son radiaciones con una gran frecuencia, que a su vez tienen una muy pequeña longitud de onda en su rayo, con respecto a otras radiaciones electromagnéticas de características luminosas, ultravioletas etc. tienen comparativamente mayor poder ionizante, esto quiere decir que los fotones de rayos "x" son impactados sobre la superficie específica. Su principal característica es el poder atravesar los cuerpos, por los cuales su absorción se da por los medios biológicos, que se traducen en modificaciones celulares, radiación irritabilidad, inhibición o destrucción según la dosis aplicada.

Esto nos refiere a que es importante saber como tenemos que proteger al paciente, personal expuesto y a nosotros mismos de los efectos que puedan ocasionar el uso de los rayos "x"

¿Como evitar los efectos nocivos de los rayos "x" en la odontología?

La prevención de los efectos esta basada en la protección que se puede dar con las correctas técnicas en la toma radiográfica, el correcto uso del aparato radiográfico, saber e identificar las barreras físicas de protección como los delantales emplomados y pantallas submandibulares y los tiempos de revelado y fijado.

Por lo que su uso indiscriminado o sin los conocimientos necesarios sobre los efectos y protección de los rayos "x" representa un problema para el paciente y en mayor grado para el odontólogo y el personal auxiliar por lo cual debe ser estudiado para prevenir sus efectos que puedan causar y que sea óptima su utilidad diagnóstica.

MARCO TEÓRICO.

NATURALEZA Y PROPIEDADES DE LOS RAYOS X

Las bases que llevaron al descubrimiento de los rayos X datan del siglo XVIII, que es cuando nacieron las ciencias del magnetismo y de la electricidad, tubos de vacío y rayos catódicos establecieron los principios para el descubrimiento de los rayos X (1).

En 1785 los rayos X fueron producidos por Morgan, en 1850 por Plucker, en 1860 por Gessler, en 1869 por Hittorf y en 1892 por Lenard. Ellos experimentaban el paso de una corriente eléctrica a través de gases de baja presión (vacío). Sin embargo ninguno de ellos supo reconocerlos. Fue necesaria la presencia de Wilhem Conrad Roentgen para lograr el descubrimiento de los rayos X el 8 de Noviembre de 1895 (2).



Imagen 1 W. Conrad Roentgen.

Roentgen quien era profesor de física de la Universidad de Wurzburg, Alemania, experimentaba con los rayos catódicos cuando observó la fluorescencia de cristales de platinocianuro de bario que se encontraban a alguna distancia del tubo de Crookers - Hitford activado (1), vio que esta energía era capaz de penetrar el papel, cartón, libros, madera, placas delgadas de metal con excepción del plomo y que afectaba tanto a placas fotográficas como pantallas fluorescentes encontrando que éste fenómeno era debido a un rayo desconocido, que lo denominó rayo X. Durante las pruebas Roentgen colocó su mano entre el tubo y la pantalla fluorescente en la que pudo ver la radiografía de su mano y lo confirmó al pedirle a su esposa que hiciera lo mismo por un período de 15 minutos, utilizando una placa fotográfica; en la cual aparecieron los huesos de su mano. Roentgen estudió a los rayos X y comunicó sus observaciones en diciembre de 1895, marzo de 1896 y mayo de 1897. En estas publicaciones menciona ya la necesidad de protección contra los rayos X, usando él mismo una mampara de plomo para sus experimentos (3). En 1901 le fue otorgado el Premio Nobel por sus descubrimientos.



Imagen 2 La mano de la esposa

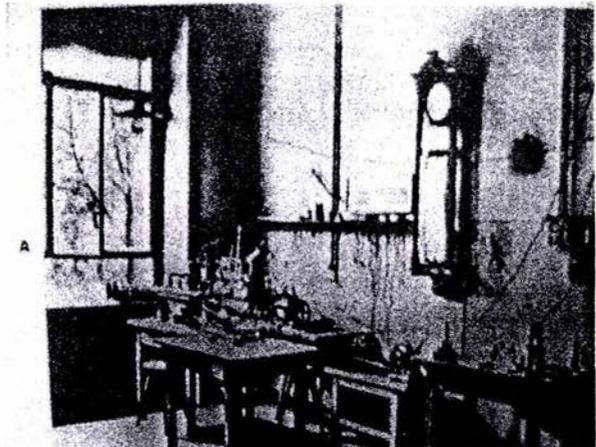


Imagen 3 El laboratorio de Roentgen.

En 1895 el Dr. Otto Walkoff, de Alemania, tomó la primera radiografía dental con un tiempo de exposición de 25 minutos. El 24 de abril de 1896 en una sesión especial de la Sociedad de Odontología de Nueva York, William James Morton describió brevemente el aparato radiográfico, y mostró radiografías donde se veían restauraciones. En julio de 1896 el Ing. William H. Rollins diseñó el primer aparato de rayos X dental en cual durante sus experimentos, se dio cuenta del peligro que implica el uso de estos rayos, al observar quemaduras en la piel de sus manos, en 1901 recomendó que las

personas que utilizarán estos rayos deberían de usar anteojos protectores, encerrar el tubo productor de rayos X en una caja aisladora y que el paciente debería ser cubierto con un material protector.

El 29 de julio de 1896, C. Edmund Kells impartió la primera sesión clínica en los Estados Unidos acerca del uso de los rayos en Odontología, y el 10 de mayo de 1896, fue el primer dentista en hacer uso de la radiografía en Endodoncia.



Imagen 4 La primera radiografía de Dr. Kells.

Las primeras máquinas de Rayos X inventadas por Roentgen, Rollins, Kells y otros utilizaron tubos con gas para crear la corriente de electrones. En 1913 William D Coolidge, diseñó un tubo de rayos X en el que los electrones eran suministrados por un cátodo incandescente fabricado de tungsteno en un medio al vacío y en 1919, descubrió que al sumergir este tubo en aceite vegetal obtenía un aislamiento eléctrico del tubo y del transformador ayudando al enfriamiento de éstos. Este fue el primer aparato a prueba de choques eléctricos (3).

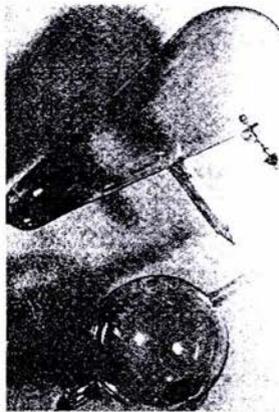


Imagen 5 Tubo de colidge.

En 1922 el Dr. Max Lane y sus colaboradores midieron por primera vez la longitud de las nuevas radiaciones. Lane encontró que son en realidad una forma de radiación electromagnética semejante a las ondas de radio y de la luz, pero que poseen una longitud de onda muchísimo menor que éstas (2).

Howard Riley Raper, quien en 1924 inventó la radiografía de aleta de mordida escribió el primer libro de Radiología Dental. De aquí en adelante se fueron perfeccionando los aparatos de rayos X, aumentando sus medidas de seguridad tanto para las personas que las toman como a las personas que son radiadas (3).

Los rayos X son radiaciones de alta frecuencia (muy pequeña longitud de onda), con respecto a otras radiaciones electromagnéticas (luminosas, ultravioletas, infrarrojas, etc.). Se propagan en línea recta y son difíciles de desviar, no se pueden concentrar ni reflejar por medio de lentes o espejos. Tienen comparativamente mayor poder ionizante (impacto de fotones X).

Estos rayos forman parte del espectro electromagnético por lo que son invisibles, aunque esta invisibilidad es relativa, dado que en circunstancias especiales los mismos pueden provocar en la retina una sensación luminosa con aspecto de "Niebla azul - gris" (2). Las longitudes de onda son tan cortas que son medidas en unidades Angstrom (A. $1 \text{ A} = 10^{-7} \text{ mm}$. 1 A es a 1 mm como 1 mm es a 10 Km .), por lo cual el número de Angstrom para la radiografía diagnóstica oscilan entre 0.1 y 0.5 Angstroms (1).

El origen de rayos X se explica de la siguiente forma: cuando un electrón libre, animado de gran velocidad, choca contra otro electrón satélite, haciéndolo pasar de una a otra de las órbitas profundas del átomo, se produce un desequilibrio

energético dentro de éste (átomo), que se manifiesta exteriormente por la emisión de una radiación X. Cuando tales choques ocurren en órbitas superficiales por menor velocidad del electrón libre, se originan otras radiaciones electromagnéticas de mayor longitud de onda: rayos ultravioleta, luminosos etc. (1).

Aquellos rayos que poseen la longitud de onda más corta tienen mayor frecuencia y más energía, por ello penetran la materia con mayor facilidad, pero al aumentar la densidad de la materia la energía de rayos X debe aumentar para penetrarla.

“Radiación dura” este término se aplica a los rayos X con longitudes de onda mas cortas y son estas las utilizadas en Medicina y Odontología. “Radiación suave” se aplica a los rayos X con longitud de onda más larga, y producen efectos nocivos debido a su poca energía e incapacidad para penetrar los tejidos bucales más densos, quedando en la superficie (4).

PROPIEDADES DE LOS RAYOS X

Las propiedades de los rayos X que han determinado su aplicación en Medicina, son las siguientes:

- 1) Efecto Luminiscente; (puede hacer que varias sustancias emitan luz) atacan las sales de plata (haluros) fundamento de la radiología. (Químicas)
- 2) Excitan la fluorescencia de determinadas sustancias, bases de la radioscopia. (Químicas)
- 3) Poder de penetración; pueden penetrar la materia. (Física)
- 4) Capacidad de ionizar átomos o moléculas. (Física)
- 5) Son invisibles, incolora, inodoras. (Física)
- 6) Longitud de onda muy corta atraviesan los cuerpos opacos. (Física)
- 7) Viajan a la velocidad de la luz 300,000 Km/Seg. (Física)

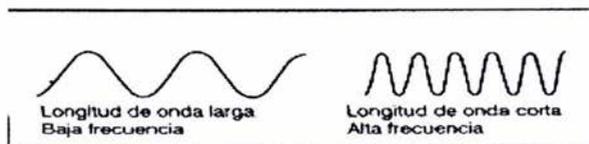


Imagen 6 Esquema de longitud de onda.

- 8) Efecto biológicos: producen cambios en los tejidos vivos. Su absorción por los medios biológicos se traduce en modificaciones celulares; irritabilidad, inhibición o destrucción, según la dosis; por lo cual se utiliza en la terapéutica médica o radioterapia, esto implica además la necesidad de su manejo controlado (5). (Biológicas)
- **Nivel molecular:** la radiación puede tener un efecto directo o indirecto, en el primero el fotón ioniza directamente a la molécula radiada, con el cambio molecular adverso; debido a la gran cantidad de moléculas en el agua, los fotones ionizan y producen una reacción del hidrógeno y radicales de hidroxilo libres (fotón+ agua- $H^{\circ}+OH^{\circ}$). El efecto indirecto es cuando los radicales libres reaccionan con otras moléculas, lo que ocasiona un cambio molecular; el DNA es el blanco crítico de la célula, pero también hay mecanismos capaces de reparar ciertos daños causados.

- **Nivel celular.** Es la pérdida de la función o daño o como la incapacidad de división mitótica ilimitada, la recuperación se presenta cuando la radiación se fracciona con periodos de descanso. Así que las células basales espermatógenas, eritoblásticas y de la cripta intestinal son susceptibles, a diferencia de las neuronas y células musculares que lo son en menor grado. También se pueden afectar la transferencia de energía lineal de la radiación empleada, la presencia de oxígeno que incrementa la sensibilidad celular y la presencia de protectores químicos que envuelven los radicales libres.(2)
- **Nivel hístico u orgánico:** los efectos tardíos de la radiación a los vasos sanguíneos traen como consecuencia un engrosamiento y obliteración de los mismos, y son alteraciones a largo plazo, incluyendo disminución de la resistencia a la infección y un incremento de la susceptibilidad al traumatismo.
- **Radiación de cuerpo completo:** No se dan dentro de la radiografía dental, pero pueden causar la muerte.
- **Efectos en el feto:** Es en extremo sensitivo por el gran numero de células basales y el alto nivel de actividad mitótica celular, la preimplantación es el periodo mas vulnerable y puede ocasionar daño prenatal, neonatal, y anomalías congénitas. En etapas tardías de crecimiento intrauterino el feto es más resistente. La radiología no es un peligro letal para el feto pero hay que proteger a la madre y posponer radiografías que no son urgentes.(6)
- **Mutaciones genéticas:** La radiación en tejido de reproducción puede generar mutaciones, las cuales van en detrimento de la salud física y mental, ya que sus efectos se localizan en genes recesivos no evidentes por mucho tiempo. El tejido reproductivo es sensible en los tres primeros meses de vida intrauterina, el número de mutaciones es proporcional a la dosis y los efectos son por lo general acumulativos y esto se puede evitar otorgando al paciente una adecuada protección durante la toma radiográfica.(6)
- **Carcinogenesis:** Las altas dosis de radiación pueden ser carcinogénicas. Esta información proviene de accidentes industriales y bombas atómicas aumentando la leucemia y el carcinoma tiroideo. En la odontología no se corre riesgo alguno por las bajas dosis, no comparadas con una explosión nuclear en la cual las dosis son sumamente altas.
- **Ojos:** Se da la formación de cataratas cuando la dosis del umbral es mayor,

dándose el efecto no estocástico.

- **Glándula tiroides:** Es sensible a la radiación, sobretodo en pacientes jóvenes. Las dosis bajas han reportado tumores.
- **Medula ósea:** Esta es de alto riesgo, pero solo 1% de medula roja activa esta en la mandíbula y la dosis para dañar la medula era de 3mSv en un examen bucal completo.(6)

Conceptos Fundamentales de Electricidad.

Para poder comprender el mecanismo mediante el cual se producen artificialmente los rayos X, es necesario recordar algunos conceptos fundamentales sobre electricidad.(4)

Electrón: Es la partícula elemental de la electricidad, Está rodeado constantemente por un campo eléctrico, y durante su desplazamiento (corriente eléctrica) adquiere momentáneamente otro campo magnético (4).

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

Campo eléctrico: Lo constituye el espacio (distancia) hasta donde se manifieste la tensión.(4)

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

Polos: Se denomina polo negativo (-) o cátodo al extremo o punto por el cual salen los electrones de un cuerpo y en contraposición, polo positivo (+) o ánodo al extremo o punto por el cual entran.(4)

El desplazamiento de los electrones (corriente eléctrica - rayos catódicos) (1) hacia el polo positivo o ánodo (+).

Corriente alterna: Cuando los polos de una fuente electrógena se mantienen invariables (sin cambiar de signo) durante su funcionamiento, la corriente resulta unidireccional o directa, como ocurre en las pilas; en cambio, cuando varían de signo, funcionando alternativamente los polos como negativo y positivo (como lo hacen los dínamos), la corriente también experimentará variaciones de sentido, denominándose alterna. En Radiología interesa principalmente la corriente alterna.(4)

Conductores: Según su comportamiento como transmisores de la corriente eléctrica. los cuerpos se clasifican prácticamente como buenos o malos conductores. Entre los buenos conductores figuran los metales. Y los malos conductores están los no metales como la porcelana, plástico, aceites, minerales, etc. Estos reciben también el nombre de aisladores.(4)

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

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

Fuerza electromotriz: A mayor fuerza de tensión entre dos conductores se producirá mayor velocidad de repulsión de electrones, esta energía cinética se denomina fuerza electromotriz y se mide, como la tensión en voltios (V).(3)

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

En radiología se usa el Kilovoltio (KV), que representa mil voltios. Los tubos radiográficos dentales funcionan con diferencia entre 45 y 100 KV.

Intensidad - Amperaje: La cantidad de electrones que se desplazan por sección de un conductor, durante un segundo, constituye la intensidad o amperaje de una corriente. La intensidad se mide en amperios (A) en radiología se utiliza el miliamperio (mA).(4)

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

Resistencia: Es la mayor o menor oposición que ofrece un conductor al desplazamiento de los electrones, o sea, a la corriente eléctrica. La resistencia se mide en Ohms.

Variación de resistencia: La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su longitud e inversamente proporcional a su sección:

$$R=L/S$$

La resistencia varía también de acuerdo con la naturaleza del conductor; esto se llama resistencia específica. El filamento de los tubos radiógenos se fabrica de tungsteno, por la gran resistencia específica y el alto punto de fusión de este elemento (aproximadamente 3,000° C).

Potencia: La potencia de una corriente (trabajo eléctrico por tiempo) corresponde al producto del voltaje por el amperaje. El producto de $IV \times 1^a$ constituye el vatio o watt que es la unidad de potencia.(4)

Ley de Ohm: Los tres factores que intervienen en la corriente eléctrica: intensidad, fuerza electromotriz y resistencia, se encuentran íntimamente relacionados en la Ley de Ohm, que se enuncia de la siguiente forma; "la intensidad es directamente proporcional a la fuerza electromotriz e inversamente proporcional a la resistencia.(4)

$$I= E/R$$

Efecto Joule: Al pasar por un conductor una corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor (calentadores, estufas, etc.). Este fenómeno se conoce como efecto joule. La cantidad de calor que se produce por efecto Joule resulta directamente proporcional a la intensidad al cuadrado, a la resistencia, al tiempo y a un factor constante. Esto es de acuerdo con la fórmula(4)

$$\text{Calor} = I^2 \cdot R \cdot t \cdot K.$$

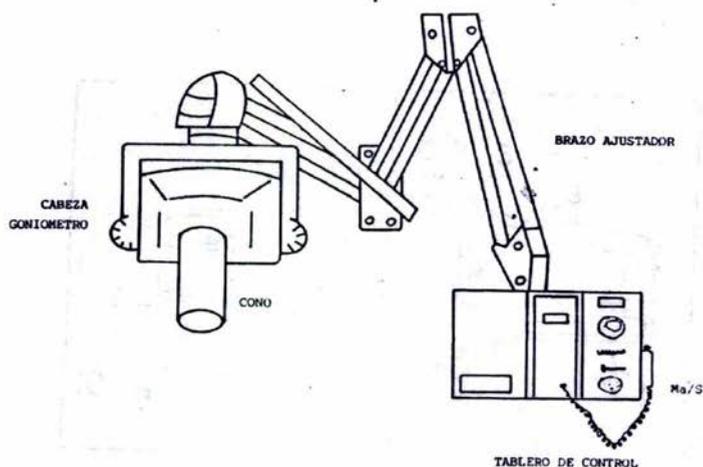
Efecto Edison- Richardson: Cuando por efecto Joule se lleva a la incandescencia un conductor en el vacío.

APARATO DE RAYOS X.

El aparato de rayos X está compuesto por un transformador de aumento y disminución, un autotransformador, un tubo de rayos X, un reóstato, un voltímetro, un miliamperímetro y un cronometrador (Fig. 1).



Imagen 7 Aparato de rayos x control, mampara de protección y cabeza del aparato



APARATO DE RAYOS "X"

Figura 1 Aparato de rayos x.

Tubo de rayos X: El tubo de rayos X utilizando en los aparatos odontológicos es un tubo de Colidge o de filamento caliente (Fig. 2). Consiste en

un ánodo y un cátodo encerrados en un tubo de vidrio con un elevado grado de vacío. Algunas veces el vidrio es delgado por donde los rayos X salen del tubo. El cátodo o electrodo negativo consiste en una taza de enfoque de tungsteno en el cual está fijo un filamento de tungsteno semejante al de una bombilla eléctrica corriente. El ánodo o electrodo positivo consta de un delgado botón de tungsteno introducido en un tallo de cobre, cuyo otro extremo se halla fijado a un radiador o algún otro sistema de refrigeración, como un vano de aceite alrededor de un tubo de vidrio.

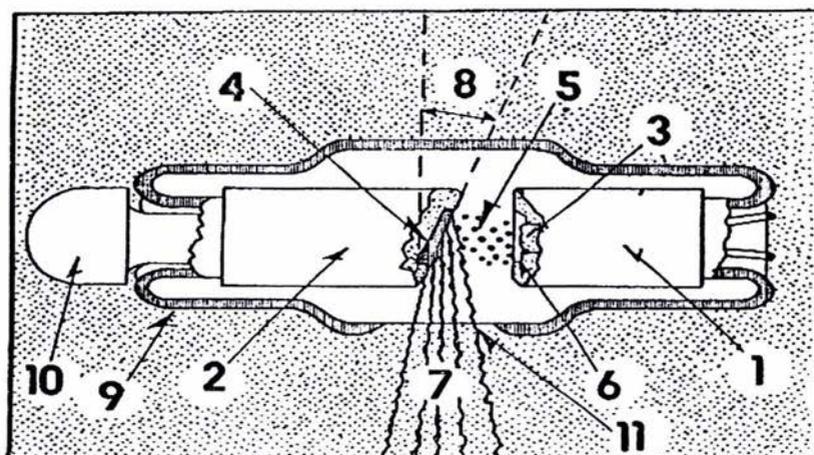


FIG. 2
DIAGRAMA DEL TUBO DE COLIDGE

1) CATODO; 2) ANODO; 3) FILAMENTO; 4) BLOQUE DE TUNGSTENO; 5) RAYOS CATÓDICOS (ELECTRONES); 6) COPA FOCALIZADORA; 7) HAZ DE RAYOS; 8) ANGULO DE INCLINACION DEL ANTICATODO; 9) VIDRIO DE LA AMPOLLA; 10) RADIADOR TERMICO (REFRIGERACION DEL ANTICATODO); 11) VENTANA DE EMISION.

El tubo de rayos X está provisto de dos circuitos eléctricos, el circuito ánodo - cátodo y el circuito del filamento. Los aparatos odontológicos de rayos X deben funcionar a un voltaje determinado; las fluctuaciones en el voltaje de la línea deben poder ser controladas. Estas fluctuaciones se pueden controlar por un autotransformador utilizando como compensador de línea o como un seleccionador de kilovoltaje cumbre combinado con un voltímetro en posición adecuada. El circuito del filamento del tubo de rayos X requiere de un voltaje bajo y por ello se utiliza en este circuito un transformador de disminución. Es también necesario controlar el calentamiento de este filamento por la corriente eléctrica; se coloca un reóstato o una bobina de choque en este circuito que es dirigido mediante el botón para ajustar los miliamperios en el cuadro de mandos del aparato.

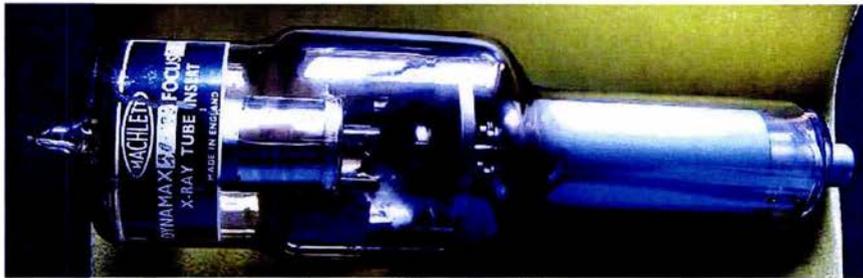


Imagen 8 Tubo de colidge.

El transformador de aumento se utiliza para producir potenciales de hasta 100,000 voltios entre el cátodo y el ánodo del tubo de rayos X, este potencial puede ser modificado cambiando el voltaje. Se obtiene un cambio de voltaje conectando el circuito de entrada a un número variable de bobinas en el auto-transformador. El voltímetro calibrado en KV para registrar el potencial a través del tubo de rayos X mide realmente el voltaje de la corriente de entrada del transformador de aumento. Esta calibración es posible ya que el factor por el cual el transformador de aumento eleva el voltaje de la corriente eléctrica no varía. El miliamperímetro mide la cantidad de corriente que fluye por el circuito de alta tensión o por el tubo de rayos X. Su posición en este circuito indica que siempre que este instrumento de medida registre un flujo de corriente se está produciendo una radiación X. El transformador de aumento se encuentra localizado en la cabeza del aparato.

Cronometrador: El cronometrador activa la corriente de alta tensión que cruza al tubo de rayos X. En algunos aparatos el circuito del filamento es activado y el filamento es calentado completamente cuando se conecta con la corriente de la instalación. En otros aparatos el filamento es parcialmente activado por la corriente de la instalación, pero su temperatura es mínima. Existe activación completa del filamento cuando se aprieta el botón del cronometrador. En este último caso hay un ligero intervalo de tiempo entre el momento de apretar el botón del cronometrador y la activación de la corriente de alta tensión. Existen numerosos tipos de cronometradores que operan sobre una base mecánica, eléctrica y electrónica. Su exactitud varía entre 1/4 hasta 1/30 de segundo. Aunque la precisión es muy importante, lo principal va a ser la estabilidad. Los tiempos de exposición capaces de producir una densidad satisfactoria de la película pueden seleccionarse por medio de cronometrador estable (1).

Funcionamiento del tubo de rayos X: El filamento del cátodo se calienta y emite electrones en relación con su temperatura. La corriente eléctrica para el filamento se obtiene por un transformador de bajo voltaje. El cátodo está diseñado y situado dentro del tubo de modo que los electrones sean emitidos en dirección al blanco,

de esa manera se forma el punto focal en el blanco del ánodo.

Cuando se alimentan los polos del tubo de rayos X con un gran voltaje, los electrones fluyen al ánodo a través del espacio y se aproximan con mucha fuerza contra el punto focal. Al producirse el enfriamiento de estos electrones surgen los rayos X (6).

Cuando más alta es la diferencia de voltaje entre el ánodo y el cátodo mayor será la velocidad de los electrones, cuando mayor sea esta velocidad, tanto mayor será la energía convertida en rayos X, por cada electrón incidente en el ánodo habrá mayor energía de rayos generada. Esta energía se expresa por la longitud de onda de los rayos X y en consecuencia por su poder de penetración.

A mayor Kilovoltaje corresponde:

- 1.- Electrones más rápidos.
- 2.- Mayor energía de rayos.
- 3.- Menor longitud de onda.
- 4.- Mayor poder de penetración.
- 5.- Rayos más duros, de mayor energía.

A menor Kilovoltaje corresponde:

- 1.- Electrones más lentos.
- 2.- Menor energía de rayos X.
- 3.- Mayor longitud de onda.
- 4.- Menor poder de penetración.
- 5.- Rayos X más blandos, cuantos de menor energía (5).

De la energía que se produce por el frenado de los electrones en el ánodo, solo una fracción es emitida en forma de rayos X, el resto y mayor parte de la energía se pierde en el calentamiento del blanco. Para que este calor no funda el metal y no dañe al tubo, se enfría el punto focal respaldando el blanco con un metal que sea buen conductor del calor como el cobre y se extiende este metal fuera del tubo a un radiador apropiado. En los tubos modernos se usa el aceite y en otros el ánodo es giratorio, para dispersar el calor, en la actualidad se utiliza helio como enfriador del tubo de rayos x ya que tiene ventajas como enfriamiento mucho mas rápido y parejo así como lo liviano que es por ser un gas.

Los rayos X son creados en el punto focal del ánodo y viajan en todas direcciones. Los rayos X utilizados son los que se separan del ánodo en un haz cuya dirección forma ángulos rectos con la corriente de electrones entre el cátodo y el ánodo y en dirección hacia donde se mira la diana de tungsteno. Este

denso haz de rayos X atraviesa la pared de vidrio del tubo de rayos X. Algunos tubos tienen un área adelgazada o ventana en el vidrio a través del cual emergen estos rayos. Se coloca esta ventana en el tubo por el vidrio absorbe los rayos X y no permite ninguna transmisión de fotones de este rayo. Además de este haz útil, el punto focal también produce rayos X que viajan en todas direcciones. Estos se confinan en la cabeza del aparato encerrando el tubo de rayos X dentro de una envoltura plúmbica. Los rayos X útiles, creados en el punto focal, emergen en forma de un cono de radiación. Los fotones que viajan en el mismo centro de este cono de radiación reciben el nombre de rayo central. Este se utiliza para fijar o localizar la posición del haz de rayos X (4).

Como se ha visto el punto focal es el área del blanco que es bombardeada por los electrones que emite el cátodo. La forma y el tamaño de la copa en combinación con el filamento, determinan la amplitud y forma del punto focal; este puede ser pequeño, mediano o grande. En los aparatos dentales el punto focal es pequeño.

Generalmente la forma del punto focal es rectangular; la longitud es tres veces mayor que el ancho. Su tamaño útil es pequeño en comparación con su tamaño efectivo.

El tamaño del punto focal es muy importante sobre la calidad de la imagen radiográfica, cuanto más reducido es éste punto, mejor será el detalle de la imagen, pero un punto grande tolera más calentamiento que uno pequeño.

El tubo del ánodo giratorio fue desarrollado para aumentar la capacidad del ánodo a resistir el calor. El ánodo gira sobre un eje en el centro del tubo; el filamento está de tal modo situado que el haz de electrones es dirigido contra el área biselada de un disco de tungsteno. La posición del punto focal se mantiene fija en el espacio mientras el ánodo circular gira durante la exposición, en esta forma proporciona siempre una superficie fresca en el blanco para recibir la corriente de electrones (6).

Los rayos X, lo mismo que la luz viajan en líneas rectas. La ley del cuadrado de las distancias está basada en este hecho. Esta ley indica que la intensidad de la radiación es inversamente proporcional a los cuadrados de las distancias medias entre la fuente de radiación y los puntos de medida de la intensidad de la radiación.

La fórmula de esta ley es:

$$I_2 = \frac{(D1)^2}{(D2)^2}$$

Donde "I" es la intensidad y "D" la distancia. Si se imagina que la intensidad es el número de fotones por unidad de área, se podrá ver en el siguiente esquema como la intensidad de rayos X está relacionada con la distancia en el haz de los rayos X (1) (Fig. 3).

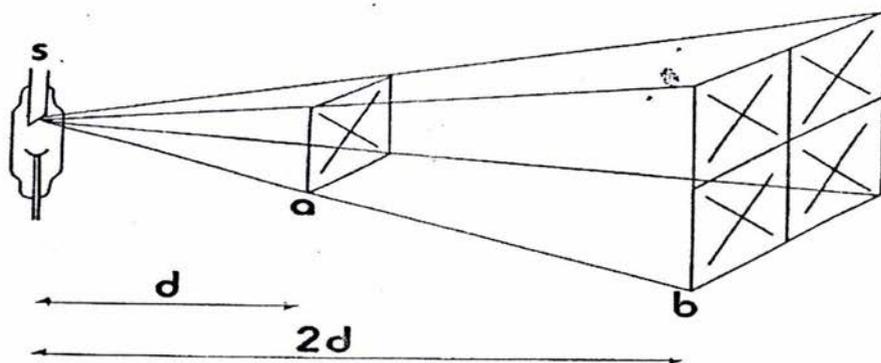


FIG. 3

EL ESQUEMA MUESTRA LA RELACION EXISTENTE ENTRE DISTANCIA Y AREA ABARCADA POR LOS RX QUE EMANAN DE UN TUBO. LOS FOTONES QUE EMERGEN DEL TUBO VIAJAN EN LINEAS RECTAS - QUE SON DIVERGENTES ENTRE SI. LAS AREAS ABARCADAS POR LOS FOTONES EN DOS PUNTOS - CUALESQUIERA SON PROPORCIONALES ENTRE SI COMO LOS CUADRADOS DE LAS DISTANCIAS MEDIDAS DESDE ESTOS PUNTOS HASTA LA FUENTE DE RADIACION.

Espectro de rayos X: El haz de rayos X consta de millones de rayos individuales o fotones. No todos estos fotones tienen la misma longitud de onda o energía, sino que varían considerablemente en este factor. Una de las causas es que el potencial en el tubo cambia constantemente al variar el voltaje de la corriente alterna. Otra causa es que los electrones, cuando llegan a la diana, no liberan toda su energía cinética de una forma idéntica; pueden liberar completamente su energía por medio de un impacto único o de forma escalonada en los choques tangenciales con los átomos de tungsteno. La longitud de onda mínima de fotones (energía máxima de fotones) obtenible en cualquier potencial entre el ánodo y el cátodo puede ser calculada mediante una sencilla fórmula:

$\frac{12,35}{\lambda} = \text{Longitud de onda mínima, de } K_{\alpha} \text{ fotones en angstroms}$

El haz de rayos X utilizados en Odontología no es una corriente continua de radiación, si no que procede del tubo en forma de pulsaciones cuya frecuencia depende del número de ciclos por segundo (o frecuencia) de la corriente eléctrica alterna. Por ejemplo si una corriente alterna

de 60 ciclos activa el tubo, éste último emitirá 60 pulsaciones de rayo X por segundo. Se producen pulsaciones por que el tubo solamente puede trabajar cuando la corriente eléctrica está viajando desde el cátodo al ánodo. Cuando la corriente alterna cambia de dirección no puede viajar por el tubo ya que no hay electrones en el ánodo para trasladarla hacia el cátodo; así que el viaje de la corriente en esta dirección se encuentra bloqueado. Esta unidirección o dirección en un solo sentido de la corriente alterna recibe el nombre de rectificación. Dado que la rectificación la efectúa el mismo tubo de rayos X sin ayuda de otros tubos o de aparatos de rectificación, se dice que el tubo de rayos X odontológico está auto rectificado.

La producción de rayos X en pulsaciones se puede utilizar para controlar el mecanismo cronometrador del aparato en sus valores de ajuste más bajos (1/30 a 1 segundo). Se utiliza un trompo rotatorio para conectar el número de pulsaciones de rayos X emitidos por el aparato en un intervalo determinado de tiempo. Un trompo rotatorio es un disco de metal pesado con un asta en el centro sobre el cual gira el disco. Hay una escotadura en el borde del disco o un agujero que lo atraviesa cerca de la periferia. Este aparato es girado lentamente sobre la superficie de una placa grande y se obtiene una exposición de rayos X mientras está dando vueltas. La imagen de la escotadura o agujero aparecerá para cada pulsación de rayos en una posición diferente sobre la placa.

Filtración: Los rayos X utilizados en Odontología deben poder penetrar los tejidos dentales. Las longitudes de onda más larga no tienen ninguna utilidad en la radiología diagnóstica y son más o menos separadas del haz de rayos X al hacer pasar el haz a través de discos de aluminio (Filtros). Estos discos pueden ser incluidos en el aparato por el fabricante o ser añadidos por el Odontólogo. Cualquier material que sea atravesado por el haz de rayos X tiene un efecto filtrante sobre el haz. El vidrio del tubo de rayos X, el aceite que rodea el tubo, y cualquier cono puntiagudo de plástico y fijado a la cabeza del aparato producen alguna filtración del haz. Generalmente se define el efecto filtrante de estos materiales por su equivalencia al efecto filtrante de un grosor específico de aluminio. El efecto filtrante total de los materiales que el operador no puede normalmente separar se llama filtración inherente o propia; la suma de todas las filtraciones adicionadas es llamada filtración adicional, por lo tanto la suma de estas filtraciones nos va a dar la filtración total.

Después de una filtración adecuada el haz consta principalmente de fotones capaces de penetrar a través de tejidos blandos, hueso y dientes para llegar a la placa. Se dice que un haz con este grado de filtración está endurecido o que consta de rayos más duros o penetrantes (1).

Colimación. El haz es formado o colimado en un cono de

radiación del tamaño deseado por medio de un diafragma de plomo. El diafragma es un disco de plomo con un agujero en su centro que permite el paso de los rayos X. El plomo tiene un espesor de 1.5 mm o más que absorberá efectivamente todos los rayos del haz excepto los que pasen por la abertura. El haz también puede ser colimado permitiéndole entrar en un cilindro o cono de metal y dejando que emerja por el otro extremo del cilindro solamente la porción necesaria. El tamaño recomendado para el haz destinado a la radiografía intraoral es uno que tenga un diámetro de no más de 7 centímetros en el piel del paciente. Algunos operadores prefieren una columna de rayos X de forma rectangular en lugar de una columna circular o cono de radiación. La colimación rectangular utilizada adecuadamente, reduce el tiempo de exposición del paciente mucho más que un haz circular de 6.98 centímetros de diámetro. La forma del haz es controlada por la forma del agujero del diafragma o la forma del colimador metálico (1).



Imagen 9 Diferentes conos, cono largo, cono corto, cono con forma definida.

Tipos de tubos de filamento en aparatos dentales: El tubo radiador dental tiene cerca de cuatro pulgadas de diámetro, con el ánodo y el cátodo en el ángulo recto uno respecto a otro. Un número de placas de cobre adheridas al ánodo exterior del tubo, sirven para enfriar el tubo.

El tubo de filamento central D.C.X. Tiene dos pulgadas menos de diámetro, el ánodo y el cátodo están en el mismo plano, el calor de radiación disminuye por la inmersión del tubo en aceite.

Los tubos o cápsulas de cristal van instalados adecuadamente en el aparato de rayos X junto con los transformadores de alta y baja tensión y los comandos para hacer la exposición.

Aditamentos para el aparato de rayos X: Diafragmas de plomo como antes se mencionó se usan para lograr que el haz de rayos X producido sea lo más pequeño posible, esté en relación con el campo por radiografiar, y evite radiaciones innecesarias en odontología.

Filtros de aluminio: Se emplean para filtrar las radiaciones no útiles, dan a la radiografía mayor nitidez, por que se emplean solamente los rayos útiles para la toma de radiografías.

Cono corto de baquelita: Sirve de indicador de distancia y dirección del rayo central, se usa para radiografías intraorales; da una distancia del punto focal al objetivo de 17 a 20 centímetros.

Cono largo: Se usa para radiografías extraorales donde se emplee una distancia mayor a 40 centímetros entre el foco y el objetivo. Esta construido con guía de plástico. Tiene la ventaja de enfocar muy bien el haz de radiación. Actualmente también se utiliza en la toma de radiografías intraorales.



Imagen 10 Cono largo, cono corto en punta, cono corto con forma de periapical.

Factores esenciales en la toma de RX: de estos va a depender los resultados obtenidos con un aparato de rayos X. Estos factores son:

- 1) Distancia.
- 2) Tiempo de exposición.
- 3) Miliamperaje.
- 4) Kilovoltaje.

1) Distancia: Es la separación que media entre el punto focal del tubo de rayos X y la película, se mide en centímetros. En Odontología la distancia varía entre 17 y 40 centímetros. A mayor distancia mayor tiempo de exposición, pero se obtiene un mejor detalle. Así que la dosis al paciente se reduce aumentando la distancia foco piel, debe emplearse una película más rápida o un mayor kilovoltaje aplicado al tubo.

2) Tiempo: Es la duración de exposición radiográfica que se mide en segundos o fracciones de segundo. Esto está sujeto al tipo de película, kilovoltaje y miliamperaje.

3) Miliamperaje: El número de electrones por segundo en la corriente de un tubo se mide en miliamperios. Miliamperaje es el número de miliamperios usados durante una exposición. La temperatura del filamento del cátodo regula el número de electrones. La cantidad de rayos X producidos depende del número de electrones. A mayor miliamperaje mayor tiempo de exposición y viceversa. En Odontología el miliamperaje varía de 10 a 15 miliamperios por segundo.

4) Kilovoltaje: Regula la velocidad de los electrones del cátodo, a mayor kilovoltaje mayor penetración y potencia de los rayos X permitiendo reducir el tiempo de exposición. En Odontología el kilovoltaje usado es de 45 a 100 o de 60 a 90 kilovoltios. El kilovoltaje siempre va a ser fijo en un aparato, lo que en algunos aparatos se puede modificar es el miliamperaje (10).

El voltaje de entrada del equipo de rayos X debe ser siempre igual a 110 voltios para evitar variaciones.

Para la exposición de los rayos X debe tenerse en cuenta el grado de sensibilidad de la película; mientras más sensible necesitará menor radiación. Según la sensibilidad hay tres tipos de películas; extra rápida, rápida y mediana. La sensibilidad va a depender del tamaño del grano de las sales de plata y se puede definir como la mayor o menor susceptibilidad de la emisión a ser transformada por la radiación (9).

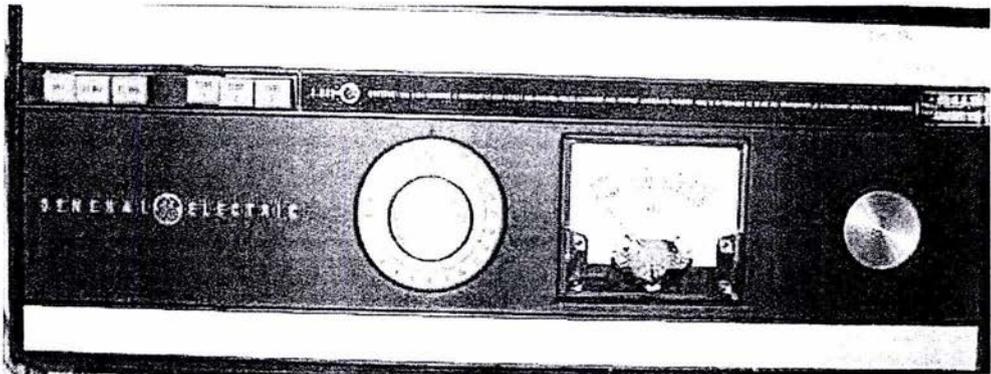


Imagen 11 Tablero de control de rayos x

TIPOS DE RADIACIONES.

Los rayos X al producirse y salir por el punto focal emiten tres clases de radiaciones:

Radiación Primaria: Viene directamente del blanco del tubo de rayos X. De esta radiación la mayor parte es absorbida en la envoltura del tubo, la otra parte pasa a través del cono u otro colimador; el haz útil.

Radiación secundaria: Es la radiación emitida por cualquier materia que ha sido irradiada por rayos X. La cara del paciente que recibe la radiación del rayo primario se convierte en la fuente más potente de radiación secundaria, sin embargo, el aire, el equipo dental o cualquier otro objeto que se interponga al haz útil durante la exposición produce radiación secundaria. Sin embargo, el aire, el equipo dental o cualquier otro objeto que se interponga al haz útil durante la exposición produce radiación secundaria, la cual se propaga en todas direcciones.

Radiación dispersa o de escape: Resulta fuera del punto focal y de la dirección principal de los rayos X, aunque emerge de forma anárquica (19). La radiación por escape, en los aparatos modernos es de poca consideración, pero puede llegar a ser importante cuando existen fallas en el blindaje de las cabezas (Fig. 4).

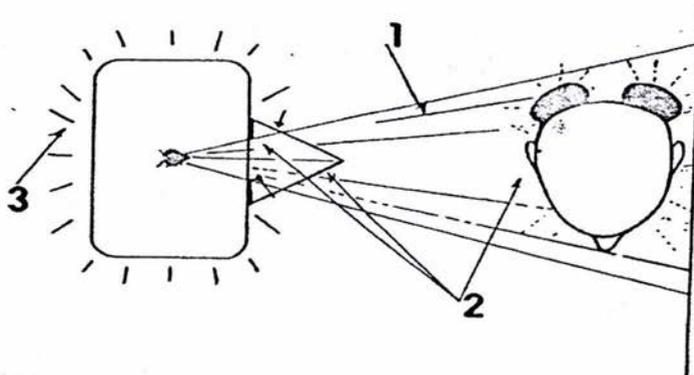


FIG. 4

RADIACIONES IONIZANTES X. 1) PRIMARIA EN UNA DIRECCION DETERMINADA; (R.C.) A TRAVES DE LA VENTANA DE EMISION: CONTROLADA POR FILTRO Y DIAFRAGMA. - - 2) SECUNDARIA EN TODAS DIRECCIONES. DESDE: FILTRO, COLIMADOR CONICO DE PLASTICO, CABEZA DEL PACIENTE, ETC.; 3) POR ESCAPE EN TODAS DIRECCIONES. A TRAVES DEL BLINDAJE DE LA CABEZA DEL APARATO DE RAYOS, PARTICULARMENTE EN LA PERIFERIA DEL DIAFRAGMA.

Figura 4 Esquema de las diferentes direcciones de las radiaciones.

Es bueno señalar que la radiación secundaria y dispersa o por escape, son biológica y técnicamente perjudiciales. Por lo tanto cualquier aparato que se utilice al tomar una radiografía, el paciente necesariamente recibirá y absorberá una cantidad determinada de rayos. En cuanto al Odontólogo y personal auxiliar, también recibirán cantidades peligrosas si permanecen en el paso del haz primario, y también recibirán cantidades no despreciables cuando no están protegidos por las radiaciones secundarias y de escape.

MEDICIÓN DE LA RADIACIÓN.

La cuantificación de las radiaciones en la célula ha sido definida de la siguiente forma:

Roentgen (r); es la unidad de exposición a la radiación, ésta representa la suma de radiación producida por la ionización en un volumen específico de aire, En 1937 el Comité Internacional de Unidades Radiológicas la designó como 0.001293 g, de aire asociado a la emisión corpuscular. La masa específica de 0.0012293, es la masa de un centímetro cúbico de aire de atmósfera seca a cero grados centígrados y 760 mm de mercurio de presión.

Miliroentgen (mr); es la milésima parte de un roentgen.

Rad; es la unidad de dosis absorbida, es decir, la energía absorbida por el tejido. Un rad equivale a 100 ergios/g. Con rayos X un roentgen produce aproximadamente un rad sobre los tejidos blandos.

Rem: es la unidad de radiación absorbida en la que se toma en cuenta la diferente efectividad biológica relativa de los distintos tipos de radiación, por ejemplo los rayos alfa. Un rem equivale a un rad, y puede considerarse como un "rad - equivalente - hombre" (10).

Sievert (Sv); en la actualidad se usa el sievert como la unidad que toma en cuenta la calidad de radiación, la rapidez de la dosis y el fraccionamiento con el cual se administró la dosis. Se utiliza para fines de protección radiológica, aunque no es una unidad del Sistema Internacional de Unidades de Medida (24, 25, 26).

El sievert equivale a:

$$1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$$
$$1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

Transferencia: (TEL) transferencia de energía lineal, es la otorgada por la unidad de longitud (micrón) en la trayectoria de cualquier partícula ionizada en tejido. La más alta TEL es la de mayor efecto.

Tiempo; Los efectos de la radiación sobre el cuerpo son mayores generalmente cuando dosis altas se dan en períodos largos y menores cuando se dan por mucho tiempo (10).

MÉTODOS PARA MEDIR LA RADIACIÓN.

1. **Porta-películas de seguridad:** Se coloca una película intrabucal en el porta películas y después de seleccionar el tiempo, la película se procesa y su densidad se compara con un patrón. Su desventaja es la falta de precisión.



Imagen 12 Porta películas con película periapical.

2. **Cámaras de ionización:** Son cámaras de aire que contienen electrodos cargados, con capacidad de atraer iones producidos por la radiación. La descarga parcial entre los electrones sirve como medida de exposición a la radiación. Las cámaras de dedal son dosímetros de bolsillo y sirven para medir la exposición por poco tiempo a la radiación.
3. **Dosímetros termoluminiscentes:** Al radiar los cristales los electrones producidos por la ionización son atrapados en ellos, ya que el cristal atrapa, recolecta y almacena energía de la exposición. Cuando se calienta, la luz emitida se interpreta como la dosis de radiación absorbida; el cristal de litio fluorado se usa porque absorbe la radiación casi de la misma forma que el tejido blando (o equivalente). Estos dosímetros se utilizan para medir la acumulación de dosis absorbida de bajos grados de radiación por largos periodos de tiempo.

EFFECTOS NOCIVOS DE LOS RAYOS X SOBRE LOS TEJIDOS. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

Sabemos que la radiación es básicamente peligrosa y que cualquiera que reciba esta radiación en los tejidos, como el exponerse a películas dentales, debe de estar consciente de los peligros que ésta implica. La radiación de un célula, viva siempre altera a la célula en alguna forma. La célula puede dañarse ligeramente, interrumpiendo temporalmente la actividad normal; puede dañarse permanentemente, o bien puede morir como resultado de la exposición. La cantidad y calidad de la radiación, que recibe la célula y el tipo de célula radiada determina el resultado final (4).

Son múltiples los ejemplos sobre lesiones por radiación que la historia nos señala. Edison figura entre los primeros investigadores que observaron el efecto nocivo de los rayos X, publicando en mayo de 1896 en el "Century Magazine"; "Pronto observé que los rayos X habían causado efectos desastrosos en mi colaborador, señor Dally, pues se le cayó el pelo y se le formaron varias úlceras en la piel". Otra publicación es la referente al Dr. Kells: "A su debido tiempo, el Doctor Kells tuvo que pagar bien caro su trabajo como pionero en el desconocido mundo de los rayos X. En 1908, justo doce años después de haber iniciado sus experimentos, 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 fue amputar el dedo en su articulación con el fin de evitar la propagación del mal. El Dr. Kells concurrió a la Universidad John Hopkins, en Baltimore, para hacerse alrededor de treinta amputaciones. Sin embargo, Kells continuó practicando Odontología.

Inventó instrumentos con fijación accesoria para poderlos usar con lo que le quedaba de los dedos y el pulgar de la mano izquierda. Finalmente los cirujanos de esta universidad le comunicaron que había que amputarle la mano izquierda, pero era demasiado tarde para detener el resultado de las antiguas exposiciones a los rayos X, en la trigésimo quinta operación, en 1926, extirparon al Dr. Kells su brazo izquierdo hasta el hombro", de aquí la importancia de este trabajo. Por lo cual se revisarán los diferentes fenómenos que pueden llegar a producir los rayos X cuando no se tomen con los cuidados, conocimiento o medidas de protección necesarias (2). (Fig. 5).

Jorge Carranza de Cárcer .

55-63-36-95.

56-61-00-65.

Provo. de Pimentel # 8 Sn Angel. Chimalistac.

Comprometo Traer la tesis digital el 27 de Febrero.

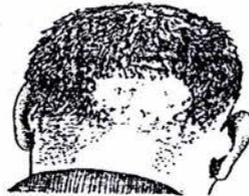
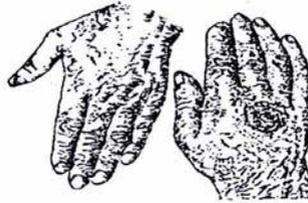


Figura 5 Lesiones producidas por radiaciones.

Los rayos X actúan sobre la unidad fundamental de tejido viviente causando efectos biológicos:

1) La célula: Antes de cualquier reacción a un estímulo, la energía de los rayos X pueden ser absorbida por la célula, siguiendo la ley de conservación de la energía. Las moléculas de la célula al recibir una radiación ionizante, se separan en (+) y (-) debiendo a esto que el átomo esta ionizado y si cambia su estructura producen cambios químicos:

- a) Calor.- Se traduce en cambios en las partículas.
- b) Catálisis.- La energía impartida a las células induce a cambios químicos los cuales normalmente no se llevan a cabo.
- c) Cambios de presión osmótica.
- d) Cambio en las cargas eléctricas de soluciones coloidales.

Estos cambios originan cambios morfológicos y funcionales.

1.- Cambios morfológicos en el núcleo.

a) Vacuolización.

b) Picnosis - Cromatina densa.

c) Fragmentación de cromosomas.

d) Karyorrhexis.- Fragmentación del material nuclear.

2.- Cambios morfológicos en el citoplasma.

a) Vacuolización del citoplasma.

b) Desintegración de la mitocondria y del aparato de golgi (19)

3.- Cambios funcionales.

Alteraciones en la motilidad, metabolismo, crecimiento y reproducción.

Ellinger señaló el orden de radioesensibilidad celular de la siguiente forma: (19).

1.- Linfocitos.

2.- Eritroblastos y granulocitos.

3.- Mieloblastos.

4.- Células epiteliales.

5.- Células endoteliales.

6.- Tejido conectivo.

7.- Hueso.

8.- Tejido nervioso.

9.- Músculo.

Independientemente del tipo de tejido, la célula es más sensible durante la mitosis, durante períodos de metabolismo aumentado y durante el estado embrionario o estados inmaduros. El resultado final de los efectos de los rayos X puede ser considerado como:

Reversible: Si la célula regresa a su estado pre-irradiación.

Condicional: Cuando el tejido está tan afectado que una segunda dosis similar o menor puede prevenir su regreso al estado pre-irradiación.

Irreversible: Cuando un cambio permanente o la completa destrucción ocurren.

Los daños de la radiación se pueden dividir en dos categorías:

a) Naturales: Como puede ser la radiación recibida por la exposición solar.

b) Las producidas por el hombre: Las cuales se subdividen en: somáticas y genéticas. Las somáticas, son las que ocurren y se hacen evidentes en la exposición individual dando como manifestaciones clínicas, depilación, eritema, dermatosis, numerosos cambios sanguíneos, atrofia, ulceración esterilidad, cáncer, leucemia, vida corta y muerte. Daños genéticos son los que causan fragmentación de los cromosomas y mutación de los genes de las células sexuales; la mutación genética con sus características de alteraciones hereditarias son pasadas a la progenie y manifiestan no solo en las siguientes generaciones (2, 10, 5).

DAÑO SOMÁTICO.(BIOLÓGICAS)

El daño a la exposición puede resultar de:

a) Gran cantidad de radiación a todo el cuerpo (exposición aguda).

b) Gran cantidad de radiación a limitadas áreas del cuerpo (exposición aguda y crónica).

c) Pequeñas cantidades de radiación a limitadas áreas del cuerpo (exposición aguda y crónica).

d) Pequeñas cantidades de radiación a todo el cuerpo (exposición crónica).

El término exposición aguda, significa rápida liberación de radiación, dosis liberadas en una sola dosis o en pocas dosis dentro de varios días o de dos o tres semanas, Exposición crónica, significa repetidas dosis dentro de un período largo de tiempo como varios meses o años.

a) Gran cantidad de radiación a todo el cuerpo (aguda): Explosiones atómicas o accidentes de energía nuclear son los más probables para producir este tipo de daño. Con grandes cantidades de radiación, los siguientes efectos pueden ser esperados:

250 - 500 mr.- Posibles cambios en células sanguíneas, no es sería.

500 - 1000 mr.- Cambios en la células sanguíneas, no hay inestabilidad.

4500 - ó más mr.- El daño es mayor.

b) Grandes cantidades de radiación a limitadas áreas del cuerpo (aguda y crónica). Este es el tipo de dosis administrada terapéuticamente en tumores malignos, 2000 a 6000 mr son liberados en espacio de 3 a 14 días en cada tratamiento, resultando una aguda reacción reversible, muerte de las células radiadas con regeneración de las células contiguas o vecinas no dañadas. Dosis terapéutica de 50 000 mr sobre áreas limitadas las cuales producen reacciones locales severas pero pequeñas, si cualquier efecto nocivo general dependiera del tejido irradiado. Exposición aguda de 2000 a 5000 mr a las gónadas causa esterilidad temporal, depilación y depresión de células formadoras de sangre dentro de la médula ósea.

Implicaciones Dentales: Para que éstas se presenten es necesario tomar muchas radiografías dentales, las que podrían producir un eritema en la piel de la cara de los pacientes. Sin embargo en tratamientos de endodoncia, fracturas, etc., donde numerosas radiografías son necesarias en un período corto de tiempo el Odontólogo debe de conocer sus limitaciones.

AUNQUE HASTA LA FECHA NO SE SABE A CIENCIA CIERTA CUAL ES EL NUMERO EXACTO DE RADIOGRAFÍAS EN EL CUAL SE CORRA UN PELIGRO DE LESIÓN POR RADIOGRAFÍA DENTAL.

Las reacciones de la piel varían de un individuo a otro siguiendo la curva de sensibilidad de una quemadura del sol. Esto es generalmente considerando que 250 mr es el umbral de dosis eritema, la dosis que podría producir enrojecimiento de la piel en la mayoría de las personas sensibles. Con 500 mr se observa la dosis normal o promedio de eritema, la cual produce enrojecimiento en la mayoría de las personas. 750 mr es la dosis máxima de eritema, provocando eritema incluso en las personas más radioresistentes. Por seguridad la exposición dental esta limitada a un medio del umbral de la dosis eritema. El número de exposiciones permisibles en un período de dos semanas puede ser calculado de la siguiente forma; considerando que los filtros y colimadores de un aparato de rayos X dental liberan 1 mr/seg., usando 10 ma de corriente en el tubo y a 8 pulgadas de distancia del objeto. Si se requieren 125 segundos de exposición para alcanzar la mitad del umbral de dosis eritema en una determinada área (a 16 pulgadas esto sería 500 segundos, que es el cuadrado inverso de la Ley aplicada). Pero desde que no todas las máquinas son operadas a 10 ma el factor más flexible para utilizar es el conocido como MAS, así que la exposición límite a la cara de un paciente es de 1250 MAS o 1200 MAS en superficies circulares. Esto puede dividirse además en tercios de tal forma que el límite permisible para el lado derecho, frente e izquierdo de la cara en un período de dos semanas es de 400 MAS.



Imagen 13 Eritema facial.

El cuerpo no debería recibir más radiografías por un período de dos o más meses. Por ejemplo un incisivo superior recibe tratamiento endodóntico a 10 ma, 2 segundos por radiografía ¿cuántas radiografías pueden ser tomadas en un período de 2 semanas? $10 \text{ ma} \times 2 \text{ segundos} = 20 \text{ MAS}$ por exposición. $400/20 = 20$ radiografías. Dosis terapéuticas de radiación predisponen a otros peligros somáticos que conciernen al dentista como la osteoradionecrosis (19).

OSTEORADIONECCROSIS.

Esta condición es una complicación frecuente en el tratamiento del cáncer de la cavidad oral por radiación, es a menudo tan rápida en su ataque y tan seria en su morbilidad y mortalidad que es de gran responsabilidad para el Odontólogo reconocer su ligerísima aparición.

Dosis de radiación terapéutica o dosis terapéutica en masa a un área facial producen inflamación del periostio y de la capa endotelial de los vasos sanguíneos, resultando una disminución en el abastecimiento sanguíneo y necrosis del hueso fundamental, por ser altamente vulnerable esta estructura a la radiación.

El periostio en condiciones normales está unido firmemente al hueso, en el organismo adulto no tiene función osteogénica, pero si se fractura, las potencialidades osteoformadoras se activan y en capa más profunda del periostio reaparecen los osteoblastos.

Después de una dosis terapéutica bastante grande, el periostio se inflama y se separa rápidamente del hueso, en un examen histológico muestra la superficie interna del periostio como una capa gruesa hialina sin células y sin osteoblastos. Esto explica la falta de regeneración del hueso después del secuestro o resección subperiosteal de la mandíbula.

Las posibilidades para el desarrollo de la osteoradionecrosis es mayor en pacientes que pasan de media vida y cuando la osteoporosis y la aparición de arterioesclerosis de las estructuras vasculares del hueso no sean esperadas, cuando antes del tratamiento existe una condición intraoral deplorable, por negligencia de las medidas de higiene ordinarias. Los pacientes no tienen un buen cuidado de su boca durante las reacciones dolorosas de irradiación; por que la irradiación produce una estomatitis, más tarde reduce el abastecimiento sanguíneo del periostio y hueso, decrece la actividad celular del hueso y la resistencia a la infección.



Imagen 14 Osteoradionecrosis.



Imagen 15 Radiografía de osteoradionecrosis

Una condición dental pobre ya presente propicia, que organismos patógenos encuentren camino entre dientes móviles y el margen de la encía y así el hueso produce supuración aguda. La extracción de dientes después de una radiación intensa intraoral es un proceso peligroso por lo que es recomendable extraer los dientes afectados antes de dicho tratamiento. Cuando sea posible los dientes deberán ser extraídos 10 a 14 días antes de la aplicación de la terapia para permitir la cicatrización de los alvéolos.

Los dientes afectados serán extraídos, de otra manera presentan un peligro continuo para el paciente curado de cáncer; por que durante los años venideros estos dientes con su nutrimento sanguíneo disminuido desarrollan cavidades, se hacen suaves, se desmineralizan o se aflojan permitiendo así la introducción de la infección dentro de la desvitalizada mandíbula o maxilar.



Imagen 16 vista intra oral de osteoradionecrosis



Imagen 17 Vista lateral de paciente.

Traumas mecánicos o químicos tales como la aplicación de yodo a la cicatriz intraoral curada por irradiación ha sido causa de osteoradionecrosis fatal de mandíbula.

Tres factores etiológicos definitivos están incluidos en la producción de osteoradionecrosis: radiación, trauma seguido de una infección.

Mientras todos los desvitalizados dientes flojos y cariados deben de ser removidos antes de un tratamiento, debemos tener presente que otros dientes más tarde se desintegrarán debido a la falta de una adecuada suministración sanguínea, yendo a una supuración eventual en el hueso adyacente. La discreción científica del Odontólogo debe determinar la extracción de dichos dientes, como crea conveniente para bienestar del paciente en el presente y futuro. Es su responsabilidad el conocimiento completo de los cambios intraorales de la post - irradiación en el tejido blando y óseo. Es esencial cuando aparecen los subsecuentes problemas por aparatos protésicos, higiene dental deficiente y extracciones.

La introducción de bacterias dentro de este hueso necrótico causa una osteomielitis la cual a menudo resulta en secuestro masivo y prolongado acompañado por un dolor severo e interminable. Es imperativo que el Odontólogo no realice intervenciones quirúrgicas que puedan admitir bacterias orales al hueso irradiado. Deben pasar por lo menos 5 años para ejecutar la operación, esto evita no solo procesos cortantes, si no extracciones, inyecciones e irritaciones protésicas (19, 21, 22).

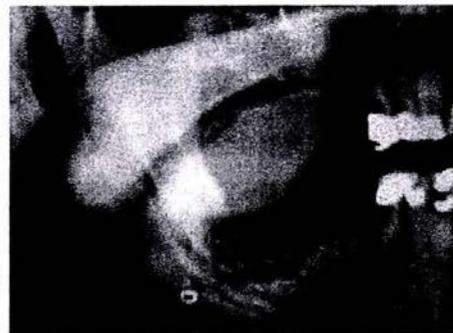


Imagen 18 Rx panorámica osteoradionecrosis. Imagen 19 Rx panorámica de osteoradionecrosis.

El Hospital Americano de Oncología, de Filadelfia, Castigliano, prefieren esperar de 18 a 24 meses antes de colocar dentaduras sobre las mandíbulas irradiadas.

Es responsabilidad del Odontólogo preguntar a cada nuevo paciente acerca de previas exposiciones a rayos X o tratamientos con radio en las áreas de cabeza y cuello. Si el paciente tiene una historia de tal radiación, el Odontólogo consultará al radiólogo que aplicó el tratamiento y le pedirá informes de sitios de la dosis, razón del tratamiento y sus recomendaciones concernientes a procedimientos operatorios intraorales. El Odontólogo y el radiólogo deben formar un equipo estrecho para prevenir el desencadenamiento de osteoradionecrosis (10).

Cuando son aplicadas fuertes dosis de radiación a los maxilares durante el período de formación de los dientes, el germen dentario puede sufrir malformaciones o de plano ser destruido (15). Se han observado malformaciones dentarias en pacientes que han sido sujetos a tratamientos de hemangiomas con radio (16).

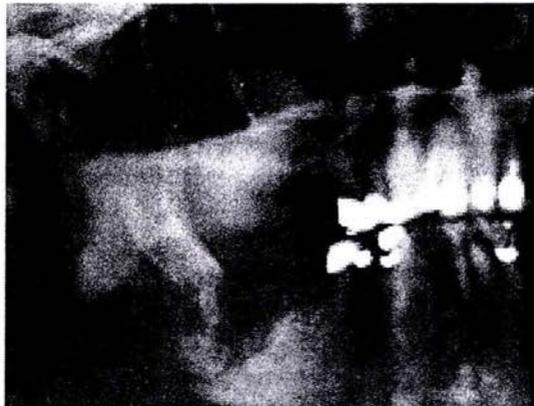


Imagen 20 destrucción ósea por osteoradionecrosis.

c) Pequeñas cantidades de radiación al cuerpo entero (exposición crónica): Es la clase de exposición que como parte del medio ambiente natural recibimos todos durante nuestra vida.

La exposición profesional es similar, pero en algunas regiones como las manos, pueden sufrir más exposición que el resto del cuerpo.

El operador de un aparato de rayos X dental encuentra este tipo de radiación como un peligro ocupacional. La cabeza del paciente esparce rayos secundarios en todas direcciones y puede bañar gran parte del cuerpo del operador.

El Comité Nacional de Protección a la Radiación establece los límites máximos de exposición permisible, para quienes reciben exposición profesional después de los 18 años de edad, y es de 0.3 r por semana y la dosis máxima permisible por año es de 5 rems (10).

d) Pequeñas cantidades de radiación a limitadas áreas del cuerpo (exposición aguda y crónica): Los efectos son prácticos no son críticos cuando son dadas pequeñas dosis, pero pueden presentarse cuando se repiten las exposiciones, o cuando son irradiadas áreas mayores o tejidos muy sensibles.

El principal peligro somático de este tipo de radiación en la práctica Odontológica se debe al descuido del odontólogo que sostiene las placas en la boca del paciente. Esto antes era excusable en los pioneros de la radiología por que no conocían bien los efectos nocivos de los rayos X, pero hoy en día es innecesario e inexcusable hacer esto.

Dermatitis por radiación es el peligro al que se somete el Odontólogo por descuido al manejar el aparato de rayos X y expone también al paciente.

El efecto de los rayos X es acumulativo, la pequeña cantidad recibida hoy se suma a la recibida ayer, y así sucesivamente hasta que los tejidos han recibido una cantidad intolerable de radiación que produce desde un eritema hasta algo más importante (19).

DERMATITIS:

La dermatitis por rayos X se manifiesta en su estado incipiente casi en la misma forma que una dermatitis solar, hay una ligera decoloración, la piel se vuelve seca y frecuentemente se acompaña de sensación de ardor o quemadura. Una exposición continua a los rayos X puede producir una dermatosis crónica cuyos síntomas se ven principalmente en las partes descubiertas del operador. El cuadro clínico es claro y no presenta problemas de diagnóstico: la piel es áspera, seca y su superficie es de color café (Hiperpigmentación). También se pueden ver los vasos dilatados (telangiectásias), en mayor o menor grado. En algunos lugares la piel puede aparecer amoratada, endurecida y engrosada con los bordes hacia abajo como si fuera para los huesos, y estirada como si fuera muy pequeña para cubrir las partes afectadas.



Imagen 21 Dermatitis

Esta condición es vista por lo común en las manos, por estar más expuestas a la acción de los rayos. Las uñas son frágiles, rotas de la punta y con fisuras longitudinales en la superficie, además hay abultamiento de los tejidos subungueales. La piel alrededor de las uñas está afectada también con abultamiento de la epidermis y la formación de uñas colgadas. En efecto; la presencia de uñas colgadas y de la piel seca en las manos es por lo general la primera manifestación de dermatosis crónica por rayos X.

Si la dermatitis avanza más se nota la presencia de queratosis en la superficie de las manos, aparece reventada especialmente sobre el dorso de los nudillos y articulaciones de los dedos. Algunas de estas pueden reventarse y no notarse ulceración encima, y entonces hay queratosis, úlceras, escamas y cicatrices esparcidas.



© Mayo Foundation for Medical Education and Research. All rights reserved.

Imagen 22 Dermatitis severa.

Algunas de las úlceras pueden rehusar curación y algunas de las queratosis pueden aumentar de tamaño, degenerar y hacerse malignas, mostrando al final las características clínicas de epitelomas. Como regla esta condición se manifiesta tarde, pero todas las autoridades en este tema advierten que es generalmente imposible hacer un diagnóstico temprano de cambio maligno, excepto con la ayuda del microscopio. En casos avanzados se encuentran 10, 15, 20 o más áreas de cambio malignos en las manos de un solo paciente. Si esperamos fuertes cambios aparentes será demasiado tarde. Cuando hay cambios malignos predomina el carcinoma y algunas veces se observan sarcomas.



© Mayo Foundation for Medical Education and Research. All rights reserved.

Imagen 23 Dermatitis facial párpados.

Hesse (22) En un estudio que realizó observó que el tiempo entre la primera dermatitis y la primera malignidad varía de 1 a 11 años siendo 4.5 años el término medio. Tales cifras son solamente de 54 casos reportados, de 94 con los que hizo el estudio, pero hay razones para sospechar que los resultados malignos pueden aparecer bastante tiempo después de la exposición a los rayos.

También se ha observado alopecia (pérdida del cabello) aunque no siempre es permanente cuando se hacen exposiciones prolongadas a los rayos X (19).

El curso de una dermatitis crónica: Exposiciones constantes a los rayos X causan una serie de cambios degenerativos de la piel. Glándulas sebáceas y sudoríparas son afectadas muy temprano, causando resequedad en la piel y pérdida del pelo como antes se mencionó. Después vienen cambios graduales en el corion debido a los efectos en el torrente sanguíneo de las partes expuestas. Hay obliteración dentro de las arterias, y con ellas cambios hialinos colágenos y ocurre engrosamiento en el corion. Esto lleva a la apariencia amoratada. El corion parece estar más afectado que la epidermis y degenera en el área debajo de la misma.

La naturaleza intenta superar esta falta de nutrición a través de los tejidos formando nuevos capilares y abriendo los ya existentes. La epidermis no siendo capaz ya de extraer su nutrición normal por los medios usuales, reacciona en una forma bastante típica; envía prolongaciones hacia las superficies de la dermis, las células epidérmicas se multiplican más y más rápidamente en busca de sangre y más mitosis son observadas.

Si una fisura, aparece en el corion como resultado de un área de degeneración donde hace falta surtir de capilares los vasos esclerosados, la epidermis llena la fisura. Si la fisura es demasiado grande para ser llenada, o si interviene una severa infección secundaria se forma una úlcera y en las úlceras viejas queratosis, las células epidérmicas finalmente se convierten casi en parásitos; invadiendo el corion un verdadero carcinoma epidermoide en la fase más avanzada de la dermatosis crónica por rayos X.

Las mucosas responden más o menos en la misma forma que la piel. El tejido sanguíneo es sensible a la acción de los rayos X, presenta leucopenia, notándose una variación muy grande especialmente en los polimorfonucleares y linfocitos; los glóbulos rojos bajan en su número menos que los blancos produciéndose una anemia aplásica; la hemoglobina baja notablemente.



© Mayo Foundation for Medical Education and Research. All rights reserved.

Imagen 24 Dermatitis crónica.

En últimas investigaciones han atribuido muchos casos de leucemias especialmente en niños, a estudios radiográficos hechos a la madre durante el embarazo; es más frecuente en los radiólogos.

Tratamiento: El mejor tratamiento es el profiláctico, protegiéndose de exposiciones innecesarias. Una vez presentado el cuadro, los mejores resultados se obtienen usando soluciones astringentes o soluciones de violeta de genciana al 2% (10, 13).

Radiodermatitis aguda: Consecutiva a una o varias aplicaciones terapéuticas practicadas con dosis excesivas o durante un tiempo demasiado prolongado. Se manifiesta con prurito, ardor y dolor en la zona corporal expuesta a las radiaciones; en dichas zonas aparecen zonas de enrojecimiento más o menos difuso, que al abrirse las lesiones acompañadas (vesículas) dejan ver zonas de ulceración; en los casos graves estas ulceraciones progresan en superficie y sobre todo en profundidad al eliminarse pequeñas porciones de tejido necrosado. Estas ulceraciones tienen muy poca tendencia a la cicatrización espontánea y cuando se reparan provocan cicatrices hundidas y deformes.

Efectos sobre la mucosa oral: Los cambios producidos en ésta son prácticamente las mismas que las de la piel, sin embargo la dosis para producirlos son más bajas. Existe un cuadro clínico que se conoce con el nombre de mucositis, análogo a la dermatitis que ocurre en la piel; la mucosa se presenta inflamada y con frecuencia sufre erosión o ulceración con formación de esfacelos extensos. Las áreas afectadas son extremadamente dolorosas y hay dificultad para la ingestión de alimentos. El tratamiento local se reduce a la administración de colutorios (una solución de cloruro de sodio en agua tibia).

Esto alivia los síntomas mientras se produce recuperación.

Efectos sobre las glándulas salivales: Uno de los primeros cambios que se observan en casi todos los pacientes que reciben dosis altas de radiaciones en la región de la cabeza y el cuello, es la producción de xerostomía, caracterizada por la disminución o supresión completa de la secreción salival, la cual ocurre una o dos semanas después de la dosis inicial de radiación. Los cambios morfológicos no son tan severos como los fisiológicos, consisten principalmente en disminución del número de gránulos de secreción, congestión, edema o inflamación. Estos cambios se limitan a los acinos, con alteración mínima de los conductos. La xerostomía puede ser permanente o total.

Efectos sobre las piezas dentarias: La manifestación más frecuente de daño a los tejidos dentarios completamente formados consiste en una destrucción característica que semeja caries dentaria y que ha sido llamada "Caries de Radiación". Esta principia generalmente en la región cervical y progresa rápidamente, llegando a producir en poco tiempo amputación de la corona a nivel del cuello. Las piezas afectadas son frágiles y el esmalte se vuelve quebradizo. Algunos autores sostienen que el efecto se debe más bien a la xerostomía concurrente, que a un daño en la estructura dentaria misma.

Los dientes en desarrollo son altamente sensibles a la radiación, sufriendo desorganización de la capa odontoblástica y formación de dentina atípica. Los ameloblastos parecen ser resistentes no tanto como los odontoblastos, sin embargo, se ha demostrado detención de la función ameloblástica y metaplasia escamosa.

Las radiaciones inhiben o retardan la erupción dentaria. Cuando la radiación es administrada durante los períodos iniciales del desarrollo del germen dentario, se puede producir detención de la formación y consecuentemente anodoncia. También se ha comunicado formación incompleta de raíz (14, 21, 22).

Efectos sobre las gónadas masculinas: En base a la dosis total facial recibida una diez milésima parte de la cantidad de esta radiación alcanza las células reproductoras masculinas debido a la radiación dispersa las cuales están en constante reproducción.(23)

Efectos sobre las gónadas femeninas: Estas se encuentran ubicadas de forma interna y se estima que solo reciben de una quinta a una séptima parte de la cantidad de radiación dispersa estimada para las células masculinas.(23)

LEUCEMIA INDUCIDA POR RADIACIÓN.

La leucemia es la proliferación maligna de glóbulos blancos en la médula ósea, lo que da por resultado gran número de leucocitos en la sangre periférica muchos de los cuales son inmaduros. La etiología es desconocida, aunque una pequeña porción puede ser atribuida a la radiación. Otras causas posibles son virus, medicamentos, sustancias químicas y factores genéticos. Los pacientes con el Síndrome de Down (trisomía 21) tienen un aumento de la predisposición a presentar leucemia; esto parece relacionarse con el cromosoma extra. Las leucemias pueden clasificarse en agudas y crónicas, siendo las primeras mortales y las segundas persistir durante uno y más años. El diagnóstico se realiza por examen de sangre periférica y de la médula del esternón.

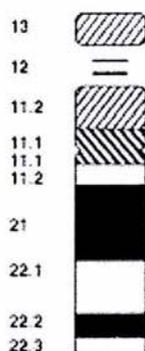


Imagen 21 Cromosoma.

Desde hace varias décadas se conoce la relación existente entre la radiación ionizante y leucemia, y hoy se acepta como una posibilidad real, aunque rara, a consecuencia de una fuerte exposición a los rayos X, o sea por encima de 100 rads (ICRP. 1966). No se ha comprobado que la leucemia puede atribuirse al uso de las técnicas del diagnóstico radiológico. No obstante, hay cierta evidencia de que la leucemia y otros procesos malignos pueden aparecer después del nacimiento, previa exposición fetal a dosis bajas de radiación.

La posible relación entre la exposición fetal a los rayos X y la leucemia infantil ha sido objeto de numerosos estudios. Todos estos trabajos están de acuerdo en la conclusión de que las probabilidades de producción de leucemia en los dos primeros años de vida han aumentado en un 40%, aproximadamente, después de la exposición a los rayos X in útero, por regla general durante la pelvimetría en el tercer trimestre del embarazo. La conclusión

de que aumentó el riesgo puede expresarse de otra manera; el peligro aumenta de 44 a 62 por 1000 000 antes de los 10 años con y sin radiación respectivamente. Así pues un 30% de los casos de leucemia en los niños que han sido irradiados in útero podrían atribuirse a los rayos X. En estos exámenes de pelvimetría se calcula una dosis de 3 a 5 rads. De aquí se calcula que el número de casos de leucemia por millón de fetos irradiados - rad es de 60 - 90, lo cual representa varias veces el índice de leucemia en los adultos irradiados con dosis mucho más altas.

En 1966 Graham y Cols efectuaron un extenso estudio epidemiológico retrospectivo sobre la radiación entre la leucemia infantil y la irradiación preconcepcional de la madre (Graham, y Cols, 1966). Estos autores han observado un mayor riesgo de leucemia en niños con historia de virus cuyas madres habían recibido radiación diagnóstica antes del embarazo y presentaban antecedentes de aborto o feto muerto. Parecería, por tanto, que la irradiación antes de la fecundación o durante la gestación supone un alto riesgo de leucemia si existen otras circunstancias predisponentes en la madre o el feto (16, 18).



Imagen 26 Leucemia

LINFOMAS Y RADIACIÓN:

El término de linfoma se aplica a un conjunto de padecimientos caracterizados, desde el punto de vista histopatológico, por crecimiento tumoral de los órganos linfáticos y clínicamente por evolución desfavorable. Por las relaciones que tienen los linfomas con las leucemias; por la semejanza que tienen con padecimientos infecciosos; por haberse precisado también mayor frecuencia en los supervivientes de Hiroshima; por haberse encontrado alteraciones cromosómicas, es por lo que se ha supuesto que tal vez los agentes causales de los linfomas sean virus oncógenos y radiación.

Los linfomas pueden clasificarse como linfomas Hodgkin y no Hodgkin, teniendo mayor frecuencia el primero, en lo que se refiere al sexo existente predominó en el sexo masculino en relación 3/2. En la tercera y cuarta década de la vida se encuentra mayor frecuencia.

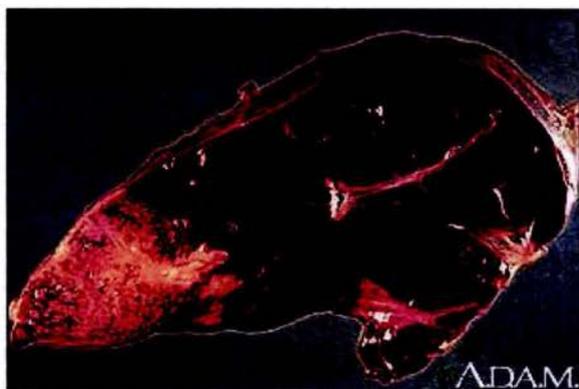


Imagen 27 Linfoma Hodgking.

Las manifestaciones clínicas en orden de frecuencia son adenopatía de predominio cervical, axilar y mediastínica, son crecimientos no dolorosos sin flogosis, de consistencia que recuerda el hule. La tendencia a la confluencia es común.

La esplenomegalia ocurre con menos constancia, siendo su observación más frecuente en los linfomas de Hodgkin. Las manifestaciones generales son; fiebre, diaforesis, astenia. La fiebre se presenta en más de la mitad de los casos, con predilección en las formas de Hodgkin. La diaforesis coexiste con la fiebre, como regla. La pérdida de peso casi nunca falta, los síntomas de aparato digestivo son los más frecuentes como dolor, hepatomegalia, ictericia, diarrea, vómito y absorción intestinal deficiente. En el aparato respiratorio

tos y disnea como consecuencia de las infiltraciones pulmonares. Los síntomas y las alteraciones de la piel se presentan también con cierta frecuencia. El más característico es el prurito, que en ocasiones es muy intenso y pertinaz. Debe aclararse por lo demás, que en los linfomas se pueden observar las más diversas dermatosis: erupciones papulosas, zonas de eritema, eczema, herpes zoster. Con frecuencia variable se presentan manifestaciones de otros aparatos y sistemas; las renales, las óseas y las neurológicas deben recordarse por su importancia (20).

EFFECTOS GENÉTICOS:

Hasta hace poco, los posibles efectos genéticos de los rayos X de uso diagnóstico en grandes sectores de la población han constituido el motivo principal de aconsejar precaución. En muchas formas de vida, los efectos genéticos, reconocidos desde la mitad de la década de los 20, se manifiestan por una mayor incidencia de mutaciones similares generadas espontáneamente en una población determinada. Hasta el final de la década de 1950 se solía pensar que las probabilidades de producir mutaciones guardan relación directa con la dosis, y que los efectos genéticos de cada sesión de irradiación son acumulativos. Russell ha realizado extensos estudios en los mamíferos investigando la incidencia de mutaciones visibles en las crías de ratón, tras la exposición aguda o crónica a los rayos X.



Imagen 28 Genética.

Un aumento sostenido en el índice de mutaciones en toda la población originaría un aumento proporcional en el número de anomalías congénitas al cabo de muchas generaciones. Basándose en datos obtenidos en la ratona, 30 - 80 rads constituyen quizás el margen de dosis que el hombre duplicaría el índice de mutaciones espontaneas. A este respecto, los genetistas recomiendan que en la población general la dosis de radiación artificial nunca exceda de 10 rads por generación (National Academy of Sciences - National Reserch Council). Como pocas de las mutaciones son dominantes y el riesgo de cualquier mutación es pequeño por cada rad, apenas aumentan las posibilidades de que un individuo expuesto tenga descendencia defectuosa. Se calcula que el peligro de que un hombre que ha recibido una radiación de 50 rads sobre las

gónadas engendre un hijo con un grave defecto mental aumenta desde el índice normal de 1 por 500 a un índice de 1 por 493 (Medical Research Council, Gran Bretaña).

Últimamente se han mencionado varios factores que tal vez aminoran los supuestos peligros de anomalías congénitas, referentes al uso de dosis bajas para radiodiagnóstico. En la ratona se han observado que con dosis reducidas disminuye la producción de mutaciones. Si una dosis de 100 rads/min se reduce a 9.8 rad/min, disminuye la incidencia de mutaciones. Una ulterior reducción a 9 milirads/min no afectan el índice de mutaciones de los machos, pero reduce las mutaciones de los ovocitos a un índice normal.

Russell ha demostrado también que el intervalo entre radiación y fecundación es muy significativo en la ratona. Con un intervalo que exceda de siete semanas, el índice de mutación baja a cero. Además parece ser que con una dosis total baja en la ratona las mutaciones en los ovocitos ocurren con menos frecuencia que la predecible en una relación directa, tal vez se produce cierta reparación del daño genético incipiente. Sin embargo, es muy probable que con dosis bajas no ocurran estos efectos.

Los intentos de investigar los efectos genéticos de la irradiación en las comunidades humanas han sido infructuosos, incluso siguiendo los casos que utilizaron altas dosis. No obstante estudios recientes sobre la descendencia de mujeres sometidas a irradiación diagnóstica de la región abdominal revelan resultados interesantes. En uno de estos casos se hizo un estudio comparativo entre el índice sexual de los niños cuyas madres fueron sometidas a radiodiagnóstico uterino 20 años antes, y el índice sexual de los niños control. Aunque no se registraron grandes diferencias entre estos dos grupos, hubo notable déficit de niñas nacidas de madres que habían recibido rayos X diagnósticos in útero antes de la trigésima semana de gestación. En otro estudio, unos 1000 niños nacidos tras la radiación abdominal de las madres antes de la fecundación se han comparado con niños control cuyas madres (de edades equivalentes a las anteriores) no habían sido irradiadas. Las madres irradiadas y las control tenían edades similares en el momento del parto. Entre los niños del primer grupo se registraron 11 con aberraciones cromosómicas, y solo 1 en los niños control. De los niños del primer grupo, 8 eran mongólicos, y las madres de 7 de ellos tenían más de 35 años. La dosis ovárica varió entre menos de 1 rad y 12 rads. Uchida llega a la conclusión de que hay mayor riesgo de engendrar fetos con graves defectos congénitos si la mujer recibió irradiación abdominal antes del embarazo, y especialmente en las mujeres que sobrepasan a los 35 años (16).

MÁXIMA DOSIS PERMISIBLE.

La dosis permisible se basa en que hay una dosis por debajo de la cual no se producirán cambios somáticos, y aunque se recibieran antes del período reproductivo la probabilidad de efectos genéticos será mínima. Los niños y mujeres embarazadas son más susceptibles que la gente mayor.

Según Ennis y Berry la máxima dosis permisible en 1931 era de 1.2 r por semana. En 1936 fue de 0.6 r por semana, en 1948 de 0.3 r por semana, en 1957 de 0.3 r por semana pero limitado a 5 r por año. Aunque Sibert en 1947 y Morpan en 1948 aconsejaban 0.01 r por día es decir menos dosis que la indicada oficialmente en la misma época.

En la actualidad se considera que una persona mayor de 18 años puede ser expuesta sin peligro para su cuerpo (gónadas, órganos formadores de sangre, cristalino) a un promedio de: 0.1 r por semana sin pasar de 3 r (0.03Sv) en tres meses y 5 r (0.05 Sv) como máximo en un año.

En las manos las cuales contienen poca cantidad de médula ósea pueden recibir una dosis de 25 r (0.25 Sv) en tres meses y una dosis máxima de 75 r (0.75 Sv) por año. La dosis máxima permisible para las personas no expuestas ocupacionalmente en la actualidad es de .5 r (0.005 Sv) por año (2,10, 18).

PROTECCIÓN CONTRA LA RADIACIÓN.

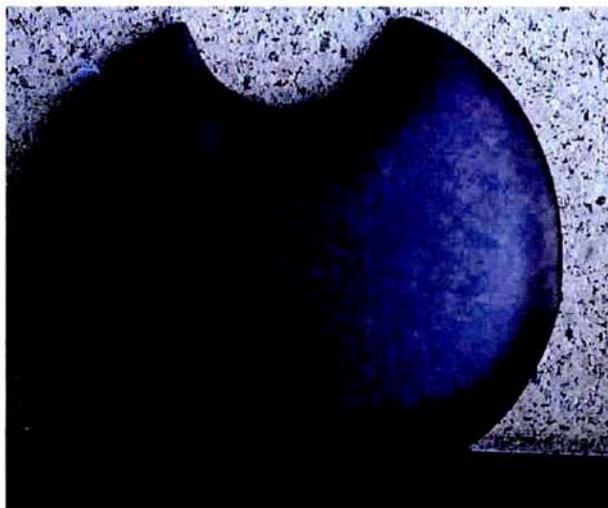


Imagen 29 Pantalla sub mandibular.

Como se mencionó anteriormente, los rayos X son sumamente peligrosos para la salud, tanto para quien los maneja como para quien los recibe. Cuando no se tienen las debidas precauciones como sucede en prácticamente el 100% de los consultorios odontológicos, los daños pueden llegar a ser muy importantes e irreversibles; en pocas ocasiones se ve que existan las protecciones debidas como collarines para protección de la glándula tiroides en los niños o escudos protectores de sus genitales, las mamparas divisorias son construidas con material que no ofrecen ninguna protección a las demás personas existentes en el local y sobre todo al personal administrativo que ya sea por ignorancia o por negligencia no toma las debidas precauciones en el momento del disparo del aparato de rayos X. Igualmente es común observar que profesionales realizan tomas radiográficas incluso deteniendo ellos mismos la película, por muchos es ignorado que existen lentes con contenido de plomo para evitar la formación de catarata post-radiación.



Imagen 30 Collar tiroideo.

Hiroshima fue un acontecimiento que sacudió al Mundo entero y sigue dejando huella de los daños de lo que una radiación de esta magnitud puede ocasionar. La preocupación por éstos ha originado la creación de Comités de Protección Radiológica en todo el Mundo.

Estudios recientes llegaron a catalogar a la radiación como uno de los tres grandes riesgos profesionales que afectan al Odontólogo, junto con la hepatitis y la intoxicación por el empleo de sustancias peligrosas (mercurio).

Afortunadamente la tecnología ha avanzado y se han creado accesorios para proteger tanto a los pacientes como a los profesionales de los efectos de los rayos X (38).

Es importante el mencionar que los modernos equipos de rayos X emiten mucho menos radiación secundaria que los aparatos de antes. Richard y Colquitt realizaron un estudio comparativo entre los aparatos de 1920 y 1980 en el que se pone de manifiesto la disminución de radiación primaria y secundaria (tabla 1). Ellos midieron la radiación recibida durante los estudios radiológicos de toda la boca, se utilizaron diferentes filtros, modificación del diámetro del rayo así como distintas distancias foco - piel, con hallazgos de disminución de radiación por ejemplo en cristalino de 45,020 a 106 mr, glándula pituitaria de 724 a 95.6 mr, mitad anterior de la lengua de 8765 a 360 mr, mitad posterior de la lengua de 6885 a 332.2 mr, glándula tiroides de 37410 a 171.4 mr (22,23).

La protección hoy en día se realiza tanto para el paciente como para el Odontólogo y el personal auxiliar.

TABLA 1. COMPARACIÓN DE LAS RADIACIONES EMITIDAS EN mr, EN ESTUDIOS RADIOLÓGICOS DE TODA LA BOCA ENTRE UN APARATO DE 1920 Y OTRO DE 1980.

	1920 MODELO RITTER				1980 GE. 1000					
Filtro Interno	0.4 mm A1	0.4 mm A1	0.4 mm A1	0.4 mm A1	2.7 mm A1					
Adición de Filtro	Ninguno	1.0 mm A1	1.0 mm A1	Ninguno						
Diámetro del Rayo	9.2 cm	7.6 cm	9.2 cm	7.6 cm	6.6 cm					
	(mr)	(%)	(mr)	(%)	(mr)	(%)	(mr)	(%)	(mr)	(%)
Cristalino	45.020	13.32	2.628	2.628	18.130	15.14	1.622	1.40	106.0	4.45
Pituitaria	724	0.21	486	0.15	532	0.44	396	0.34	94.6	3.97
Lengua - Mitad Anterior	8.765	2.59	7.560	2.32	6.070	5.07	5.530	4.78	360.0	15.13
Lengua - Mitad Posterior	6.885	2.04	6.420	1.97	55.140	4.29	4.520	3.90	332.2	13.96
Tiroides	37.410	11.06	2.270	0.70	18.060	15.08	2.850	2.46	171.4	7.20

I.-PROTECCIÓN PARA EL PACIENTE.

La protección contra los rayos x empieza teniendo un control principalmente de ellos, así como por medios físicos, que permite sobre todo en la profesión odontológica actuar dentro de los límites prácticamente inocuos.

La radiación causa cambios biológicos en las células vivas y efectos adversos en todos los tejidos. Con el uso de técnicas de protección adecuadas para el paciente es posible reducir la cantidad de radiación que recibe. Las técnicas de protección se utilizan antes, durante, después de la exposición a los rayos x.

1. Filtración.
2. Diafragmación-colimación.
3. Aumento del Kilovoltaje.
4. Aumento de la distancia foco-piel
5. Pantallas antirrayos x y pantalla submandibular.
6. La reducción del tiempo de exposición
7. Uso de películas ultra rápidas.
8. Uso de una técnica apropiada en la toma y revelado de la radiografía.
9. Posición supina del paciente.

1.- FILTRACIÓN.

Consiste en interponer entre el foco y el paciente una lámina de metal ya sea de aluminio, cobre berilio, etc., que al absorber principalmente los rayos de mayor longitud de onda, evita que éstos sean absorbidos por la piel del paciente (2).



Imagen 31 Filtro de aluminio.

La penetración (=kilovoltaje-longitud de onda) frente a la piel actúa comparativamente; los rayos largos o blandos, como un ladrillo, los cortos o duros

como la bala. En el primer caso, la piel absorbe casi la totalidad de la energía; en el segundo, la energía absorbida por la piel es mínima.

El filtro actuaría como una protección de cartón o de madera para el vidrio; por donde no pasan los ladrillos pero pasan las balas.

El Comité Nacional de Protección contra la Radiación recomienda usar para los aparatos radiográficos dentales un filtro equivalente a 1.5 mm de aluminio debajo de 70 Kv y equivalente a 2.5 mm de aluminio sobre 70 Kv.

Kelly y Martin demostraron que con las ventajas de la filtración con la adición de un filtro de un milímetro de aluminio se disminuye la dosis a la piel en un 50% (44).

El Comité de Protección contra la Radiación de la Academia Americana de Roentgenología encontró que la adición de 1.75 mm de aluminio a un aparato que tiene un filtro equivalente a 0.5 mm de aluminio (2.25 de A1) requiere de un 42% en el incremento del tiempo de exposición, pero reduce en un 57% la dosis facial al paciente y en un 31% la dosis gonadal y la reflejada al operador.

Richards encontró que la reducción más grande se obtiene con la adición de un filtro de 1 a 2 mm de A1. Cantidades mayores de aluminio producen menos efectos pero con el inconveniente que hacen decrecer seriamente el contraste de las radiografías y se requieren de tiempos de exposición muy largos.

Yale, experimentando con filtros de cobre, encontró que en un aparato estándar de radiografía dental operado a 10 ma y 65 Kv y una exposición de 2 seg con una película rápida produce 0.24 mr en aire cuando está externamente filtrado con 0.375 mm de cobre y 0.5 mm de A1, esto fue aproximadamente una reducción de 1/30 de la dosis sin filtrar en aire (7.2 mr), él asegura que las radiografías resultantes exhiben un buen contraste y que son comparables con aquellas producidas con un aparato que trabaje con 90 Kv y filtros de aluminio. Esto se debe a que el filtro absorbe una mayor cantidad de rayos X de onda larga y transmite más rayos X de onda corta o penetrante (Fig. 6) (10).

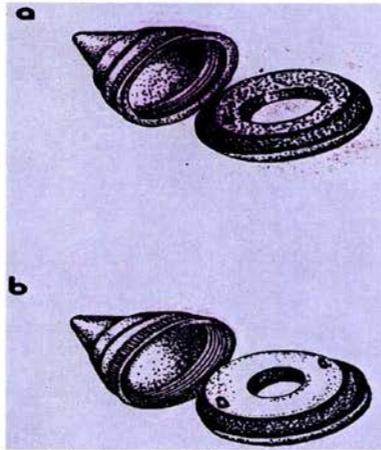


Figura 6 a.- Cono de plástico original, b.- Posición del filtro de aluminio con respecto al cono.

La fabricación y colocación del filtro adicional por el profesional es de más simple; basta con recortar un disco y luego de retirado el colimador, pegarlo adosado al diafragma.

Es necesario advertir que pegado el filtro tendrá que aumentarse el tiempo de exposición ya que también absorbe los rayos cortos.



Imagen 32 Cono largo con filtro adicional.

2.- DIAFRAGMACIÓN Y COLIMACIÓN.

Diafragmar es interceptar el haz de rayos X para reducir su sección.

Colimar es determinar la dirección del haz de los rayos X.

Los diafragmas pueden considerarse parte de la colimación, ya que si el centro de la apertura del diafragma no coincide con el eje del cono o cilindro, que se utiliza como guía para colimar, el centrado de la radio proyección quedara descontrolado.

La diafragmación se traduce directamente en menor volumen del tejido irradiado e indirectamente en la reducción de la cantidad de rayos secundarios generados.

En consecuencia al disminuir la sección del haz de rayos primarios, mediante la interposición del diafragma de calibre apropiado, se logra significativa protección para el paciente.

De acuerdo con sus investigaciones O' Shaughnessy y Mitchel consideran que de todos los medios físicos de protección para el paciente la diafragmación es el mas efectivo.

La falta o el uso de diafragmas de gran calibre, trae como consecuencia la irradiación innecesaria del cristalino o de la tiroides; de este modo, la causa de la toma frecuente de radiografías en estos órganos pueden absorber innecesariamente una significativa cantidad de rayos x.

También debe estarse advertido de que, cuando se utilizan los procedimientos con cono largo con el mismo diafragma utilizado con cono corto aumenta notablemente el área irradiada.

El uso de un diafragma de plomo cuyo diámetro de apertura limite el tamaño del haz de rayos X justo para cubrir el tamaño de la película, un haz más grande que éste le da al paciente radiación primaria innecesaria (Fig. 7).

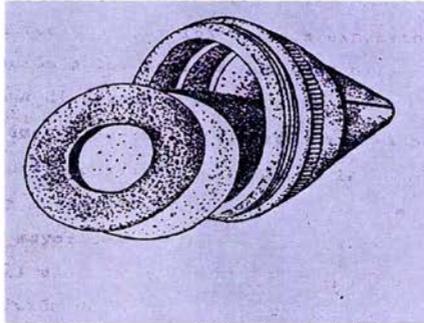


Figura 7. Esquema del diafragma y el filtro de aluminio insertados en un cono.

El comité de Protección de Radiación de la Academia Americana de Roentgenología Oral ha recomendado que el diámetro de haz más adecuado sea limitado a 2.75 pulgadas al final de la punta del cono, no importando la longitud de éste. La reducción del diámetro de este haz de 3.5 pulgadas a 2.75 pulgadas efectuará una reducción del 38% en la dosis facial y un 30% en la dosis gonadal del paciente (19).



Imagen 33. Cono recto largo con filtro.

Colimación.- La colimación del haz de rayos X se consigue mediante conos metálicos o lavadores de plomo, colocados de forma adecuada en el camino del haz primario de rayos X. Los aparatos de colimación no reducen materialmente la cantidad de radiación recibida por los tejidos expuestos, pero si reducen la radiación a los tejidos que rodean la región examinada al impedir una divergencia innecesaria del haz. Se recomienda que el diámetro del haz utilizado para la película odontológica intraoral no sea más de 7 cm en la superficie de la piel. Un haz de este diámetro es más de 1 cm más ancho que la dimensión mayor de la película periapical. Baum y Morgan recomiendan el uso de diafragmas rectangulares, éstos minimiza la exposición de los tejidos vecinos, requieren de una proyección muy exacta del haz y rotación del diafragma para acomodar las

películas colocadas vertical y horizontalmente así como los cambios en la posición de la cabeza. La colimación rectangular también puede hacerse mediante el empleo de soportes de película a los cuales se acopla una pantalla facial. (Fig. 8 y 9).

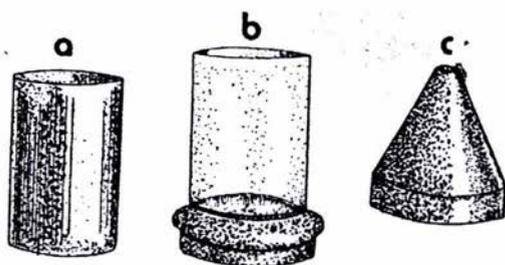


FIG. 8

DIFERENTES TIPOS DE COLIMADORES A) TUBO FORRADO DE ACERO INOXIDABLE. B) TUBO DE ACRILICO, C) COMO DE PLASTICO.

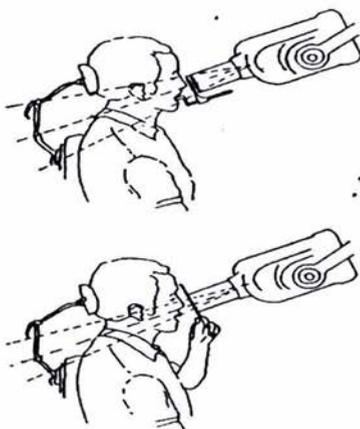


FIG. 9

SOportes PARA PELICULAS RADIOGRAFICAS QUE SE USAN EN LA COLIMACION RECTANGULAR.

Revisiones recientes del equipo de rayos X Odontológico utilizado actualmente, muestran que el diámetro de exposición en la piel alcanza de 20 a 25 cm y muchos aparatos antiguos que no han sido modificados tienen haces con un diámetro de 10 a 12 cm.

Como resultado de la colimación, pueden parecer al operador que las películas presentan una sección cónica, si así fuera no se justificaría el diafragma, sino que el operador debe mejorar su técnica en la toma de radiografías. La sección cónica demuestra que el operador no está dirigiendo adecuadamente el haz de rayos o que el diafragma o tubo de rayos ha sido desplazado de tal forma que el haz no está centrado sobre la apertura del diafragma.

En algunas técnicas extra-orales tal vez sea necesario cambiar el procedimiento de colimación. Es evidente que el haz debe abarcar el área que se quiera examinar. Generalmente es importante que la cantidad de tejido expuesto a la radiación sea minimizado, sin reducir el tejido cubierto que nos impida la información necesaria.



Imagen 34 Colimación externa



Imagen 35. Rayos x extra oral para panorámica y su colimación.

3.- AUMENTO DE KILOVOLTAJE.

Como se indicó antes usando kilovoltaje alto se producirá un haz de longitud de onda más corta. Siendo estos rayos más penetrantes muy pocos serán absorbidos por los tejidos y relativamente una gran proporción alcanzará la película. Esto a su vez permite tiempos de exposición más cortos, por lo tanto menos cantidades de rayos absorbidos por los pacientes. En sus experimentos Richards demuestra que cuando se opera un aparato con una filtración total de 2.5 mm de aluminio y 10 ma de corriente a 7.25 pulgadas de distancia encontró que fue de 0.85 mr por segundo y 1.68 mr por segundo con 90 Kv. Esto indica que al usar 90 Kv se libera dos veces más radiación con ondas más penetrantes pero solo se requiere 1/3 del tiempo de exposición por lo tanto el uso de un Kilovoltaje más alto reducirá en un 21.5% la dosis a la piel.

El aumento del kilovoltaje se traduce en menor proporción de rayos largos blandos absorbidos más fácilmente por la piel.

El kilovoltaje nos da un cambio compensador de la exposición. Es preciso tener en mente que el aumento en el kilovoltaje con la exposición ajustada para mantener la misma densidad radiográfica media producirá menor contraste en la radiografía, inversamente, menos kilovoltaje producirá mas contraste.

Aumentando el kilovoltaje se aumenta el poder de penetración que permite utilizar para igual distancia foco piel y reducir el tiempo de exposición ó lo que es lo mismo, menos miliamperios-segundos.(8)



Imagen 36. Regulador de voltaje.

4.- AUMENTO DE LA DISTANCIA FOCO-PIEL.

A causa de la divergencia de los rayos X al tomar cualquier radiografía, la superficie de la piel por la cual entran los rayos X más juntos reciben mayor dosis que igual superficie de la película, más alejada del foco por el cual pasan los rayos más separados; simplemente la dosis de entrada en la piel va a ser mayor que la dosis radiográfica.

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 alejamiento 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 (Fig. 10).

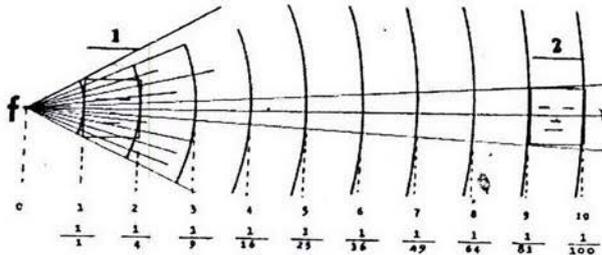


FIG. 10

Figura 10.

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

Se debe advertir que para aplicar este medio de protección solo resultan técnicamente prácticos los aparatos de medio a máximo Kv dado que los mismos permiten mayores distancias con menores tiempos de exposición (1).

A causa de la divergencia de los rayos "x", al tomar cualquier radiografía, la superficie de la piel por la cual entran los rayos mas juntos recibe mayor dosis que igual superficie de película, mas alejada del foco por la cual pasan los rayos mas separados; simplemente la dosis piel de entrada siempre es mayor que la dosis radiográfica.

5.- PANTALLAS ANTIRRAYOS X Y PANTALLA SUBMANDIBULAR.

En todos los casos que se trate de embarazadas y niños, en quien debe extremarse las precauciones, y siempre que se practiquen procedimientos en los cuales los rayos del haz primario puedan alcanzar directamente la región abdominal, es indispensable recurrir a la pantalla antirrayos X, como lo son los delantales de plomo, y las pantallas submandibulares (Fig. 11).

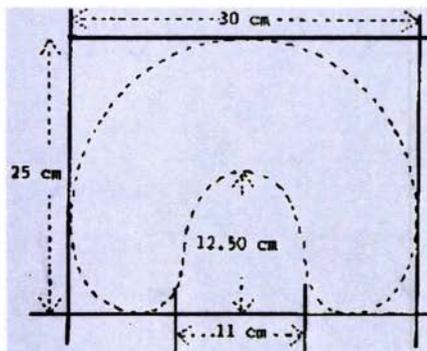


FIG. 11

FIG. 10.- a) Delantal de plomo; b) Rayo Central; c) Pantalla submandibular. Aquí se ve la radioprotección de la región gonadal/prenatal en un corte sagital.

FIG. 11.- Forma y medidas de una pantalla submandibular.

Figura 11, Zonas de protección tanto con pantalla como con mandil de plomo.



Imagen 37. Babero de plomo.



Imagen 38. Mandil de plomo.

Los dentales de plomo son flexibles, pero pesados por estar hechos de goma

plomada. Sirven para proteger las gónadas y el tórax de todos los pacientes, en especial a los niños y adultos en edad de reproducción. Debe de tenerse cuidado en el manejo de estos delantales; cuando no se utilizan deben colgarse en un dispositivo similar al empleado para colgar toallas. Esta medida preventiva es muy importante ya que hay que tener en cuenta que los delantales tienden a rasgarse o deteriorarse con mucha facilidad.

Las pantallas sub-mandibulares, que desde el punto de vista práctico resultan superiores a los delantales, están constituidos por simples láminas de plomo en forma semicircular con una escotadura central, que se mantienen rígidas por otro material plástico o madera (Fig. 12). Su forma permite ubicarlas durante la exposición debajo de la mandíbula, en contacto con el cuello, sostenidas por el paciente o por un soporte. Su uso es bien aceptado por los niños y los adultos, por que en ello ven la preocupación del dentista por protegerlos.



Imagen 39 y 40. Pantallas sub-mandibulares vista anterior y posterior.

6.- LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE EXPOSICIÓN.

La cantidad de rayos a la que se expone un paciente se puede reducir:

- Utilizando películas más 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 ultrarrápidas constituyen por si mismas el medio más efectivo y simple para reducir las tres dosis: facial, gonadal y profesional.

- Mediante el empleo de pantallas reforzadoras. Actualmente, las pantallas se utilizan en los métodos extra-orales. Es posible que en el futuro su perfeccionamiento y el empleo de chasis especiales blandos permitan utilizarlas en los métodos intra-orales.
- Por mejoras en el laboratorio. Evitando la repetición de radiografías. Barr recomienda como medio para economizar la dosis de radiación un 25% aumentando un 50% el tiempo de revelado indicado por los fabricantes.(8)



Imagen 41. Radiografías intraorales: oclusal, periapical, con rejilla milimétrica, infantiles y aleta mordible.

7.- USO DE PELÍCULAS ULTRA RÁPIDAS.

Como ya se dijo antes la sensibilidad de la película va a depender del tamaño del grano de las sales de plata, por lo que este tipo de películas va a requerir de menos tiempo de exposición protegiendo al paciente de mayores dosis de radiación tanto facial, gonadal y profesional.

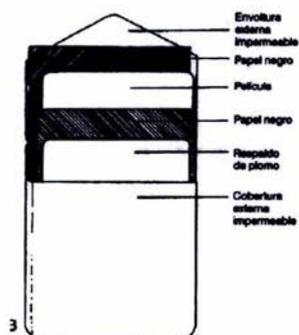


Imagen 42. Capas de protección de la película intraoral



Imagen 43. Radiografía ultra rápida en toma extra-oral

8.- USO DE UNA TÉCNICA APROPIADA EN LA TOMA Y REVELADO DE

RADIOGRAFÍAS.

No es raro observar en la práctica diaria Odontológica la repetición innecesaria de radiografías por no manejar técnicas adecuadas tanto en la toma como en el revelado, ocasionando así una radiación innecesaria para el paciente (1, 2, 5, 10).



Imagen 44, 45, 46. Aditamentos radiográficos para tomas intraorales



Imagen 47. Paciente infantil auxiliada por la madre y el aditamento.



Imagen 48. Paciente infantil auxiliado por un aditamento



Imagen 49. Una correcta angulación dependiendo la radiografía



Imagen 50, 51. Estandarizar el proceso de revelado con equipo automático.



Imagen 52,53. Se puede ver los diversos compartimientos para los líquidos de revelado, fijado, y al final el secado de las películas todo esto controlado con la temperatura ideal.

9.- POSICIÓN SUPINA DEL PACIENTE.

Otro procedimiento descrito por Baum y Morgan es colocar al paciente en posición supina, con el tubo de rayos X por encima de la cabeza de tal manera que el rayo caiga verticalmente logrando de esta forma la protección del cuello, tórax y gónadas, que con las posiciones habituales son radiadas (Fig. 13, 14, 15).

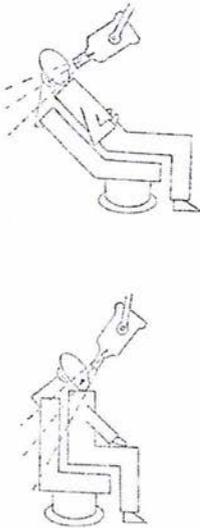


Figura 13.



Figura 14

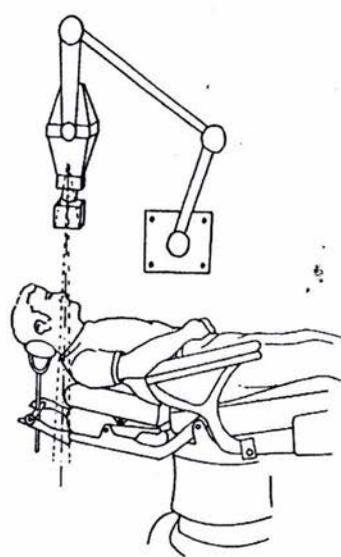


Figura 15.

Fig.13.- Representación de las partes del cuerpo que son radiadas en el trayecto del rayo x con el paciente en diferentes posiciones.

Fig. 14.- Muestra las áreas potencialmente radiadas en la toma de un incisivo superior y estas partes van a ser el tórax y el cuello.

Fig. 15.- Cuando el paciente esta en posición supina y con ayuda de un colimador, se ve que casi no hay radiación al cuerpo, cuello y tórax.

Esta técnica requiere para su mayor protección del uso de un colimador que favorecerá la toma de distintas exposiciones con la movilización solo de la cabeza del paciente, permaneciendo fijo el tubo de rayos X (17).



Imagen 55. Técnica oclusal con protección con babero de plomo a paciente infantil.



Imagen 56. Técnica de periapical de planos paralelos auxiliado de aditamentos en posición supina.

II.-PROTECCIÓN PARA EL ODONTÓLOGO Y PERSONAL AUXILIAR.

- 1.- Evitar el haz primario.
- 2.- Pantallas o barreras antirrayos.
- 3.- Distancia.
- 4.- Contraindicación de la radioscopia intraoral.

1.- EVITAR EL HAZ PRIMARIO.

La falta más grave (ignorancia o negligencia) que se puede cometer es colocarse en el trayecto del haz de rayos X primarios. Esta indicación corresponde al cuerpo del operador, así también de las extremidades como son las manos debiendo evitar sostener la película ó el centralizador durante la exposición. Debe evitarse sostener la película con los dedos durante la exposición. (9)

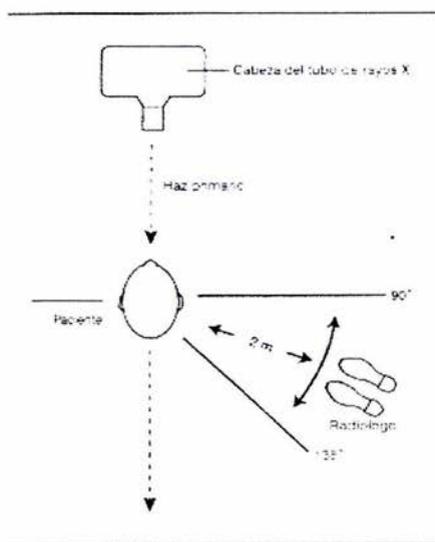


Imagen 57. Las guías de protección para el operador recomiendan que este se pare en un ángulo de 90° a 135° con respecto al haz primario.

2.- PANTALLA O BARRERAS ANTIRRAYOS X.

Este tipo de protección se logra interponiendo pantallas entre el Odontólogo y el aparato de rayos X, con la cual se crean zonas de seguridad. Debe de tenerse en cuenta que esta protección es también para las personas que por razones de trabajo o circunstancias permanecen en lugares vecinos. Como puede verse, utilizando una pantalla, distancias adecuadas y además películas ultra rápidas, es posible tomar una cantidad considerable de radiografías diariamente sin ningún riesgo, sin llegar a sobrepasar la dosis máxima permisible.

De acuerdo con la National Council on Radiation Protection and Measurements, es necesaria una protección al cristalino de los profesionales, ya que la formación de catarata ha sido comprobada por la exposición a radiación. Richman, Bun y Kats del Departamento de Radiología del Colegio Médico de Nueva York, han comprobado la utilidad del uso de lentes con alto contenido de plomo los cuales confieren al Radiólogo una protección hasta del 70% en comparación con la nula obtenida por lentes de plástico o moderada con lentes normales. Se recomienda como dosis máxima permisible al cristalino de 100 mr por semana, 1.3 r trimestral ó 5 r por año (17).



Imagen 58, 59 La protección se logra controlando el aparato de rayos x por medio de un cordón de seguridad, atrás de una barrera o con el tablero de controles situado por detrás de esta.

3.- DISTANCIA.

Las radiaciones secundarias y por escape que emiten la cabeza del paciente y la cabeza del aparato, aunque no representan tanto peligro como la primaria, no deben de ser descuidadas, ya que sus efectos se acumulan, las posiciones más distantes y más seguras para el profesional durante la exposición son en orden de preferencia:

- a) Detrás de la cabeza del aparato;
- b) Formando ángulo recto con la dirección del haz primario (Fig. 16) (1)

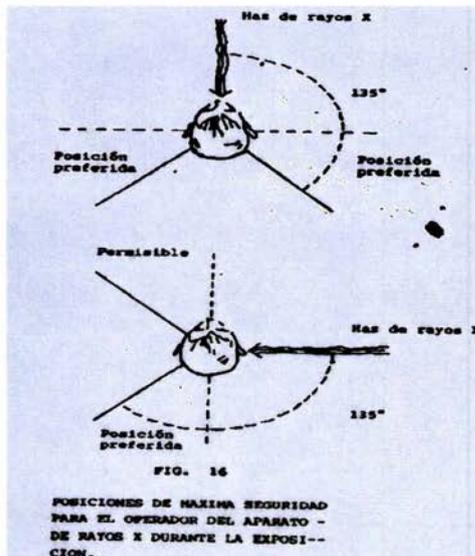
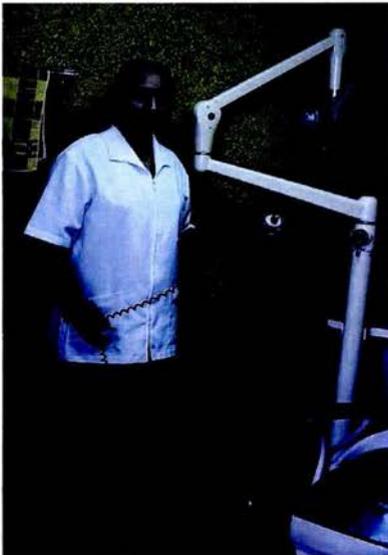


Imagen 60. La distancia se logra por medio de un cordón que tenga lo largo suficiente para alejarse del aparato de rayos x o colocarse en las zonas de seguridad como lo indica el esquema.

Dentro de otras medidas accesorias de protección existen las características que deben reunir los cuartos en los que se tomen las radiografías, teniendo en cuenta que el grosor de los materiales que podemos emplear son:

- 1 mm de plomo
- 3 mm de hierro
- 5 mm de aluminio
- 30 mm de cemento
- 10 cm de barita
- 50 cm de madera (2).



Imagen 61. Aquí podemos ver de izquierda a derecha como están localizadas las diferentes capas de protección empezando por el corcho capa superficial, madera, 5mm de plomo y al final concreto.

4.- CONTRAINDICACIÓN DE LA RADIOSCOPIA INTRAORAL.

Radiológicamente constituye un medio de diagnóstico nocivo por la elevada dosis de radiación (primaria) a que se somete el paciente (cabeza) y también para el operador, por la dosis de radiación (secundaria) que por su proximidad al paciente necesariamente esta obligado a recibir.(10)

OBJETIVOS.

OBJETIVOS GENERALES.

1.- Proporcionar información sobre las instalaciones, el tipo de aparato a utilizar y las áreas específicas para la toma de radiografías odontológicas adecuadas, así como establecer e identificar las medidas de protección contra el uso inadecuado de los rayos "x" a partir de la indagación de la medidas de prevención de los efectos nocivos de los rayos "x" en la profesión odontológica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1.-Identificar las características adecuadas de las instalaciones y áreas diseñadas para la toma de radiografías odontológicas, así como de los aparatos más indicados para esta actividad.

2.- Determinar el tipo de protección que se debe de utilizar tanto para paciente como el personal medico odontológico para prevenir los efectos nocivos de los rayos "x"

3.- Identificar las lesiones de mayor frecuencia que se presentan debido al mal uso de los rayos "x".

4.- Difundir las medidas preventivas a la población potencialmente expuesta.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN Y MÉTODOS.

Se realizará una investigación documental a través de un estudio exploratorio y un minucioso examen de las diversas fuentes documentales principalmente de 10 años a la fecha que proporcionarán la información, entre las cuales tendremos:

- Libros de texto.
- Artículos publicados.
- Fuentes históricas.
- Documentación indirecta.

RECURSOS.

Los recursos a utilizar están contemplados de la siguiente forma:

***Recursos humanos:**

Director de tesis: C.D. María de Lourdes Pérez Padilla.- Cirujano Dentista titulado responsable del Servicio Social adscrito a la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, U.N.A.M.

Pasante: Jorge Carranza De Cárcer.

***Recursos físicos:**

1.-Biblioteca de la F.E.S. Zaragoza.

***Recursos materiales:**

1.- Computadora.

2.- Impresora.

3.- Cámara fotográfica. Su utilización es para fotografiar libros utilizados así como los aparatos radiográficos.

4.- Copias fotostáticas

5.- Lápices, plumas.

CONCLUSIONES .

- 1.- La prevención es fundamental para eliminar todos los posibles riesgos al utilizar los rayos x como medio de diagnóstico en la odontología.
- 2.- Los rayos x no son nocivos siempre y cuando se sigan correctamente todas las medidas de seguridad antes mencionadas y la debida capacitación del odontólogo, personal auxiliar y pacientes en general.
- 3.- La Radiología es un método diagnóstico muy importante en Odontología se deben tener los conocimientos suficientes de protección contra la radiación para prevenir los posibles efectos nocivos tanto para el Odontólogo como para los pacientes.
- 4.- Es importante el conocimiento del aparato de Rayos X como el uso de una técnica adecuada tanto en la toma como en el revelado de radiografías para evitar exposiciones innecesarias sobre todo en niños y en personas en edad reproductiva.
- 5.- La radiación es básicamente peligrosa. La radiación de una célula siempre da como resultado alguna alteración ya sea temporal, permanente o incluso llegar a la muerte.
- 6.- La célula es más sensible durante la mitosis, períodos de metabolismo aumentado y durante el estado embrionario o estados inmaduros.
- 7.- El efecto de los rayos X es acumulativo e irreversible.
- 8.- Los efectos nocivos de los rayos X forman parte de las principales enfermedades profesionales que afectan al Odontólogo.
- 9.- Los aparatos de hoy en día ofrecen mayor seguridad para el Odontólogo como para el paciente, ya que emiten menos radiación secundaria.
- 10.- El lugar donde se encuentre el aparato de rayos X se debe adaptar con los materiales necesarios para evitar radiar a las personas que se encuentren cercanas.
- 11.- Se debe de proteger siempre al paciente y al Odontólogo o personal auxiliar para evitar riesgos innecesarios.
- 12.- Solo se deben tomar radiografías cuando se tengan diagnósticos precisos.

PROPUESTAS.

Es importante que la **Facultad de Estudios Superiores Zaragoza**, en los programas del primer año de la carrera incluya la información adicional de las ventajas y desventajas en el uso de los aparatos de rayos x.

Que se de énfasis al manejo y la conservación adecuada de los aparatos de rayos x, ya que proporciona una calidad radiográfica que evita exponer nuevamente al paciente dándose la prevención a los efectos nocivos de los rayos.

Sería importante hacer campañas con los alumnos de los diferentes grados de la carrera para que al momento de las tomas radiográficas portaran un dosímetro, en cada una de las diferentes clínicas, aunque fuera casero por cuestiones económicas, el cual se puede elaborar con una película periapical y una moneda unidas por un pedazo de cinta adhesiva en la bolsa de la filipina.

Que se promuevan conferencias sobre el uso y manipulación de los aparatos y su evolución tecnológica.

Que a los profesores de esta área se les brinde la oportunidad de sufragar los gastos para asistir a los congresos internacionales de la **IADMFR, Internacional Association of Dento-Maxillofacial Radiology** y de esta forma seguirse capacitando con las normas internacionales que rigen el mundo actualmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1.- Verdejo Silva Maricela, Ramírez García Raúl, Programa Nacional de Protección Radiológica en el Diagnóstico Médico con Rayos "x" en México, ED Secretaría de Salud 2000 7-10.
- 2.- White, Radiología Oral Principios e Interpretación ED Manual Moderno ed4 2001
- 3.- Frommer, Radiology for the Dental Professional, Ed McGraw-Hill ed 8 2005
- 4.- Kastle Myron J, Langlais Robert P, Principios de Radiología Oral, ED Manual Moderno 2000; 9-45 153-160, 127-139.
- 5.- Olaf E. Langland, Francis H. Sippy, Robert P. Langlais, Textbook of Dental Radiology Springfield Illinois USA, Third Edition 1988; ED Charles C. Thomas 3-42.
- 6.- Nowak Arthur J, Creedon Robert L, Nussolman Robert J, Kenneth C, Troutman Summary of the Conference on Radiation Exposure in Pediatric Dentistry. Jada, Vol. 103 September one thousand nine hundred eighty one. p.p. 426-428
- 7.- Zegarelli Edgard V, Diagnóstico en Patología Oral, ED Salvat Editores S.A. 1999; 314-317.
- 8.- Goaz Paul W, White Stuart C, Oral Radiology 2nd ed 1987; Los Angeles California ED. The C.V Mosby Company 44-70.
- 9.- Brown A Hugo, La Radiación y como Contenerla, Práctica Odontológica, Volumen 3 No.2 Marzo-Abril 1982; p.p. 46-51.
- 10.- Wood Norman K, Goaz Paul W, Differential Diagnosis of Oral Lesions, 5th ed 1994; The C.V. Mosby Company 654-676.
- 11.- Brown A. Hugo, La Radiación Dental y el Paciente; ED Reseña Dental, Volumen 6 p.p. 14-17 mayo-junio 1986
- 12.- Wuehrmann Arthur H, Radiología Dental, ED, Salvat Editores S.A. 1998; 67-92.

- 13.- Howard C. Hoop. Patología, ED, Interamericana, 1986; 99-104.
- 14.- Glickman Irving, Periodontología Clínica, ED. Interamericana. 1974, México 352-355.
- 15.- Finn Sydney H, Odontología Pediátrica, 7ª ed. ED. Interamericana.1996; México p.p. 97-100.
- 16.- López Acevedo Cesar, Manual de Patología Oral, ED Universitaria. Guatemala, 1994; 326-335.
- 17.- Haring Joen Iannucci, Jansen Laura, Radiología Dental Principios y Tecnicas. ED McGraw-Hill Interamericana 2nd ed 2002.
- 18.- Langland, Principles of Dental Imaging ED McGraw-Hill 2nd ed 2002.
- 19.- Fuchilhata, Oral and Maxillofacial Radiology, Today Proceedings Ed McGraw-Hill 2005
- 20.- Poyton H.G. Radiología Bucal, ED Interamericana McGraw-Hill ed 2 2002.
- 21.- Chimenos, Radiología en Medicina Bucal, ED Interamericana 2005.
- 22.- Defreitas, Radiología Odontológica ED McGraw-Hill 2002.
- 23.- R.C: O'Brien, Radiología Dental, ED Interamericana ed 4 1985.