

359



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
EN ODONTOLOGIA

T E S I S A

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

CIRUJANA DENTISTA

1998

P R E S E N T A

BEATRIZ MONTIEL PALMA

DIRECTOR CDMO RICARDO MUZQUIZ Y LIMON

ASESORES C D MARINO AQUINO IGNACIO
C D FERNANDO GUERRERO HUERTA
C D TERESA BAEZA KINGSTON





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



**“PORQUE TE HAGO SABER SANCHO,
QUE LA BOCA SIN MUELAS ES COMO
UN MOLINO SIN PIEDRA, Y EN MUCHO
MÁS SE HA DE ESTIMAR UN DIENTE
QUE UN DIAMANTE.”**

MIGUEL DE CERVANTES SAAVEDRA.

Agradecimientos:

Es difícil mencionar en un corto espacio, aquellas personas que me apoyaron a finalizar mi licenciatura, de una u otra forma siguen ayudándome a crecer y aprender cada momento de mi vida.

En especial quisiera reconocer a:

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por haberme abierto sus puertas para poder ser orgullosamente Universitaria.

A mis padres por su cariño, comprensión, dedicación y confianza.

A mis hermanas Virginia y Silvia, por su preocupación para esforzarme siempre.

Al Cirujano Dentista Ricardo Muzquiz y Limón gracias a él desde que fue mi profesor al inicio de la Licenciatura, aprecié la Odontología como una Carrera de las más hermosas que hay, e hizo que me superará día con día y no ser anquilosada, retrógrada, primitiva, además tuve la dicha de que fuera mi Asesor y Director de Tesina ; Gracias profesor por su tiempo , paciencia y dedicación !

Al Cirujano Dentista Ignacio Marino Aquino con profundo y sincero agradecimiento por su estímulo y guía.

A la Cirujana Dentista Teresa Baeza y al Cirujano Dentista Fernando Guerrero por todas las enseñanzas en la Clínica de Imagenología.

A todos mis profesores que me impartieron sus conocimientos de la Licenciatura en especial a los Doctores.:

Magdalena Semenow, Carlos Rodríguez Avilés, Lassery, Alma Lara Torres Eliza Méndez Torres, Patricia Díaz Coppe, Beatriz Aldape. por su motivación y comprensión.

Al Instructor de Buceo y amigo Jesús Fuentes Cruz por su orientación, afecto y apoyo, para llegar a ser una mejor persona

A mis amigos Viviana Rubalcava, Armando Avella, Sandra Carreño, Francisco Galindo, Reymundo Rubio, Elizabeth Díaz Rico, Karina Ortiz Bravo, Alma Rodríguez, Liliana Gutiérrez, que vivimos momentos muy agradables y valorando las cosas que hay a nuestro alrededor

A los Instructores de Tae Kwan Do por sus nobles propósitos e invaluable ayuda.

Índice

<i>Introducción</i>	2
<i>Justificación</i>	3
<i>Antecedentes</i>	3
<i>Objetivo General</i>	3
<i>Objetivos Específicos</i>	3
<i>Hipótesis</i>	
<i>Hipótesis de trabajo</i>	4
<i>Hipótesis Nula</i>	4
<i>Metodología</i>	4
<i>Capítulo 1 Generalidades</i>	7
1.1 Conceptos de radiación	9
1.1.1 Radiación Roentgen	14
1.1.2 Aparatos de rayos Roentgen	15
1.1.3 Electricidad	18

1.2 Cantidad y calidad de rayos Roentgen	19
1.2.1 Kilovoltaje	19
1.2.2 Miliamperaje	21
1.3 Tipos de radiación emitidas por los aparatos de rayos Roentgen	
1.3.1 Radiación primaria	23
1.3.2 Radiación secundaria	23
1.3.3 Radiación de escape	23
1.4 Ley del cuadrado inverso	24
1.5 Capa de valor medio	2

Capítulo 2 *Dosimetría y aparatos para medir la radiación Roentgen*

2.1 Introducción	27
2.2 Medición de las radiaciones	28
2.3 Unidades de dosis	30
2.3.1 Exposición	30
2.3.2 Dosis absorbida	31
2.3.3 Dosis equivalente	32
2.3.4 Dosis máxima	33
2.3.5 Dosis anual para el personal sanitario	36

2.4 Unidades de medida	37
2.4.1 Roentgen	38
2.4.2 Rad	38
2.4.3 Rem	39
2.4.4 Reb	40
2.5 Unidades SI	40
2.5.1 Gray	41
2.5.2 Sievert	41
2.6 Aparatos para medir la radiación	
2.6.1 Detectores de ionización de gas	43
2.6.2 Radiación dosimétrica	44
2.6.3 Dosímetros personales	49
2.6.4 Película dosimétrica	51
2.6.5 Pluma dosimétrica	58
2.6.6 Dosímetro termoluminiscente	60

Capítulo 3 Protección radiológica

3.1	Introducción	65
3.2	Exposición médica del paciente	66
3.3	Exposición ocupacional	68
3.4	Exposición de poblaciones	69
3.5	Seguridad de otras personas	69
3.6	Diseño del gabinete	70
3.6.1	Control	70
3.6.2	Diseño quirúrgico	70
3.6.3	Protección en el consultorio	72
3.7	Aditamentos que contiene el aparato dental de Rayos Roentgen	
3.7.1	Filtración	75
3.7.2	Colimación del haz de radiación	76
3.7.3	Tamaño del haz	76
3.7.4	Diafragma	77
3.7.5	Regulador del tiempo	77

3.8 Protección de la Radiación del paciente y el Radiólogo	79
3.8.1 Mandiles de plomo	
3.8.2. Distancia entre el Cirujano Dentista y el aparato de rayos Roentgen	80

Capítulo 4 Efectos causados por la radiación Roentgen

4.1 Introducción	83
4.2 Radiación localizada	88
4.2.1 Curva dosis-respuesta	88
4.3 Efectos agudos y crónicos	89
4.4 Período de latencia	90
4.5 Velocidad de dosis	90
4.6 Dosificación para el paciente	91
4.6.1 Dosis total	91
4.6.2 Índice de radiación	91
4.7 Teorías de la lesión por radiación	92
4.7.1 Teoría directa	93
4.7.2 Teoría indirecta	93

4.8 Efectos de la radiación en las células y tejidos	95
4.8.1 Diferenciación celular	95
4.8.2 Piel	98
4.8.3 Médula ósea	98
4.8.4 Ojos	99
4.8.5 Tiroides	99
4.8.6 Efectos somáticos	100
4.8.7 Efectos genéticos	100
4.8.8 Embarazo	101

<i>Conclusiones</i>	103
---------------------	-----

<i>Glosario</i>	105
-----------------	-----

<i>Bibliografía</i>	117
---------------------	-----

Introducción

Introducción

Después del descubrimiento de los Rayos Roentgen en 1895, durante muchos años no hubo restricciones para el uso de los mismos para proteger al operador o al paciente de posibles daños. Hasta que bastantes personas fueron lesionadas por exponerse a la radiación ionizante, nadie había evaluado el potencial de daño inherente al uso de la radiología de diagnóstico.

La necesidad de protectores para los individuos que tomaban las radiografías y para los que interpretaban fueron evidentes durante la Primera Guerra Mundial cuando el intenso uso de los Rayos Roentgen.

Los usuarios del aparato de Rayos Roentgen deben tener en mente el peligro potencial a la salud y lo que significa la protección del paciente, público y operador, debe seguirse el mnemotécnico (tan baja como sea razonable), al seleccionar la dosificación de radiación, sin privar al paciente de las ventajas de un examen radiográfico

El propósito de este trabajo es presentar de manera general los aspectos básicos de Protección Radiológica en Odontología, .

La tesina se divide en 4 capítulos. En el Capítulo 1 se presentan de manera general conceptos más utilizados acerca de la Radiación Roentgen, .

En el Capítulo siguiente contiene las medidas de Radiación y los aparatos más usados para medir la Radiación Roentgen en Odontología.

En el Capítulo tres se presentan los aditamentos usados para la protección contra la Radiación Roentgen en Odontología

En el Capítulo 4 contiene la descripción de los efectos que puede llegar a ocasionar la radiación Roentgen en Odontología.

Por último se presentan las Conclusiones de esta investigación Bibliográfica.

Planteamiento del problema

El Cirujano Dentista de práctica general no siempre tiene los conocimientos acerca de las medidas de seguridad necesarias para la Protección Radiológica.

Justificación del problema

Es importante que el Cirujano Dentista conozca los métodos y aditamentos, que se emplean para tener la protección necesaria en la toma de radiografías.

Objetivo General

Investigar y dar a conocer los métodos y aditamentos de protección radiológica existentes

Objetivos Específicos

Este trabajo tiene la finalidad de:

- ◆ Conocer los métodos y aparatos necesarios para medir la radiación, emitida por los aparatos de Rayos Roentgen (" X ")
- ◆ Aprender el uso y manejo de los aditamentos que se utilizan para la protección Radiológica.
- ◆ Difundir a los Cirujanos Dentistas y alumnos el uso adecuado acerca de la Protección Radiológica en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Planteamiento del problema

El Cirujano Dentista de práctica general no siempre tiene los conocimientos acerca de las medidas de seguridad necesarias para la Protección Radiológica.

Justificación del problema

Es importante que el Cirujano Dentista conozca los métodos y aditamentos, que se emplean para tener la protección necesaria en la toma de radiografías

Objetivo General

Investigar y dar a conocer los métodos y aditamentos de protección radiológica existentes.

Objetivos Específicos

Este trabajo tiene la finalidad de:

- ◆ Conocer los métodos y aparatos necesarios para medir la radiación, emitida por los aparatos de Rayos Roentgen (" X ")
- ◆ Aprender el uso y manejo de los aditamentos que se utilizan para la protección Radiológica.
- ◆ Difundir a los Cirujanos Dentistas y alumnos el uso adecuado acerca de la Protección Radiológica en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Planteamiento del problema

El Cirujano Dentista de práctica general no siempre tiene los conocimientos acerca de las medidas de seguridad necesarias para la Protección Radiológica.

Justificación del problema

Es importante que el Cirujano Dentista conozca los métodos y aditamentos, que se emplean para tener la protección necesaria en la toma de radiografías.

Objetivo General

Investigar y dar a conocer los métodos y aditamentos de protección radiológica existentes.

Objetivos Específicos

Este trabajo tiene la finalidad de:

- ◆ Conocer los métodos y aparatos necesarios para medir la radiación, emitida por los aparatos de Rayos Roentgen (" X ")
- ◆ Aprender el uso y manejo de los aditamentos que se utilizan para la protección Radiológica.
- ◆ Difundir a los Cirujanos Dentistas y alumnos el uso adecuado acerca de la Protección Radiológica en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Hipótesis de trabajo

Es importante tener información que sirva para aplicar los conocimientos de los métodos de protección radiológica, esta investigación aportará una mayor cantidad de información de los métodos y aditamentos.

Hipótesis Nula

No es importante tener conocimiento de los métodos y aditamentos de protección radiológica.

Tipo de investigación

Retrospectiva

Bibliográfica

Métodos

- ◆ Revisión bibliográfica de los métodos de protección radiológica.
- ◆ Revisión bibliográfica de los aditamentos de protección radiológica.
- ◆ Conocer los diferentes dosímetros que existen para la protección Radiológica en Odontología.
- ◆ Difundir las medidas de protección Radiológica a los Cirujanos Dentistas y alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Hipótesis de trabajo

Es importante tener información que sirva para aplicar los conocimientos de los métodos de protección radiológica, esta investigación aportará una mayor cantidad de información de los métodos y aditamentos.

Hipótesis Nula

No es importante tener conocimiento de los métodos y aditamentos de protección radiológica.

Tipo de investigación

Retrospectiva

Bibliográfica

Métodos

- ◆ Revisión bibliográfica de los métodos de protección radiológica.
- ◆ Revisión bibliográfica de los aditamentos de protección radiológica
- ◆ Conocer los diferentes dosímetros que existen para la protección Radiológica en Odontología.
- ◆ Difundir las medidas de protección Radiológica a los Cirujanos Dentistas y alumnos de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Autónoma de México.

La recopilación bibliográfica se llevará a cabo en los siguientes lugares:

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (I.N I.N.')

Facultad de Ciencias

Instituto de Física

Instituto de Química

Facultad de Medicina

Facultad de Odontología

Postgrado de Odontología

Material

Computadora

Scanner

Hojas blancas para imprimir

Cámara fotográfica

Dosímetros

Delantal Protector Radiológico

Capítulo I
Generalidades

Capítulo I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

Los usuarios del aparato de Rayos Roentgen deben tener en mente el peligro potencial a la salud y lo que significa la protección del paciente, público y operador, debe seguirse el mnemotécnico (tan baja como sea razonable), al seleccionar la dosificación de radiación, sin privar al paciente de las ventajas de un examen radiográfico

Para la Medicina y Odontología este método de investigación es indispensable.

Cuando se examina al paciente, la película debe sostenerla el operador solo cuando sea necesario y no de manera rutinaria: hay que proveer al paciente de un protector tiroideo y gonadal, el equipo de Rayos Roentgen será revisado anualmente.

Al aplicar una técnica radiográfica ideal, se obtienen películas de calidad diagnóstica y se reduce la necesidad de repeticiones. Al público se le protege colocando el equipo de Rayos Roentgen lejos de la sala de espera y áreas de tráfico constante. el examen radiográfico debe realizarlo una persona adiestrada, que esté al tanto de los riesgos y precauciones a observar durante el procedimiento.

Después del descubrimiento de los Rayos Roentgen en 1895, durante muchos años no hubo restricciones para el uso de los mismos para proteger al operador o al paciente de posibles daños. Hasta que bastantes personas fueron lesionadas por exponerse a la radiación ionizante, nadie había evaluado el potencial de daño inherente al uso de la radiología de diagnóstico.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

La necesidad de protectores para los individuos que tomaban las radiografías y para los que interpretaban fueron evidentes durante la Primera Guerra Mundial cuando el intenso uso de los Rayos Roentgen.

En hospitales de campo que trataban heridas de guerra dio motivo de preocupación en cuanto a la salud de aquellos que operaban el equipo primitivo sin protección.

Esto condujo a la formulación de las primeras recomendaciones formales en el mundo, las cuales emitió el comité británico para la protección contra los Rayos Roentgen y radio.) en 1921. Aunque principalmente se desarrolló para radiólogos médicos Sin duda afectaron las protecciones contra las radiación comunes en la práctica dental

A esto siguió la integración de la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (ICRP), en 1928 y la formulación de las primeras recomendaciones de las muchas que provenían de este organismo, en la actualidad todos los países elaboran sus propias reglas, pero todas se basan en las recomendaciones de la Integración de la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (ICRP.)

El decreto de 1974 del United Kingdom and Safety at Work hace destacar sobre el médico, en cada circunstancia de su profesión., la obligación de asumir la responsabilidad por la protección de todos los trabajadores y miembros del público contra la radiación de los Rayos Roentgen.

El código de práctica expedido por el departamento de Health and Social Security, está basado en las recomendaciones de international Commission on Radiological Protection y los criterios del Medical Research Council Committee con relación ala protección contra las radiaciones ionizantes. Se recomienda el Radiological Protection in Dental Practice (D.H.S.S, 1975) para ayudar al operador del aparato de Rayos Roentgen a aplicar este código a sus necesidades especiales.

1.1 Conceptos de radiación

La radiación es la energía transferida de un lugar a otro sin transportador material. Con frecuencia se llama **radiación electromagnética**.

Los Rayos Roentgen pertenecen a un grupo conocido como radiaciones electromagnéticas. La propiedad de estas, es que transportan energía a través del espacio en formas de ondas y viajan a la velocidad de la luz (3×10^{10} m/seg) en el vacío.

Este grupo puede ser ordenado en un espectro de acuerdo a su frecuencia individual, longitud de onda y energía. Dependiendo de su longitud de onda y frecuencia de mayor a menor se clasifican dentro del espectro electromagnético en . radio, televisión, microondas, luz visible, ultravioleta, rayos roentgen , rayos gamma, y rayos cósmicos.

La longitud de onda y el nivel de energía determinan las propiedades individuales de cada radiación; sólo las radiaciones con una longitud de onda corta (Rayos Roentgen, rayos Gamma, rayos Cósmicos), pueden ionizarse. Debido a la velocidad constante de radiación electromagnética, la relación entre la longitud de onda y frecuencia se define como:

$$C = T \times V$$

donde

C= velocidad de la luz (m/seg)

T= longitud de onda (m)

V= frecuencia (por segundo)

Puesto que la velocidad es constante, la longitud de onda varía al inverso con la frecuencia. La longitud de onda de los Rayos Roentgen está entre 1 y 0.1 Å (1 angstrom equivale a 10^{-10} m). **PHAROAH M. J. 1993**

Tipos de radiaciones

Se denomina radiación al transporte de energía, de materia o de ambas cosas en una dirección del espacio. También la materia transportada o la energía misma se conoce con el nombre de ***radiación***.

Se puede distinguir en dos tipos :

- ◆ Radiación Corpuscular
- ◆ Radiación Ondulatoria

Radiación corpuscular

En la radiación corpuscular se transporta energía a través de partículas con masa (radiación de partículas). estas partículas rápidamente desplazadas pueden ser átomos, iones, partes constitutivas del núcleo, como los neutrones, electrones o partículas elementales.

Radiación electromagnética

En la radiación ondulatoria se transporta energía en forma de ondas electromagnéticas sinusoidales de diferente longitud de onda. Estas surgen por la formación y desaparición periódica de campos eléctricos y magnéticos combinados

El espectro de ondas electromagnéticas abarca desde las ondas largas de la radio hasta las longitudes de onda ultracortas de los rayos cósmicos.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

El espectro electromagnético es un agrupamiento de ondas energéticas que tienen en común la ingravidez de las ondas y su velocidad de transmisión (300, 000 km./seg.). las radiaciones del espectro difieren en su longitud de onda y en su frecuencia. las que tienen longitud de onda más corta y una frecuencia más elevada poseen una mayor energía fotónica.

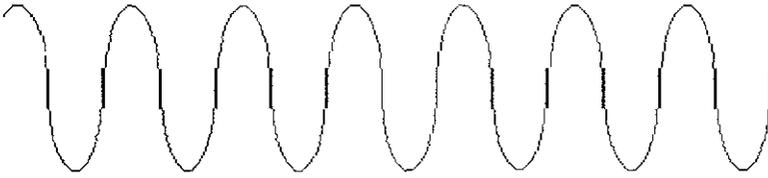
La onda energética viaja de la misma forma a como una ondulación atraviesa una masa de agua en calma. la cima de la onda se denomina **cresta** y su zona más profunda **valle**, la distancia desde una cresta a otra se conoce como **longitud de onda** y suele abreviarse con la letra griega *lambda*. La longitud de onda de los rayos Roentgen es muy corta y se mide en unidades Angstroms, que equivalen a 1/100.000. 000 de centímetro y pueden expresarse como 10^{-8} cm.

Las radiaciones electromagnéticas cuya energía es demasiado baja para producir ionización se emplean en las técnicas de formación de imágenes por resonancia magnética (Rm) para fines diagnósticos.

Los Rayos Gamma y los Rayos Roentgen tienen propiedades idénticas si sus longitudes de onda son las mismas, se diferencian únicamente por su origen. Los Rayos Roentgen. son la consecuencia de las interacciones electrónicas y atómicas dentro de un tubo de Rayos Roentgen, mientras que los Rayos Gamma se originan en el interior del núcleo de sustancias radiactivas.

La radiación ultrasónica es otro tipo de radiación que se utiliza en medicina, el ultrasonido es una radiación no electromagnética ni ionizante que se aplica para obtener la imagen de estructuras internas, el que no sea ionizante hace que su uso sea aceptable en situaciones en las que las radiaciones ionizantes serian perjudiciales por ejemplo, obtención de la imagen fetal en las mujeres embarazadas.

cresta



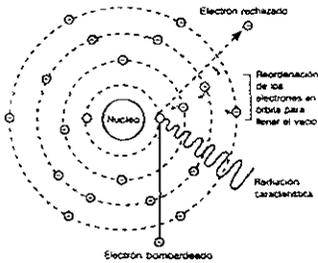
valle

LONGITUD DE ONDA

Radiación ionizante

Algunos de los efectos de la radiación ionizante solo difieren cuantitativamente de los efectos de formas menos energéticas de radiación. ondas electromagnéticas de energía relativamente baja pueden romper los enlaces químicos intramoleculares., tal rotura es uno de los efectos característicos y mas peligrosos de las ondas o particularmente de energía mas elevada. Como ocurre con todas las radiaciones electromagnéticas, el efecto de la radiación ionizante depende de su absorción por el cuerpo, la absorción de radiación ionizante depende en gran parte de sus características físicas, si se trata de partículas o de radiación de fotones, en caso de que sean partículas, si llevan o no una carga y de su contenido energético.

Las formas de radiación ionizante los Rayos Roentgen se trata de fotones o cuantos de energía que no tienen masa ni carga, viajan con una velocidad casi similar ala de la luz, son producidas por transformaciones de electrones orbitales extranucleares, o por la brusca desaceleración de electrones de alta velocidad como en un tubo de Rayos Roentgen, pueden tener practicamente cualquier contenido energético, como no tienen masa ni carga, es mucha su capacidad de penetrar y atravesar la materia.



un electrón que saca un electrón de un nivel interno del átomo de tungsteno, ocasiona una reordenación del resto de los electrones en órbita. A la producción de un fotón se le conoce como radiación

Radioactividad

Se entiende por radioactividad la emisión espontánea de partículas atómicas; En los elementos radiactivos naturales se acompaña de radiación electromagnética; la Radiación Gamma.

Becquerel, descubrió este fenómeno al observar la impresión de placas fotográficas por sales de uranio. Rutherford, al someter estas radiaciones a un campo magnético las diferenció en tres tipos:

Radiaciones Alfa: Es la emisión de corpúsculos formados por dos protones y dos neutrones idénticos a un núcleo de helio (He^{++}) ambos protones le dan carga positiva, en el campo magnético sufre deflexión hacia el polo negativo; tiene masa atómica de 4. su poder de penetración es reducido, su velocidad es de 30,000 km./seg. al chocar con otros átomos deja en libertad electrones, su poder de ionización es muy grande

Radiación Beta: Es una corriente de electrones, por su carga negativa en el campo magnético se dirige al polo positivo. tiene masa menor y mayor poder de penetración que la radiación alfa, su velocidad inicial es de 250, 000 km./seg. su poder de ionización es menor.

Radiación Gamma: Es de naturaleza electromagnética. se diferencia de los Rayos Roentgen , por su menor longitud de onda, su poder de penetración es mayor.

1.1.1Radiación Roentgen

Es una radiación electromagnética ionizante de alta energía; los Rayos Roentgen se definen como haces de energía de menor peso (fotones) sin una carga eléctrica ,que viajan en ondas con una frecuencia especifica casi similar a la velocidad de la luz. los fotones de los Rayos Roentgen interactúan con los materiales que penetran y causan ionización. Los Rayos Roentgen tienen ciertas propiedades.

Apariencia: Los rayos Roentgen son invisibles

Masa: No tienen masa ni peso.

Longitud de onda: Viajan en ondas, tienen longitudes de onda corta con una frecuencia alta.

Ruta de viaje: Viajan en líneas rectas y se pueden dispersar.

Poder de penetración . Pueden penetrar líquidos, sólidos y gases. La composición de la sustancia determina si los Rayos Roentgen pasan a través de ella o se absorben.

Absorción: La materia las absorbe, según la estructura atómica y la longitud de onda del rayo.

Capacidad de ionización: Interactúan con los materiales que penetran y causan ionización

Efecto en la película: Pueden generar una imagen en la película fotográfica.

Efectos en los tejidos vivos: Pueden causar cambios biológicos en las células vivas.

1.1.2 Componentes del aparato de los rayos Roentgen de uso dental

El aparato dental se divide en 3 partes de estudio:

- ◆ Componentes
- ◆ Tubo de rayos roentgen
- ◆ Aparato que genera los Rayos Roentgen

Componentes

El aparato tiene 3 partes visibles

- ◆ Módulo de control
- ◆ Brazo de extensión
- ◆ Cabeza del tubo

Módulo de control

Este contiene un botón de encendido y una luz indicadora, un botón de exposición y luz indicadora, y aparatos de control (selectores de tiempo, kilovoltaje y miliamperaje) . El módulo de control se conecta a un enchufe eléctrico.

Brazo de extensión

Esté montado en la pared suspende la cabeza del tubo de los Rayos Roentgen contiene los alambres eléctricos que se extienden desde el módulo de control hacia la cabeza, permite los movimientos y coloca en posición la cabeza del tubo.

Cabeza del tubo

Es una caja de metal pesado, que rodea al tubo de los Rayos Roentgen y transformadores, esta llena de aceite, protege al tubo y conecta a tierra los componentes de alto voltaje.

Aceite aislante

Rodea al tubo de Rayos Roentgen y transformadores dentro de la cabeza, evita sobrecalentamiento al absorber el calor creado con la producción de los Rayos Roentgen

Sello de la cabeza

Es una cubierta de aluminio o de vidrio plomado de la cabeza del tubo, permite en este sitio la salida de los Rayos Roentgen el aceite y la cabeza del tubo, actúa como filtro del haz de rayos.

Tubo de Rayos Roentgen

Es el corazón del sistema que genera los Rayos Roentgen. es importante para la producción del haz, es un tubo de vidrio del cual se le elimina todo el aire, el que se utiliza en Odontología mide varios centímetros de largo por 2.5 cm de diámetro. las partes componentes del tubo incluyen el contenedor de vidrio plomado, un cátodo negativo y un ánodo positivo

Transformador

Es el que cambia el voltaje de la electricidad de ingreso.

Discos de aluminio u hojas de aluminio

Hojas de aluminio de 0.5 mm de grosor colocadas en la vía del haz de rayos Roentgen filtra los rayos no penetrantes, de longitud de onda larga.

Colimador de plomo

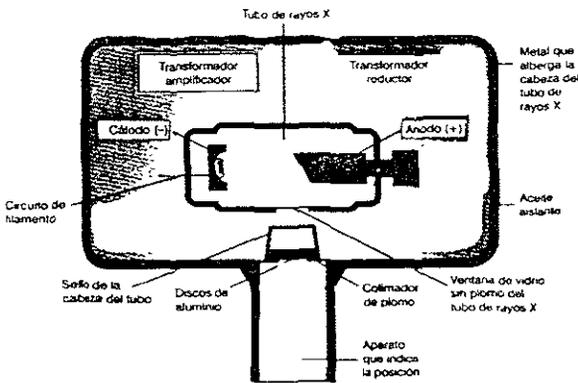
Es una lámina de plomo con un orificio central que se ajusta de manera directa sobre la apertura del contenedor metálico de donde salen los Rayos Roentgen , restringe el tamaño del haz.

Cono

Es un cilindro recubierto de plomo con un extremo abierto que se extiende desde la apertura del contenedor metálico de la cabeza del tubo, ayuda y da forma al haz de Rayos Roentgen. En ocasiones se conoce como el aditamento que indica la posición.

Contenedor de vidrio plomado

Es un tubo de vidrio plomado al vacío que evita que los rayos roentgen salgan en todas direcciones, el área central tiene una ventana que permite que el haz de Rayos Roentgen salga del tubo y lo dirige hacia los discos de aluminio, el colimador de plomo y el cono



Esquema de la cabeza del tubo de rayos Roentgen

Componentes del aparato que genera los rayos Roentgen para uso Odontológico.

El radiólogo dental debe entender la electricidad, las corrientes eléctricas, los circuitos eléctricos y transformadores

1.1.3 Electricidad y Corrientes eléctricas

La **electricidad** es la energía que se utiliza para hacer los rayos roentgen , la energía eléctrica es un flujo de electrones a través de un conductor este flujo se le conoce como **corriente eléctrica**.

El **amperaje** es la medida del número de electrones que se mueven a través de un conductor, la corriente se mide en **amperes o miliamperes (mA)**. El **voltaje** es la medida de la fuerza eléctrica que hace que los electrones se muevan de un polo negativo a un polo positivo, el voltaje se mide en **voltios o kilovoltios (kv)**. en la producción de los Rayos Roentgen

Se pueden ajustar el amperaje y el voltaje, en el tubo de los Rayos Roentgen el amperaje o el número de electrones que pasan a través del filamento catódico, se aumenta o disminuye al cambiar el miliamperaje (mA) en el módulo de control del aparato.

El voltaje de la corriente del tubo, o la corriente que pasa del cátodo al ánodo se controla con el ajuste de kilovoltaje máximo (kvp) en el módulo de control.

1.2 Calidad y Cantidad del haz de Rayos Roentgen

La longitud de onda determina la energía y el poder de penetración de la radiación los Rayos Roentgen con longitud de onda más corta tienen mayor poder de penetración, mientras que la longitud de onda mayor son menos penetrantes y es más probable que la materia los absorba, en Radiología Dental el término **calidad** se utiliza para describir la energía principal o capacidad de penetración del haz de Rayos Roentgen. la calidad o longitud de onda y energía del haz la controla el **kilovoltaje**.

1.2.1 Kilovoltaje y Kilovoltio (kv)

El **voltaje** es una medida de fuerza que se refiere a la diferencia probable entre dos cargas eléctricas, dentro de la cabeza del tubo de Rayos Roentgen dental, el voltaje se mide en voltios o kilovoltios, un voltio (V) es la unidad de medida utilizada para describir la potencia que dirige una corriente eléctrica a través de un circuito. el equipo dental de rayos roentgen requiere voltajes altos; las unidades radiográficas operan con kilovoltios, un kilovoltio (k v) es igual a 1000 voltios.

El voltaje es la medida de la fuerza eléctrica que hace que los electrones se muevan desde el cátodo hacia el ánodo positivo

CAPÍTULO I **GENERALIDADES**

El voltaje determina la velocidad en la que los electrones viajan del cátodo al ánodo, cuando aumenta el voltaje también aumenta la velocidad en la que viajan los electrones, cuando esto sucede los electrones chocan en el blanco con mayor fuerza y energía, lo que produce un haz de Rayos Roentgen penetrante con la longitud de onda corta.

La radiografía dental requiere de 65 a 100 kv., menos de esto no permite una penetración adecuada, mientras que el uso de mas produce una sobrepenetración.

El kilovoltaje se ajusta de acuerdo con las necesidades de diagnóstico individuales del paciente, el uso dental de acuerdo con la longitud de onda calidad de los Rayos Roentgen se clasifican en los aparatos se clasifican en duros, medianos, blandos. los rayos duros van de 70-100 kilovoltios, los rayos medianos de 60-75 kilovoltios y los rayos blandos oscilan de 50 -60 kilovoltios. Los factores de exposición kilovoltaje, miliamperaje, tiempo de exposición, se fabrican 3 tipos de aparatos, fijos semifijos, movable. los aparatos fijos actualmente se venden estos para uso de radiografías intraorales, no se pueden mover los amperaje ni miliamperaje, semifijos uno de los 2 factores se puede mover, movibles son para uso extraoral llegan a tener 90-95 kilovoltios..

Kilovoltaje máximo (Kvp)

El kilovoltaje máximo se define como el kilovoltaje mayor permitido. El medidor del voltaje en el módulo de control mide el voltaje en el tubo de Rayos Roentgen, que en realidad es el voltaje máximo de una corriente alterna(abreviado Ca) este voltaje máximo se mide en kilovoltios, de ahí el nombre de kilovoltaje máximo o kvp., por ejemplo, cuando se emplean 90 kvp para exponer una película, el voltaje máximo en la corriente del tubo es de 90 000 voltios, como resultado de las variaciones de voltajes que se presenta en la corriente del tubo de Rayos Roentgen .

1.2.2 Miliamperaje y Miliamperes (mA)

La cantidad se refiere al número de Rayos Roentgen producidos, el amperaje determina la cantidad de electrones que pasan a través del filamento del cátodo. Un aumento en el número de electrones disponible para viajar del cátodo al ánodo aumenta el número de Rayos Roentgen

El miliamperaje controla la cantidad de los Rayos Roentgen producidos. Un **ampere (A)** es la unidad de medida que se emplea para describir el número de electrones o corriente, que fluye a través del filamento del cátodo, el número de amperes necesario para operar la unidad dental de Rayos Roentgen es poco por lo que se mide en miliamperes.

Un miliampere (mA) es igual a 1/1 000 de un ampere. Actualmente los aparatos de Rayos Roentgen dentales tienen una medida de miliamperes fija, mientras otras se pueden cambiar en el módulo de control, en radiología dental se requiere de 7a 15 mA, no se recomienda colocar por arriba de 15mA debido a la producción excesiva de calor en el tubo del aparato dental.

El miliamperaje regula la temperatura del filamento del cátodo, un miliamperaje mayor aumenta la temperatura y en consecuencia incrementa el número de electrones producidos. lo que a su vez hace que los electrones que chocan en el cátodo aumenten el número de Rayos Roentgen emitidos en el tubo.

Los miliamperes y el tiempo de exposición tienen una influencia directa en el número de electrones producidos por el filamento del cátodo y cuando se combinan de miliamperes y tiempo de exposición forman un factor común llamado **miliamperaje-segundo(mAs)**.

$$\text{miliamperes} \times \text{tiempo de exposición} \\ (\text{segundos}) = \text{miliampere- segundos}$$

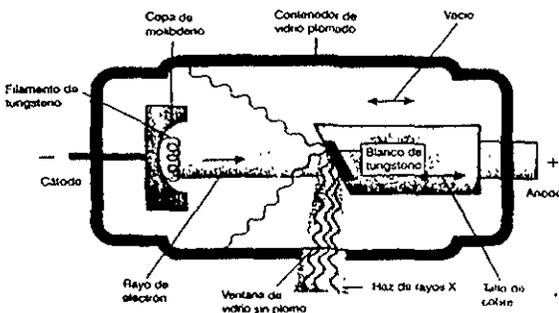
Cuando el miliamperaje aumenta, el tiempo de exposición disminuye y viceversa.

Tiempo de exposición y Kilovoltaje máximo

El miliamperaje controla la cantidad o número de Rayos Roentgen emitidos por la cabeza del tubo del aparato dental, también controla el amperaje de la corriente del filamento y la cantidad de electrones que pasan a través del mismo. Al aumentar el miliamperaje, más electrones pasan a través del filamento por lo tanto se producen más Rayos Roentgen.

El tiempo de exposición se refiere al intervalo durante el cual se producen los Rayos Roentgen, se mide en impulsos porque los Rayos Roentgen se crean en serie de golpes o pulsos y no en un chorro continuo, cada 1/60 de segundo se presenta un impulso, por tanto hay 60 impulsos en un segundo.

Para compensar la fuerza de penetración del haz de Rayos Roentgen, es necesario ajustar el tiempo de exposición con kilovoltaje máximo aumentado. Se deduce por tanto que **el miliamperaje y tiempo de exposición están relacionados de manera inversa**, cuando se altera el miliamperaje, el tiempo de exposición se ajusta para mantener la densidad diagnóstica en la película, cuando aumenta el miliamperaje disminuye el tiempo de exposición y viceversa.



ESQUEMA DE PRODUCCION DE LOS RAYOS ROENTGEN

1.3 Tipos de radiación Roentgen emitida por el Aparato dental

1.3.1 Radiación primaria

Está se refiere al haz de Rayos Roentgen penetrante que se produce en el blanco del ánodo y sale de la cabeza del tubo, este haz se conoce como ***haz primario o rayo de utilidad.***

1.3.2 Radiación secundaria

Se refiere a la Radiación Roentgen que se crea cuando el rayo primario interactúa con la materia (en radiología dental, la materia incluye tejidos blandos de la cabeza, hueso del cráneo, dientes) la radiación secundaria es menos penetrante que la primaria.

1.3.3 Radiación dispersa o de Escape

Es una forma de radiación secundaria y es el resultado de un rayo que se desvió de su vía por su interacción con la materia. La radiación dispersada se desvía en todas direcciones en los tejidos del paciente y puede viajar a todas partes del cuerpo, áreas del gabinete dental, es dañina para el paciente y el radiólogo.

Se utiliza a la ley del Cuadrado Inverso para explicar como afecta la distancia la intensidad del Rayo Roentgen.

1.4 Ley del Cuadrado inverso:

Esta ley establece lo siguiente:

La intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia de la fuente de radiación. Inversamente proporcional " significa que al aumentar una variable, la otra disminuye ". cuando aumenta la distancia de la fuente de la película, la intensidad del rayo disminuye.

La intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia.

$$\frac{\text{intensidad original}}{\text{intensidad nueva}} = \frac{\text{distancia original}^2}{\text{distancia nueva}^2}$$

1.5 Capa de Valor Medio (CVM)

Para reducir la intensidad del rayo se colocan filtros de aluminio en la vía del rayo dentro de la cabeza del tubo , estos filtros se utilizan para eliminar los Rayos Roentgen de baja a energía, de menor penetración y mayor longitud de onda, así aumentan la capacidad de penetración promedio del rayo mientras reducen la intensidad.

El grosor del material específico, como el aluminio, que cuando se coloca en la vía del rayo reduce la intensidad a la mitad, se le llama **capa de valor medio**, al medir la capa se determina la calidad de penetración de los Rayos Roentgen mientras más gruesa sea, mayor es la penetración del rayo.

Los Rayos Roentgen tienen un contenedor de vidrio plomado, un cátodo negativo y un ánodo positivo. los electrones se producen en el cátodo y se aceleran hacia el ánodo, el ánodo convierte los electrones en Rayos Roentgen.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

Después de que los rayos salen de la cabeza del tubo se presentan varias interacciones : los Rayos Roentgen pasan a través del individuo , el paciente los absorbe por completo (**efecto fotoeléctrico**) o se dispersan.

Capítulo II

Dosimetría y aparatos para medir la radiación Roentgen

Capítulo II

Dosimetría y aparatos para medir la radiación Roentgen

2.1. Introducción

Puesto que la radiación ionizante en general no es perceptible por los sentidos, es necesario valerse de instrumentos apropiados para detectar su presencia. Asimismo interesan su intensidad, su energía, o de cualquier otra propiedad que ayude a evaluar sus efectos. Se han desarrollado muchos tipos de detectores de radiación. Cada clase de detector es sensible a cierto tipo de radiación, y así cierto intervalo de energía. Por ello es de primordial importancia seleccionar el detector adecuado a la radiación que se desea medir, el no hacerlo puede conducir a errores graves.

El diseño de los detectores está basado en el conocimiento de la interacción de las radiaciones con la materia. Las radiaciones depositan energía a los materiales, principalmente a través de la ionización y excitación de sus átomos.

Asimismo puede haber emisión de luz, cambios de temperatura o efectos químicos, todo lo cual puede ser un indicador de la presencia de radiación.

Los monitores de radiación y los dosímetros dan lecturas en unidades de exposición, de dosis absorbida o dosis equivalente.

La determinación de la cantidad de exposición a la radiación o dosis se le denomina **dosimetría**. El término de **dosís** define la cantidad de energía absorbida por unidad de masa en una zona de interés, **exposición** es una medida de la radiación, basada en su capacidad para ionizar el aire en condiciones estándar de temperatura y presión.

Se disponen de varias técnicas para hacer esas mediciones, basadas en propiedades de las radiaciones ionizantes.

2.2. Medición de las radiaciones

La radiación sólo puede medirse por el efecto que produce en un medio que absorba energía

La magnitud de cualquier de estos efectos depende en grado fundamental de la cantidad de energía absorbida. La absorción de energía depende de la calidad de la radiación y de la composición química del medio que la absorbe.

La medición de la ionización producida en el aire por los Rayos Roentgen es la base para su detección y medida.

La medición de la dosis alcanzada por la acción de las radiaciones y de las unidades de dosis correspondientes a los diversos campos de trabajo sirven principalmente para conocer la sobrecarga de radiación en el paciente, personal expuesto a ella.

La energía mensurable de la radiación depende de :

- ◆ La intensidad de la corriente de calentamiento (mA x S) de ello depende el número de electrones emitidos en el cátodo, que es igual al número de fotones activos.
- ◆ El voltaje (Kv) aplicado, de ello depende sobre todo la energía de las radiaciones, o sea su capacidad de penetración así como el tipo de dispersión.
- ◆ Filtro empleado (de ello depende el número y la calidad de los fotones en la radiación útil, la energía media es modificada en el sentido de un “ endurecimiento “

La cantidad de ionización producida en una pequeña masa de aire por un haz de rayo dependerá de distintos factores:

- ◆ Cantidad de energía del rayo
- ◆ Calidad de la radiación
- ◆ Distancia de la masa de aire o cámara de ionización respecto de otros objetos que están en el haz

Material y espesor de la pared de la cámara de ionización .los dos primeros factores son características de la radiación que no pueden ser variadas. el material de la pared de la cámara de ionización se elige de modo que amortigüe el haz en el mismo grado que una masa igual de aire estas cámaras tienen una pared equivalente al aire. el propósito de medir con tales cámaras es determinar la cantidad de energía perdida por un haz de radiación en una masa de aire, llamada **exposición** .

La unidad de exposición es el **Roentgen** designado con la letra " R " .

El Roentgen " R " define la radiación a la que un objeto puede ser expuesto en términos de la cantidad de energía que se transferirá a una masa de aire ubicada en este lugar, una exposición de un 1 R significa que la cantidad de energía que será transferida a 1 g de aire es de 87.7 ergs-

♦ La cantidad de exposición " R " por minuto, medida en un haz de Rayos Roentgen, esta determinada por : el miliamperaje , el kilovoltaje, el filtro y la distancia entre la fuente o punto focal y la cámara de ionización.

(Un cambio en el miliamperaje produce un cambio correspondiente en la cantidad de exposición porque el número de fotones producidos por segundo es proporcional al número de electrones que golpean contra el ánodo en cada segundo (medidos en miliamperios).

Un cambio en el kilovoltaje varia la cantidad de exposición porque el número y la energía relativa de los fotones dependen del kilovoltaje, la cantidad de exposición es aproximadamente proporcional al cuadrado de el kilovoltaje.)

Sí la exposición total , " R " , de una película permanece constante, el efecto sobre ella será constante, si la cantidad de la radiación (energía de los fotones) permanece constante. pero la exposición es una medida de la cantidad de interacción de los fotones con el aire, mientras que el efecto sobre la película es una medida de la interacción de los fotones con esta última, en particular con la plata de emulsión.

La proporción de la cantidad de estas dos interacciones varía de acuerdo con la energía de los fotones, por lo tanto exposiciones iguales a radiaciones de calidades diferentes pueden no producir el mismo efecto sobre la película

- ◆ El número exacto de ergs no se conoce , 87.7 es el valor de uso corriente en este momento.
- ◆ Si la exposición se debe solo a los Rayos Roentgen el efecto sobre la película es independiente de la cantidad de exposición. pero si se usan pantallas reforzadoras , la mayor parte de la exposición se debe a la radiación visible, para las exposiciones a la radiación visible, el efecto sobre la película cambia ligeramente con las modificaciones en la cantidad de exposición aunque el total de esta se mantenga igual, el efecto máximo se produce cuando el tiempo de exposición es aproximadamente de 0.1 segundo

Los Rayos Roentgen solo pueden ser medidos sobre la base de su efecto de entrega de energía en un medio, de modo que la absorción de la energía por ese medio depende de la calidad de los rayos y la composición química del medio. desde el principio se tomo como ayuda la medición de la ionización del aire (se acepta que el aire es igual al tejido blando.)

Un método que todavía hoy es el fundamento de la determinación de la dosis. "R " como unidad de dosis de iones es empleada desde 1962 se define a la *radiación* a la cual esta expuesto u objeto, igual a la energía que actúa sobre una cantidad conocida de aire en lugar de sobre este objeto.

Mientras que " R " funciona como unidad de medida, la unidad oficial de medición de dosis es el Gray (Gy) o rad.

2.3 Unidades de dosis

En la región de longitudes de onda más cortas del espectro de la radiación que recibimos del sol, cada fotón de un Rayo Roentgen (originado por transiciones de los electrones mas internos del átomo) o de un Rayo Gamma (originado en un cambio de niveles energéticos del núcleo)

Lleva una energía de 100 Ev o si se le comunica esta energía a una célula, los efectos bioquímicos que se producen son similares a los debidos a las partículas radiactivas.

La dosis de radiación se determina por la cantidad de energía absorbida por un medio y se expresa en *rads*. Una dosis absorbida de 1 rad se ha entregado cuando un gramo de material irradiado absorbido 100 ergs aunque no es factible medir dosis en el tejido, pueden calcularse valores aproximados, si se conoce la exposición (R), la calidad de la radiación y la composición química del tejido

2.3.1 Exposición

La exposición es una medida de cantidad de radiación, basada en la capacidad de la radiación para ionizar el aire, el Roentgen (R) es la unidad tradicional de exposición a la radiación medida en el aire, 1 R es la cantidad de radiación Rayos Roentgen o Rayos Gamma, que produce 2.08×10^9 pares de iones de 1 cc de aire Mide la intensidad de la radiación a la que esta expuesto un objeto.

2.3.2 Dosis absorbida (rads)

Es una medida de la energía cedida por cualquier tipo de radiación ionizante a una masa de cualquier material. La unidad si es el Gray (Gy) 1 Gy es igual a 1 julio/kg, la unidad tradicional de dosis absorbida es el *rad* (radiation absorbed dose o dosis absorbida de radiación) la magnitud de 1 rad equivale a 100 ergios/g de absorbente y 1 gray es igual a 100 rads.

La cantidad de exposición (R) de un material a los Rayos Roentgen no mide necesariamente el efecto que ellos producirán. este depende de la cantidad real de energía que absorba el material llamada **dosis absorbida** se expresa en *rads*

Una dosis absorbida de un rad es la que se entrega cuando 1g de material irradiado ha absorbido 100 ergs.

(La definición oficial actual es , el **rad** es una dosis absorbida igual a:

0.01 joule/kg esto equivale a 100 ergs/g.

La cantidad de energía absorbida (*dosis*) por un material expuesto a 1 R puede ser mayor o menor que la energía transferida al aire expuesto a 1 R, esto depende de la composición química del material y de la calidad de radiación.

La cantidad de energía absorbida por 1 g de esmalte expuesto a 1 R, será aproximadamente el doble que la absorbida por 1 g de hueso..

El hecho de que el hueso absorba más energía que la grasa y el músculo, es la razón por la cual este proyecte una sombra más oscura en la radiografía. el hecho de que la absorción osea decrezca con el aumento de la **capa de valor medio(CVM)** de la radiación , lo que trae como resultado una menor diferencia en la cantidad de atenuación en el hueso y en la grasa y músculo, es una de las razones en por las que el contraste de las películas es menor con kilovoltajes más altos.

2.3.3 Dosis equivalente

La dosis equivalente (H_T) se usa para comparar los efectos biológicos de diferentes tipos de radiación sobre un tejido o un órgano.

Es la suma de los productos de la dosis absorbida media (D_T) por un tejido u órgano y el factor de compensación de la radiacion (W_T)

$$H_T = \sum W_R X D_t$$

Se expresa como una suma para tener en cuenta la posibilidad de que el tejido o el órgano haya estado expuesto a mas de un tipo de radiación.

El factor de compensación de la radiación depende del tipo de radiación y su energía así, una radiación de transferencia lineal de energía (*TEL*) alta (más dañina para los tejidos que otra de tel baja) tendrá un W_R proporcionalmente más alto por ejemplo, el W_R de un fotón es 1, el de los neutrones de 5 kev y el de los protones con alta energía 5 y el de las partículas alfa 20 .

La unidad de dosis equivalente es el Siervert (*Sv*), en los exámenes de Rayos Roentgen para diagnostico 1 Sv es igual a 1 Gy.

La unidad tradicional de dosis equivalente es el *rem* (Roentgen equivalent man o equivalente Roentgen humano) un Sievert es igual a 100 rems

Transferencia de energía lineal

La transferencia de energía lineal (*TEL*) es la energía otorgada por la unidad de longitud (micrón) en la trayectoria de cualquier partícula ionizada en el tejido. por lo general, la más alta tel es la de mejor efecto.

2.3.4 Dosis máxima

La dosis máxima permisible aceptada hoy día para la exposición ocupacional de todo el cuerpo es de 3 rem en un trimestre, con la restricción de que la dosis acumulada en cualquier momento no debe exceder 5 rem multiplicado por la edad del individuo menos 18. esto significa que la dosis de la exposición ocupacional promedio no debería exceder los 5 rem por año, esto significa un promedio de 0.1 rem por semana.

La dosis máxima permisible actual para gente no expuesta ocupacionalmente es de 0.5 rem por año.

Los primeros valores se eligieron sobre la base de lo que creía un nivel de dosis al que algunas personas fueran expuestas durante periodos de muchos años y no mostraron efectos inaceptables.

Hasta donde se sabe, nadie que recibiera una dosis que no excedió la primera tolerancia mostró efectos inaceptables para la mayoría de los individuos

Cuando el odontólogo exponga a su paciente a los Rayos Roentgen dentales, dirigirá el dispositivo indicador de posición o cono , hacia la película que coloco dentro o fuera de la boca del paciente, al exponer la película a los Rayos Roentgen, la cantidad de radiación dirigida al paciente es la **dosis de exposición**, la cantidad absorbida por el paciente por unidad de tiempo es el **grado de dosis** y se expresa en rads por segundo, (rads/seg)

Dosis efectiva

La dosis efectiva (E) se utiliza para estimar el riesgo en el ser humano, es la suma de los productos de la dosis efectiva de cada órgano o tejido (H_T) y el factor de compensación para el tejido (W_T)

$$E = \sum W_T \times H_T$$

Los factores de compensación para distintos tejidos son los siguientes:

Gónadas	0.20
Médula	0.12
Tiroides	0.5
Piel	0.01
Superficie ósea	0.01

La unidad de dosis efectiva es el **Sievert (Sv)**.

Valores límite permisibles de la sobrecarga por radiaciones

El primer intento para establecer una sobrecarga límite que pudiera ser portadora sin daño lo hizo Mutscheller en 1925. en la actualidad, las Comisiones especiales de la ONU dictaminan las líneas básicas para la Protección contra las Radiaciones (Comisión Internacional de Protección Frente a las Radiaciones ICRP) y para las unidades y medidas radiológicas (ICRU) por lo que es importante definir la dosis total y la dosis anual.

El núcleo de las recomendaciones de la ICRP y de la ICRU esta representado por la formula

$$D= 50 (n-18) \text{ mj/kg}$$

Cuyos términos significa.

D: Dosis total que un individuo puede haber recibido a lo largo de su vida hasta el momento de la medición

n: Edad de la persona afectada cuya sobrecarga de radiación ha de ser medida.

-18: Sustracción de 18 años de la edad de la persona considerada porque nadie debe ser expuesto profesionalmente antes de esa edad a una sobrecarga normal de radiación

mj/kg: Símbolo de la dosis unitaria de protección contra la radiación que para los Rayos Roentgen es igual a mGy

Concretamente esto significa que un radiólogo de 40 años, la dosis total recibida no debe sobrepasar 1.1 j/kg (aprox 110 rem, para la persona no expuesta a los Rayos Roentgen, la dosis total no debe sobrepasar, en el periodo de capacidad reproductora de su vida, el valor de 50 mj/kg (aprox 5 rem.)

2.3.5 Dosis anual para el personal sanitario y los pacientes expuestos a radiaciones.

Para el personal expuesto a los Rayos Roentgen, la dosis anual (gónadal) esta limitada a 50 mj/kg (aproximadamente 5 rem), y la semanal a 1mj/kg (aprox. 0.1 rem), para igualar sobrecargas oscilantes, la dosis recibida en 13 semanas consecutivas puede llegar a 30 mj/kg(aprox. 3 rem), pero la dosis anual no debe sobrepasar los 50 mj/kg (aprox. 5 rem).

Las mujeres de edad fértil (menores de los 45 años) expuestas a radiaciones a las radiaciones no pueden recibir en el abdomen más de 13 mj/kg (aprox. 1.3 rem) por trimestre.

Desde el momento de reconocimiento de un embarazo , la dosis acumulada en el abdomen hasta el parto no puede ser mayor de 10 mj/kg (aprox. 1 rem), además de la dosis anual igualada a la dosis corporal total y a la gónadas, hay otra dosis anual con relación a los órganos. (Comisión Internacional de Protección Frente a las Radiaciones. ICRP).

Dosis corporal anual.

1. Cuerpo completo. gónadas, médula ósea	50 mj/kg (aprox 5 rem)
2. Órgano aislado seleccionado (excepto los del punto 1)	150mj/kg (aprox 15 rem)
3. Huesos tiroides, piel (Sin extremidades)	300mj/kg (aprox 30rem)
4. Extremidades	750mj/kg (aprox.75 rem)

El individuo de la población no expuesta a radiaciones no debe ser sobrecargado con mas de 5mj/kg (aprox. 0 5 rem) por año.

2.4 Unidades de medida

Para poder cuantificar los aditamentos necesarios para la protección es esencial poseer métodos adecuados de medición .

las unidades existentes para este fin son las siguientes:

2.4.1 Roentgen

Primera unidad de dosificación utilizada. se define como la cantidad de pares de iones que se producen en aire seco, aunque también, como la cantidad de radiación Roentgen o Gamma que pierde $83.4 \times 10^{-7} \text{ J}$ de energía por gramo en el aire. El roentgen (R) es una medida de exposición a la radiación usada tanto en Rayos Roentgen como Gamma.

Un R produce 2.08×10^9 iones pares en 1 ml de aire. El milRoentgen(mR) es la unidad usual en radiación de bajo nivel.

Por lo tanto se define el Roentgen como

Una medida de exposición a la radiación, se mide en términos del potencial que tiene cualquier haz de radiación para ionizar el aire que atraviesa.

2.4.2 Rad

Es la unidad de energía absorbida (dosis de radiación absorbida, o de manera específica la suma de la energía depositada en un volumen determinado de un rayo (1 rad equivale a 100 ergios por gramo). el valor del rad depende del tipo, energía de radiación y composición de la materia .

En radiología dental 1 R de energía media de Rayos Roentgen produce aproximadamente 0.903 rad en tejidos blandos, el término rad ha sido reemplazado por el de Gray (Gy), donde 1 Gy equivale a un joule por kilogramo, que también equivale a 100 rad

El rad se define como la cantidad de radiación Roentgen o radiación gamma que al ser absorbido cede 10^{-5} joules por gramo de tejido.

Por lo anterior se deduce:

El rad es una medida de la cantidad de energía que en cualquier material en el camino de la radiación absorbe del haz de Rayos Roentgen. se expresa en términos de joules por kilogramo, y $1 \text{ rad} = 0.01 \text{ J/kg}$.

La cantidad de absorción depende del número atómico del material mientras mayor sea este, mayor es la absorción, así por ejemplo el calcio capta más energía que el tejido suave, por lo que el tejido óseo absorbe más rads que el tejido suave cuando ambos se exponen a los mismos roentgen de radiación

Otro tipo de radiaciones o partículas producen efectos biológicos distintos con la misma cantidad de energía absorbida, así que las dosis se miden en rem o reb

2.4.3 Rem

Rad equivalente hombre) produce en el ser humano un efecto equivalente a 1 rad de radiación Roentgen.

El producto de **QF(Factor de Calidad)** multiplicado por la dosis absorbida (rad) constituye la unidad de dosis equivalente un rem. de esta forma.

La eficacia biológica y la dosis de diferentes radiaciones puede ser comparada en valores de energía de los Rayos Roentgen esta es una aproximación:

$$1R = 1 \text{ rad} = 1 \text{ rem}$$

La unidad rem es reemplazada ahora por un **Sievert (Sv)**, 1 Sv equivale a 100 rem

Resumiendo lo anterior;

Si los sistemas biológicos se exponen a cantidades iguales (que se miden en rads) de dos clases de radiación con frecuencia los efectos difieren. por ejemplo en determinadas condiciones la exposición del ojo de un mamífero a la misma cantidad de radiación de rayos roentgen y de neutrones da como resultado menos casos de cataratas con la primera.

Si se intenta determinar una “ *dosis segura* ” como protección contra la radiación ionizante , es esencial contar con un método que permita apreciar la diferencia en los efectos de los distintos tipos de radiación. y para ello se emplea la unidad **REM**. En lo que se refiere en los tejidos suaves el **Roentgen**, **el rad**, **el rem** son casi iguales si se trata de las energías que produce el equipo dental de Rayos Roentgen.

2.4.4 Reb

Rad equivalente biológico) produce un efecto semejante en algún material biológico

2.5 Unidades SI

En años recientes ha surgido un Sistema Internacional que se basa en la unidades fundamentales: metros, kilogramos (, segundos amperes, kelvins, candela el Roentgen, el Rad y el Rem no son satisfactorios para este sistema, pues no se derivan de las unidades si básicas.

No existe una unidad especifica para reemplazar el Roentgen, en el futuro, la exposición solo se podrá expresar en Coulombs por kilogramo, y el Roentgen desaparecerá

(Como se menciona anteriormente el Roentgen: Mide la intensidad de radiación a la está expuesto. un objeto no existe ninguna unidad si especifica equivalente al Roentgen, pero los Roentgen se pueden expresar como *Culombios por kilogramo (C/kg)*

$$1R = 2.58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$$

$$1\text{C/kg} = 3.88 \times 10^{-3} \text{ R}$$

El roentgen solo se utiliza para los Rayos Roentgen y Rayos Gamma.)

El concepto de medida en los haces de Rayos Roentgen se expresa con el término *kerma*, acrónimo de la traducción inglesa para la energía cinética que se libera por unidad mass. No constituye una unidad la medición se efectúa en Grays (Gy) o mGy

2.5.1 Gray

Es la nueva unidad de medición para la radiación, un Gray equivale a 100 rads. Esta unidad es demasiado grande para muchos objetivos prácticos. por lo que surgió un submultiplo, el miliGray (mGy) Un roentgen de Rayos Roentgen suministra en el aire un kerma de 8.7 mGy.

2.5.2 Sievert (sv)

El sivert constituye al rem. La dosis que se absorbe (que se mide en Grays) es insuficiente por si misma para predecir la gravedad o la probabilidad de los daños a la salud que produce la radiación en condiciones no especificas. por lo que se introdujo una nueva unidad llamada *Sievert*.

Esta mide el equivalente de la dosis y constituye la dosis ponderada por los factores modificantes para que las personas que trabajan en la protección contra la radiación posean una unidad que se relaciona con los mas importantes efectos dañinos de la exposición

Lista de las exposiciones mas comunes de radiación

FUENTE DE RADIACIÓN	EXPOSICIÓN
Radiación natural de fondo, incluyendo los Rayos Cósmicos	0.07 rem/año
Roca Fosfatada (Fertilizante comercial)	0.03- 0.07 rem/año
Examen Dental con Rayos Roentgen	0.005 0.5 rem
Examen de pulmones con Rayos Roentgen	0.006 0.2 rem
Dosis letal , distribuida por todo el cuerpo	aprox. 400 rem
Máxima Dosis admisible por año	15 rem/año

2.6.1 Detectores de ionización de gas

Constan de un gas encerrado en un recipiente de paredes tan delgadas como sea posible para no interferir con la radiación que llega los iones positivos y negativos (electrones) , producidos por la radiación dentro del gas, se recogen directamente en un par de electrodos a los que se les aplica un alto voltaje.

La corriente eléctrica así inducida, en general es en forma de pulsos de corta duración: estos pulsos son contados directamente o se activan a un mediador de corriente, o pueden ser conectados a una bocina, esta medida de ionización puede transformarse directamente a unidades de exposición (Roentgen)

(VER ESQUEMA

CAMARA DE IONIZACION DE GAS)

Debido a la baja densidad de un gas, (comparado con la de un sólido), los detectores gaseosos tienen baja eficiencia para detectar rayos Roentgen o Gamma, pero detectan todas las partículas alfa y beta que logran traspasar las paredes del recipiente.

En un detector gaseosos se puede utilizar cualquier gas (incluso aire). En general se usa una mezcla de gas inerte como el Argón y un gas orgánico, el primero ayuda a impedir la degradación y el segundo cede fácilmente electrones para recuperar las condiciones iniciales después de una descarga. Cada gas tiene diferente potencial de ionización, para las mezclas comunes es alrededor de 34 e V.

La forma más utilizada para contadores gaseosos, es de un cilindro metálico con un alambre central. Se aplica un alto voltaje positivo al alambre y los iones positivos al cilindro. La velocidad de los electrones es mayor que el de los iones

Cuando una radiación produce un cierto número de pares de iones, estos se dirigen a los electrodos correspondientes gracias a la aplicación de un alto voltaje. Si el voltaje es inadecuado, el detector no funciona o puede dar lecturas erróneas. En su trayecto hacia los electrodos, los iones y los electrones son acelerados por el campo eléctrico y pueden a su vez producir nuevas ionizaciones, o bien pueden recombinarse (neutralizarse). La magnitud de estos depende del tipo de gas, del voltaje aplicado y el tamaño del detector.

Los diferentes detectores gaseosos (cámara de ionización, proporcionales y Geiger Müller) se diferencian por su operación en diferentes regiones de voltaje

En la **región I** el voltaje es tan bajo que la velocidad que adquieren los iones y los electrones es pequeña, dando lugar a una alta probabilidad de que se recombinen. Por el de perder información esta región normalmente no se usa.

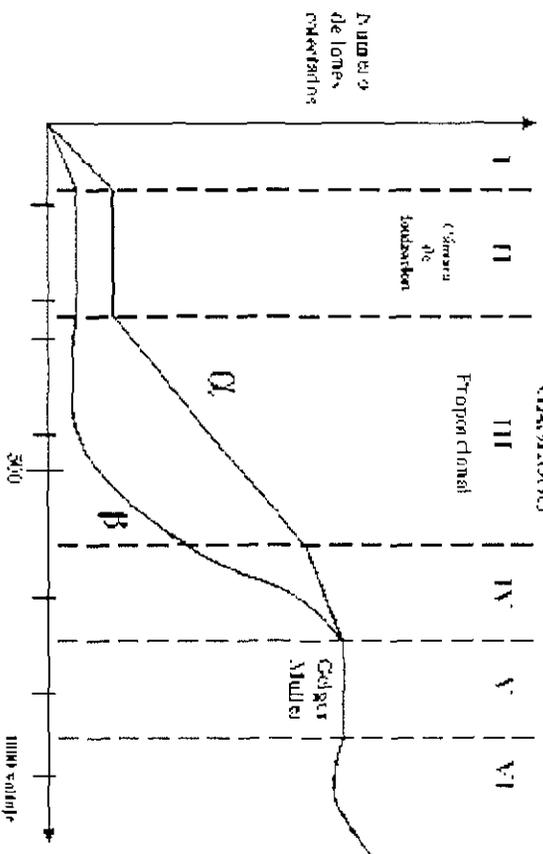
En la **región II** de voltaje, el número de iones colectados no cambia ni se aumenta el voltaje. Se recogen en los electrodos esencialmente todos los iones primarios, no hay una recombinación secundaria. Por ello el tamaño del pulso depende de la ionización primaria y de la energía, depositada por cada radiación, a esta región se le llama **cámara de ionización**, se usa para medir la energía de radiación así como indicar su presencia. Como la corriente generada en estas cámaras es pequeña se requiere de un circuito amplificador muy sensible para medirla. Aumentando más el volumen, se llega a la **región IV** llamada de **proporcionalidad limitada**, por su inestabilidad es poco útil en la práctica.

(ESQUEMA REGIONES DE OPERACION DE UN DETECTOR GASEOSO

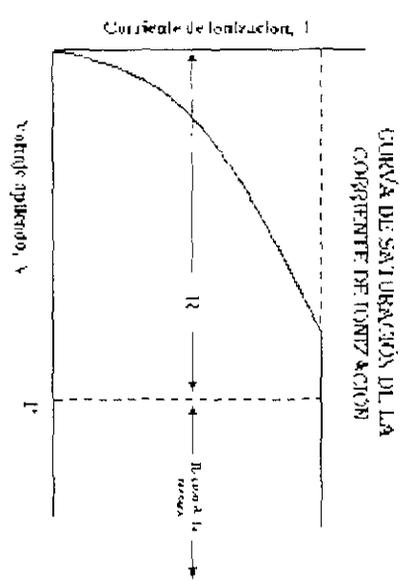
(ESQUEMA DE DETECTORES DE IONIZACION DE GAS)

ESQUEMA CÁMARA DE IONIZACION

REGIONES DE OPERACION DE UN DETECTOR GASEOSO



CURVA DE SATURACIÓN DE LA CORRIENTE DE IONIZACIÓN



ESQUEMA CURVA DE SATURACION DE LA CORRIENTE DE IONIZACION

Factores que afectan la eficiencia de un detector

El material del detector afecta su eficacia, principalmente por su densidad. los detectores sólidos son más eficientes que los gaseosos porque hay mas materia que ionizar, en los gaseosos la presión del gas determina su eficacia

El tamaño de un detector también influye en su eficacia , porque en un detector grande hay mayor materia que ionizar, además que es más difícil que la radiación se escape.

La energía de las radiaciones incidentes es otro parámetro que afecta la eficiencia de un detector. la energía de las partículas alfa y beta determina si estas son capaces de cruzar la envoltura y ser contadas. en el caso de los Rayos Roentgen o Gamma, el poder de ionización depende de la energía de los fotones, en general es muy grande para bajas energías, así que es de esperarse que los conductores tengan con bajas energías de Rayos Roentgen o Gamma.

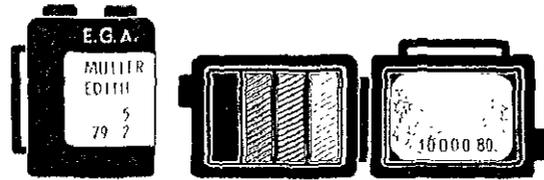
El efecto producido en el detector y la manera como este se pone en evidencia son importantes por su eficiencia:

- ◆ Si es ionización, se puede medir con un circuito electrónico apropiado
- ◆ Si es un destello luminoso, se necesita una celda fotoeléctrica sensible
- ◆ Si es reacción química, se identifica el nuevo compuesto.

Los factores que afectan la eficacia de conteo son :

- ◆ El acoplamiento eléctrico del detector al circuito,
- ◆ El nivel de discriminación para eliminar el ruido electrónico,
- ◆ Los valores y la precisión de las escalas del indicador.

DOSIMETRO DE PELÍCULA



Dosimetro de película (Suga, Edgen Oficina para la salud) Delante (izquierda) y detrás de la película medidora (derecha) están incluidos tres filtros de cobre de espesor variable

2.6.2 Radiación dosimétrica

Puede ser definida como una ciencia que se encarga de medir la energía de radiación absorbida, en un material particular y asimismo conocer el tipo de radiación ionizante que se trata.

La dosimetría tiene aplicación en áreas muy diversas tales como:

En el tratamiento con radioterapia, pues un error de un 5 % en la dosis escogida para la destrucción de la neoplasia, puede ocasionar efectos graves en los tejidos circundantes al área por radiar

Establecer medidas y control de radiación innecesaria, para evitar riesgos en las personas que requieren someterse a un diagnóstico médico de Rayos Roentgen.

Establecer un adecuado control sobre las radiaciones que afectan al hombre independientemente de su origen, ya sea natural o artificial.

Los dos instrumentos mas populares que se usan para medir la exposición de los Rayos Roentgen del operador de las unidades dentales de Rayos Roentgen son: *la película dosimétrica y el dosímetro.*

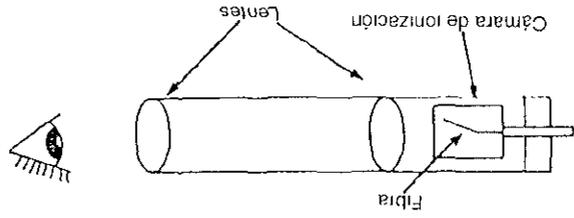
(ESQUEMA DOSIMETRO DE PELÍCULA)

2.6.3 Dosímetros personales

El personal que está expuesto frecuentemente a radiaciones requiere de la medida habitual de la dosis recibida y de un seguimiento de la dosis acumulada en un lapso dado.

Por ello se emplean los dos dosímetros personales, los cuales, son dispositivos sensibles a la radiación pero que por su tamaño y peso pueden ser portados individualmente con comodidad.

CÁMARA DE IONIZACIÓN



Pueden ser usados ya sea en el bolsillo o prendidos a la ropa con una pinza. Los más comúnmente empleados son los de película dosimétrica, termoluminiscentes.

ESQUEMA DOSIMETRO DE BOLSILLO

2.6.4 Película dosimétrica

El ennegrecimiento de una película fotográfica por cualquiera de las radiaciones ionizantes se puede usar para detectar exposición a las mismas, para discriminar entre ellas y para medir la dosis de exposición total.

La película, es una envoltura de papel opaca a la luz, se coloca en un soporte especial provisto de filtros (en forma de pequeñas placas de elementos absorbentes de radiación, como plomo cadmio, cobre o aluminio) y aberturas portadosímetro.

Después de una semana, se revela la película mediante un determinado proceso y se examina. A partir de los efectos producidos por los distintos filtros, se deduce el tipo de radiación y entonces se usa la densidad del ennegrecimiento para calcular la dosis recibida. Este depende del tipo de radiación y de su energía, así como de la cantidad

Usos

Método utilizado para comprobar la dosis recibida por los trabajadores de laboratorios activos de los departamentos de Rayos Roentgen en Hospitales

Película dental Kodak, se compone de un recipiente metálico de dos pequeñas pantallas de Cadmio o de Estaño, estas están envueltas dentro de una bolsa o estuche de plástico para medir los vapores químicos captados.

La película dosimétrica se puede fijar en el pecho con un botón de seguridad y en ciertos casos en la muñeca, se puede traer durante 15 días o hasta un mes y no pierde sus propiedades.

Ventajas

Para determinar con precisión la distribución de la radiación cuando se presenta en forma de haz y se requieren conocer las variaciones y dimensiones del haz.

- ◆ Es de bajo costo
- ◆ Sencillo de utilizar
- ◆ Muy útil para el uso diario

Permiten tener un registro permanente de la dosis acumulada gral. hasta un mes constituyendo un archivo permanente no sujeto a pérdida.

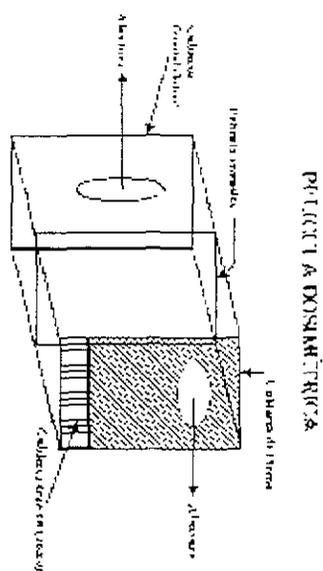
Útiles para llevar el historial de exposición personal

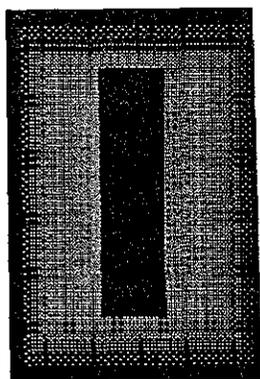
Desventajas

- ◆ No se considera un método adecuado, pues tiene un rango limitado.
- ◆ Pierde su capacidad cuando las condiciones de humedad y temperatura son elevadas.
- ◆ Sensibles a la luz
- ◆ Sólo se pueden usar una vez .
- ◆ No se pueden medir con dosis menores a 20 mrem

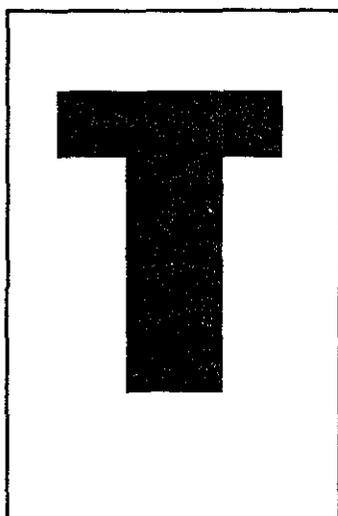
ESQUEMA PELICULA DOSIMETRICA

Película dosimétrica



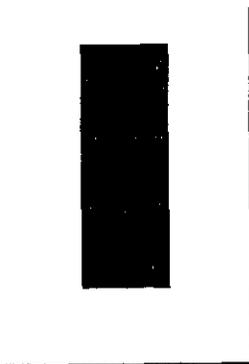


Se debe a radiación β de estroncio-90.

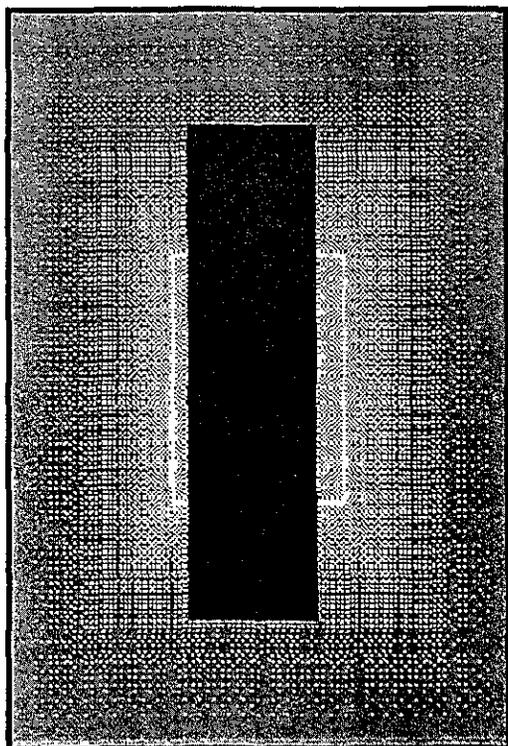


Producida por rayos R dispersos de un campo ancho

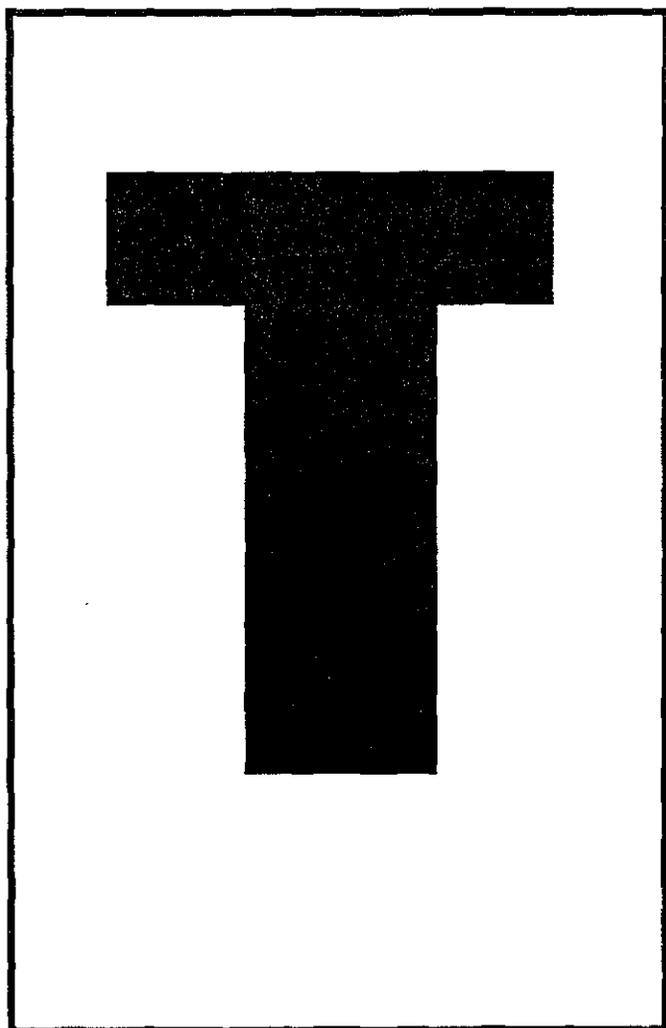
Película dosimétrica



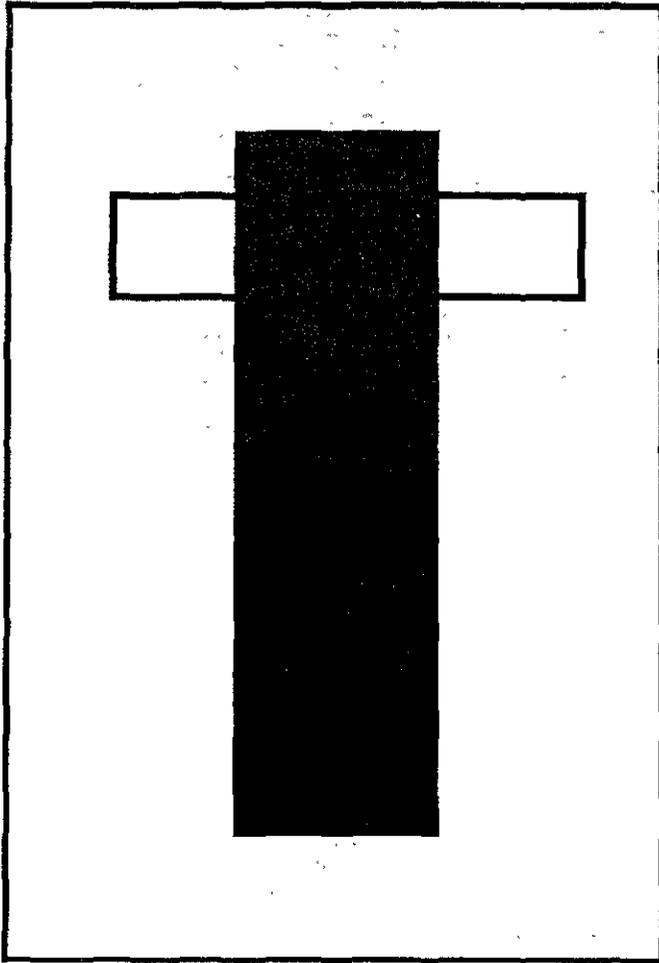
Se debe a rayos R de tipo diagnóstico dispersos de un campo estrecho.



Se debe a
radiación β de
estroncio -90.



Producida por rayos R
dispersos de un campo
ancho



Se produce por la
radiación *gama* del
radio

2.6.5 Pluma dosimétrica

Otro tipo de dosímetro personal que suele usarse es la *cámara de ionización de bolsillo*. Son dispositivos del tamaño de una pluma que contienen una pequeña cámara de ionización en la que el ánodo tiene una sección fija y una móvil, que una fibra de cuarzo metalizada. Antes de usarse se conecta momentáneamente a un cargador, en el que se aplica un voltaje, la fibra se separa de la parte fija por repulsión electrostática, quedando lista la cámara para ser utilizada.

Cada vez que le llegue una radiación que produce ionización los electrones que llegan al ánodo lo van descargando y la fibra se acerca nuevamente a la parte fija. El desplazamiento de la fibra depende de la exposición, la escala que se usa más frecuentemente va de cero a 200 mR. Por lo general se fija sobre la camisa del trabajador.

Usos

Para medir la dosis total de radiación ya que un individuo ha estado expuesto

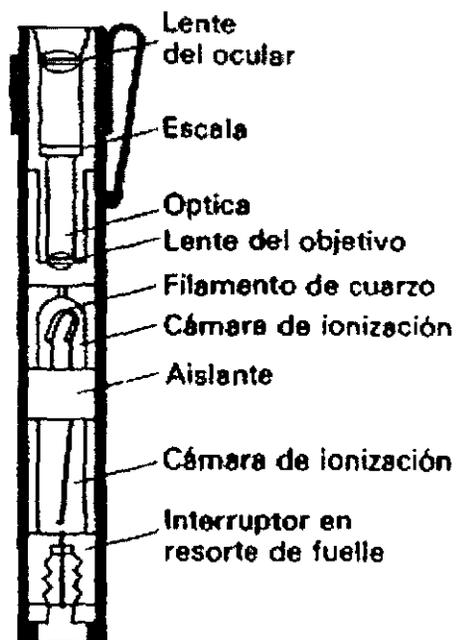
Da la lectura del micrometro para evaluar a cada momento la dosis de radiación recibida por el trabajador en una precisión de 10 %

El recubrimiento del Boro de la pared interna de la pluma, la hace sensible a los neutrones térmicos.

Ventajas

- ♦ Se puede tener la lectura de la exposición inmediatamente después de recibirla.
- ♦ Se puede usar repetidas veces

PLUMA DOSIMETRICA



Desventajas

- ◆ No registra los Rayos Roentgen de baja energía y partículas alfa y beta pues no atraviesan las paredes metálicas del instrumento.
- ◆ No son de registro permanente
- ◆ Su costo es más elevado que el de las películas fotográficas.
- ◆ Son más sensibles a golpes y otros maltratos

ESQUEMA PLUMA DOSIMETRICA

2.6.6 Dosímetros termoluminiscentes (DTL)

Estos detectores son relativamente recientes, se utilizan mucho para el calibrado de fuentes de radiación en Hospitales y están reemplazando rápidamente a los dosímetros fotográficos en el control del personal. Un dosímetro termoluminiscente es un cristal como el Fluoruro de Litio (LiF)o Fluoruro de Calcio (CaF) que contiene trazas de impurezas., Después de haber sido expuesto a la radiación, un DTL emitirá luz visible al ser calentado. La cantidad total de luz emitida es directamente proporcional a la dosis recibida por el cristal, incluso si el cristal ha permanecido almacenado muchos meses después de haber sido irradiado

El principio del DLT es el siguiente

Un cristal perfecto tendrá una banda de valencia completamente llena y una banda de conducción vacía. Los electrones no pueden estar en niveles de energía entre estas dos bandas. Los electrones pueden ser excitados desde la banda de valencia a la banda de conducción, dejando vacíos niveles de la banda de energía o huecos si absorben suficiente energía procedente de la radiación que atraviesa el cristal

Los átomos de las impurezas presentes en el cristal añaden niveles de energía aislados a esta estructura de bandas que está justo por debajo de la banda de conducción. Si un electrón es excitado a la banda de conducción y cae a uno de estos niveles aislados queda "atrapado".

No puede emigrar y por lo tanto no puede volver a un nivel de valencia vacío. Cuando se calienta el cristal posteriormente, el electrón atrapado puede recibir suficiente energía térmica para regresar a la banda de conducción y emigrar hasta llenar un hueco.

Cuando un electrón pierde su energía al llenar el agujero, emite un fotón de luz visible. La luz emitida al calentar el cristal mide el número de electrones atrapados, y por lo tanto la radiación absorbida. Se mide con un **fotomultiplicador** el cual es un tubo electrónico, que puede convertir un pulso débil de luz, no detectable por el ojo humano, en un impulso de corriente eléctrica medible.

Usos

Es capaz de detectar las partículas alfa y beta, Radiación Gamma y Rayos Roentgen, neutrones, iones pesados, etc. Se utiliza para el calibrado de fuentes de radiación en hospitales y están reemplazando rápidamente los dosímetros fotográficos en el control y seguridad del personal que trabaja con reactores, partículas aceleradas, aparatos de Rayos Roentgen, aparatos y materiales radiactivos.

Como dispositivo de medición en procedimientos terapéuticos permitiendo establecer la cantidad, calidad y medida de la dosis de radiación que producen los aparatos utilizados en radioterapia, así como establecer la dosis absorbida por el paciente durante el tratamiento. La aplicación de dosimetría en este campo se le conoce como **dosimetría clínica**.

Se encarga de determinar los diferentes tipos de radiación ambiental, ya sea producidos por causas naturales o artificiales.

En la Agricultura se emplea para establecer la medida de dosis para la preservación de alimentos, radiación utilizada para esterilización de semillas, control de peste, cultivo de plantas. En las ciencias forenses el TLD ofrece técnicas atractivas para la identificación de materiales que con frecuencia se encuentran en los casos criminales como: vidrio, aceites, los cuales son materiales aislantes, etc.

Ventajas

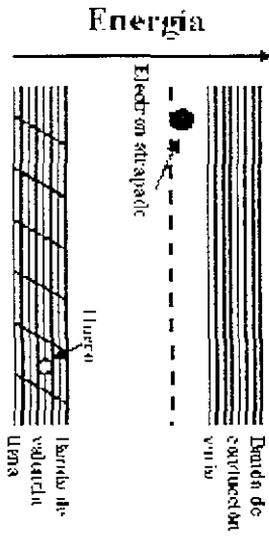
- ◆ Costo moderado
- ◆ Resistente
- ◆ Pueden ser utilizado varias veces
- ◆ Son más precisos que los de placa fotográfica
- ◆ Se pueden utilizar en un intervalo mucho más amplio de niveles de radiación

Desventajas

- ◆ Se requiere equipo especial para efectuar las lecturas.
- ◆ Las lecturas no son inmediatas.

ESQUEMA PRINCIPIO DE TERMOLUMINISCENCIA

ESQUEMA PRINCIPIO DE TERMOLUMINISCENCIA



Capítulo III
Protección radiológica

Capítulo III

Protección Radiológica

3.1 Introducción

Los usuarios del aparato de Rayos Roentgen deben tener en mente el peligro potencial a la salud y lo que significa la protección del paciente, público y operador, debe seguirse el mnemotécnico (tan baja como sea razonable), al seleccionar la dosificación de radiación, sin privar al paciente de las ventajas de un examen radiográfico.

Para la Medicina y Odontología este método de investigación es indispensable.

Cuando se examina al paciente, la película debe sostenerla el operador solo cuando sea necesario y no de manera rutinaria; hay que proveer al paciente de un protector tiroideo y gónadal, el equipo de Rayos Roentgen será revisado anualmente.

Al aplicar una técnica radiográfica ideal, se obtienen películas de calidad diagnóstica y se reduce la necesidad de repeticiones.

Al público se le protege colocando el equipo de Rayos Roentgen lejos de la sala de espera y áreas de tráfico constante. El examen radiográfico debe realizarlo una persona adiestrada, que esté al tanto de los riesgos y precauciones a observar durante el procedimiento.

Después del descubrimiento de los Rayos Roentgen en 1895, durante muchos años no hubo restricciones para el uso de los mismos para proteger al operador o al paciente de posibles daños.

Hasta que bastantes personas fueron lesionadas por exponerse a la radiación ionizante, nadie había evaluado el potencial de daño inherente al uso de la radiología de diagnóstico.

La necesidad de protectores para los individuos que tomaban las radiografías y para los que interpretaban fueron evidentes durante la Primera Guerra Mundial cuando el intenso uso de los Rayos Roentgen.

En hospitales de campo que trataban heridas de guerra dio motivo de preocupación en cuanto a la salud de aquellos que operaban el equipo primitivo sin protección.

Esto condujo a la formulación de las primeras recomendaciones formales en el mundo, las cuales emitió el Comité Británico para la Protección contra los Rayos Roentgen y radio.) en 1921. aunque principalmente se desarrollo para radiólogos médicos, sin duda afectaron las protecciones contra las radiación comunes en la práctica dental.

A esto siguió la integración de la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (ICRP) en 1928 y la formulación de las primeras recomendaciones de las muchas que provenían de este organismo.

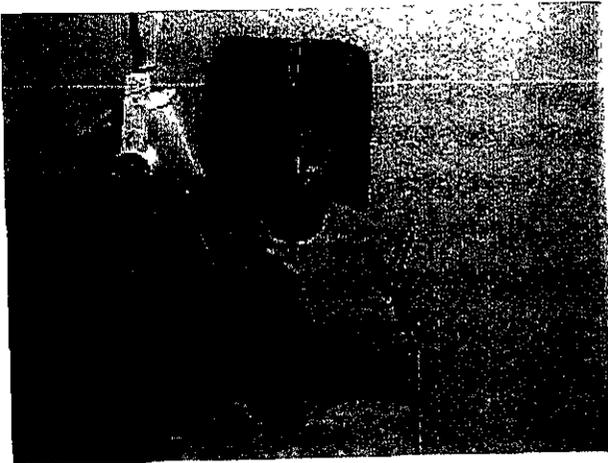
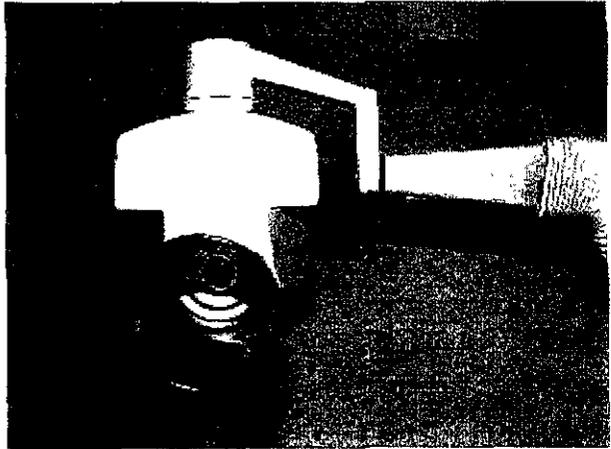
Al fin de limitar la dosis, se divide la población en tres grupos:

Aquellos que se exponen por razones médica o dentales, es decir los pacientes, aquellos que se exponen al desempeñar sus labores, y el público en general.

3.2. Exposición médica del paciente

En este caso se trata de una exposición que es parte de un examen o un tratamiento. Debe hacerse el máximo esfuerzo para mantener la dosis total que reciba el paciente tan baja como sea posible, deberá seguirse los siguientes procedimientos:

- ◆ Usar suficiente filtración
- ◆ Utilizar una película rápida
- ◆ Utilizar mandil y collar de plomo en todos los pacientes.



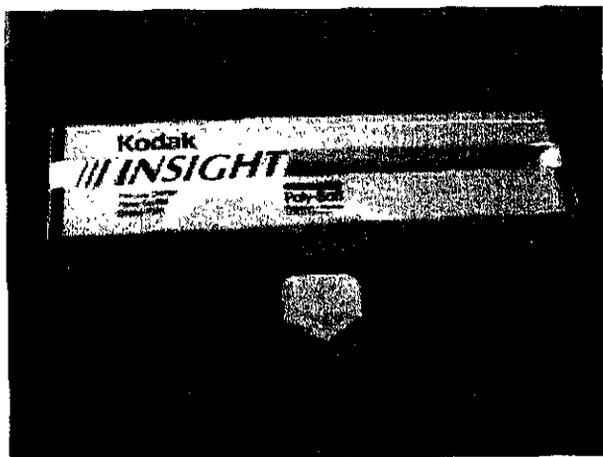
3.3 Exposición ocupacional

Se considera a los dentistas que emplean un equipo de Rayos Roentgen y todo el personal auxiliar que de alguna manera interviene en el proceso radiográfico, se exponen debido a su ocupación, esto quiere decir que quizás reciban algunas dosis de radiación ionizante cuando operan el equipo, pero que no se benefician de forma alguna.

La Comisión Internacional para la protección radiológica (ICRP) divide la exposición durante el trabajo en dos clases:

Aquellas donde la exposición anual puede exceder 3 décimos del límite y aquella en la que esto es improbable, la principal diferencia entre las dos reside en que, en el segundo caso, el acceso al lugar de trabajo no se restringe y no es obligatorio examinar la salud del individuo, por ejemplo los dentistas y su personal, no obstante a veces puede requerirse un estudio personal para confirmar que las condiciones de trabajo son satisfactorias.

- ◆ El operador no debe colocarse por delante del haz de radiación
- ◆ Tener una distancia de 1.80 a 2.0 metros del paciente y de preferencia con una barrera protectora
- ◆ No sostener la película en la boca del paciente durante la exposición
(imposible si se sigue la regla 1)



3.4 Exposición de poblaciones

En un sentido más amplio se puede referir este término al público en general, el dentista debe recordar que cualquier persona que no este tomando una radiografía de diagnóstico, o que no este participando en el procedimiento.

Se encuentra en esta categoría, por lo que los niveles de protección deben ser tales que la radiación que llega a los pacientes en espera de ser atendidos y otros miembros del personal no exceda los límites que se fijaron para el público en general.

3.5 Seguridad de otras personas

Disponer del consultorio dental en tal forma que el aparato de Rayos Roentgen se encuentre en un cuarto apartado de la zona de tratamiento dental, la radiación puede penetrar en los cuartos adyacentes y también en aquellos bajo la instalación..

Cuando las radiografías son tomadas dentro del consultorio, debe ser tratado como si fuera únicamente un cuarto de Rayos Roentgen y todo el personal quede excluido salvo el operador.

3.6. Diseño del gabinete

3.6.1 Control

La supervisión de la dosis de radiación que reciben los dentistas y su personal con dispositivos de control individual, como por ejemplos los distintivos de película, estos pueden ser llevados puestos durante un periodo de 1 mes y si no se registra dosis de radiación quizás no hay necesidad de un control posterior durante un periodo considerable, también se puede llevar a cabo una revisión cada cuatro años, o cuando se efectúen alteraciones materiales en el aparato de los rayos roentgen, no obstante, si se registra una dosis durante el periodo de un mes, el control quizás deba continuar hasta que se averigüen las razones para la dosis y se tomen las medidas necesarias para reducirla a niveles mínimos.

3.6.2 Diseño quirúrgico

El grado de protección necesario en un cuarto de Rayos Roentgen, o bien en una habitación quirúrgica que contenga un equipo de diagnóstico dental, depende principalmente del uso que a este se le da.

Se necesitan barreras protectoras que rodeen el equipo de Rayos Roentgen si la carga de trabajo excede cierto límite. no obstante sería conveniente construir barreras aún si la carga de trabajo es menor, por ejemplo cuando el equipo de los Rayos Roentgen esta separado de otra habitación de trabajo por una delgada pared, gran parte depende del tamaño de la habitación, en que se utilice el equipo de los Rayos Roentgen y de la naturaleza de las paredes en que estén construidas las paredes.

Para decidir si se debe construir una barrera protectora, se deben tener en cuenta lo siguiente:

- ◆ ¿ Que tan lejos se encuentra la persona más cercana que trabaja en el área durante una buena parte del día?, Si esta a más de **4 metros** aproximadamente separada por una pared o cualquier material, no hay necesidad real de barreras adicionales.
- ◆ Si el cuarto cercano sólo está ocupado por unas cuantas personas, por ejemplo un baño no hay necesidad de pantallas protectoras..
- ◆ Si el equipo de rayos Roentgen se coloca cerca de una zona de trabajo, como puede ser el lugar donde elaboran una recepcionista o un técnico, quizás se requieran de barreras protectoras..

Si se decide que una barrera es necesaria, es esencial que construya de un material que absorba eficazmente los Rayos Roentgen

Una pared de **ladrillos sólidos** constituye una barrera efectiva para los Rayos Roentgen que produce el equipo dental, por muy cerca que se ubique este.

Probablemente el mejor material para construir un cubículo son **capas de plomo**, pero son muy costosas

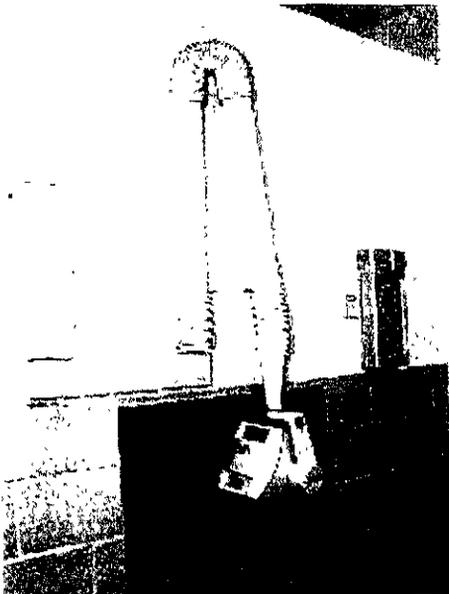
Se pueden emplear otros materiales de construcción con tal de que su grosor equivalga al grosor requerido del plomo, estos materiales son el hormigón, acero, ladrillo sólido, el emplasto de bario y la losa de cerámica. Para las ventanas del mirador se utiliza el cristal de diversos grosores equivalentes al del plomo es de aproximadamente 2 mm de grosor.

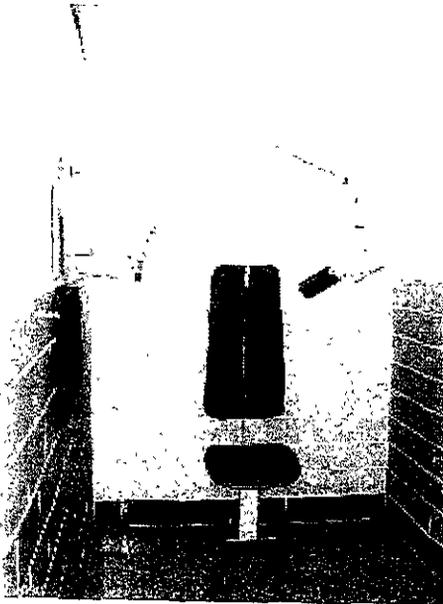
El método menos caro es una cortina de **plomo ahulada** sostenida por un soporte tubular.

3.6.3 Protección en el consultorio

En el caso del consultorio se deben utilizar las barreras forradas de plomo a 1 mm de espesor o el equivalente, (concreto, ladrillo, lámina de roca), una investigación no publicada ha demostrado que cuatro capas de hoja de roca de media pulgada, son suficientes para las paredes de los cuartos donde opera el equipo dental.

Cuando se exponen radiografías, el operador deberá permanecer detrás de una barrera impermeable a los Rayos Roentgen, si necesita ver al paciente durante el procedimiento, podrá hacerlo a través de un vidrio emplomado a manera de ventana.





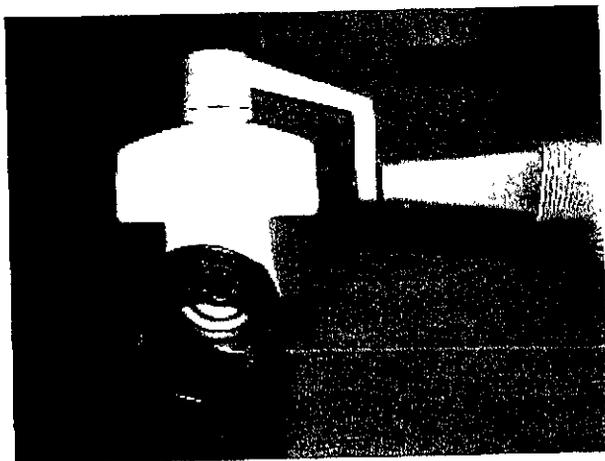
3.7. Aditamentos que contiene el aparato dental de Rayos Roentgen

Equipo

Los fabricantes y proveedores están cada vez mas conscientes de la necesidad de tener en cuenta los factores de protección cuando diseñan nuevos equipos.

Las tres características mas importantes que se relacionan con la protección a la radiación son:

- ◆ Filtración
- ◆ Tamaño del haz
- ◆ Regulador de tiempo.



3.7.1 Filtración

El propósito de la filtración es eliminar los fotones blandos y no penetrantes del haz de Rayos Roentgen aparte del haz útil dirigido a propósito, el tubo de rayos Roentgen produce algunas radiaciones que se emiten en todas las direcciones posibles en el espacio, esta radiación no deberá filtrarse a través de la capa del tubo, para prevenir esto el recubrimiento de la cabeza del tubo deberá ser radioopaco, y deberá tener ajustado un filtro para remover la parte blanda de las radiaciones del haz de rayos roentgen. el filtro deberá ser colocado a la salida de la ventana de la cabeza del tubo, el grosor del filtro deberá ser en voltajes de 70 kv la filtración deberá ser equivalente a 1.5 mm de aluminio y como o mínimo 2.0 mm de aluminio para tubos entre 70 y 100 kv.

El haz de los Rayos Roentgen no es monoenergético, es decir de una sola longitud de onda, en la teoría no siempre alcanzan el máximo de energía posible, por lo que el haz emergente consiste en un haz de un espectro que contiene un número considerable de rayos roentgen con ondas más largas

(menor energía), que no tienen poder de penetración para llegar a la película.

Es posible eliminar la mayor parte de estos rayos indeseables y se coloca una hoja delgada de metal en el haz.

Toda la filtración de un equipo de Rayos Roentgen consiste de aquella inherente al ensamble del tubo de Rayos Roentgen, y aquella añadida que en el caso del equipo dental, esta formada de aluminio.

La filtración total mínima debe ser equivalente 1.5 mm de aluminio, en el caso de los tubos con una diferencia máxima de potencial hasta de 70 kv y de 2.0 cuando esta sea superior a 70 kv.

3.7.2 Colimación del haz de radiación

La colimación del haz de Rayos Roentgen limita el tamaño del área expuesta por el haz primario y de la cantidad de radiación dispersa producida,

Los dispositivos de colimación son coloquialmente conocidos como “ **conos** “ , sirven para 3 propósitos:

Para confinar el haz de Rayos Roentgen a un diámetro pequeño, esto prevendrá la irradiación de los tejidos fuera del campo de interés diagnóstico, esto es logrado por el **diafragma** que es una parte importante en el dispositivo de colimación, el diámetro de campo de la radiación en la superficie de la piel no debería exceder los 6 cm o 7.5 cm

Existen dos tipos de dispositivos de colimación de uso común

- ◆ El tipo cilíndrico con “ **terminación abierta** “ a menudo fabricado en vidrio o plástico para indicar el tamaño físico del campo de radiación con un cilindro interno de metal.
- ◆ El tipo de cono “ **apuntador** “ de plástico, este actúa como una fuente de radiación diseminada, por esta razón no son convenientes los de conos apuntadores, se deberá tener preferencia a los dispositivos de colimación con terminación abierta circular que produce un haz de Rayos Roentgen fino u definido

3.7.3 Tamaño del haz

El diámetro del haz al final del cono localizador es importante, pues afecta la cantidad de radiación que recibe el paciente.

Se debe mantener al mínimo el tamaño del haz, y cuidar de que se cubra de manera adecuada el área bajo examen, pero no debe ser tan pequeño que se presente un “ **desenfoque** “ por la dificultad de orientación de los Rayos Roentgen.

3.7.4 Diafragma

Se utiliza para adecuar el campo de la radiación al correspondiente formato de la película, absorber la radiación dispersa producida en el objeto antes de llegar a la película de esta forma se mejora la sobrecarga de radiación.

3.7.5 Regulador de tiempo

Constituye una fuente potencial de dificultades, el mecanismo en el cronómetro puede trabarse y en consecuencia, el tubo permanece energizado y continua la emisión de Rayos Roentgen después de que haya terminado la exposición, todos los equipos modernos incluyen un a señal visual y auditiva adecuada que indica si el equipo esta emitiendo Rayos Roentgen.

Deben recomendarse los interruptores electrónicos ya que son mucho mas confiables hasta de 0.01 segundo.

3.8. Protección de la radiación del paciente y el Radiólogo

La necesidad de evitar la exposición a la radiación es común tanto para el paciente como para el operador, la forma en que esto puede ser logrado difiere por supuesto, debido a que el paciente no puede evitar la radiación primaria necesaria para el diagnostico radiografico.

El paciente recibe radiación de dos fuentes

El haz primario que emerge el tubo de Rayos Roentgen
la radiación diseminada o secundaria radiación como consecuencia de la
radiación sobre el volumen de tejido del haz primario.

¿ Cómo minimizar la exposición debida al haz primario?

Se debe mantener la exposición tan corta como sea posible para obtener una buena calidad de la película, esto incluye el uso de las películas mas rápidas(hace 30 años las películas radiográficas necesitaban un tiempo de exposición de 3 a 4 segundos en la actualidad se utilizan el mismo tipo de radiación y se toman $\frac{1}{4}$ segundo.

¿ cómo minimizar la exposición debida a la radiación diseminada?

Las partes críticas del cuerpo humano requieren protección contra la radiación diseminada son las gónadas y en el embarazo los tres primeros meses, aunque estudios recientes han mostrado que las radiografías dentales de la dosis gónadal por diseminación es insignificante.

Todos los pacientes deben ser protegidos con un mandil de plomo para exámenes radiográficos dentales, debiendo utilizar un collar tiroideo .

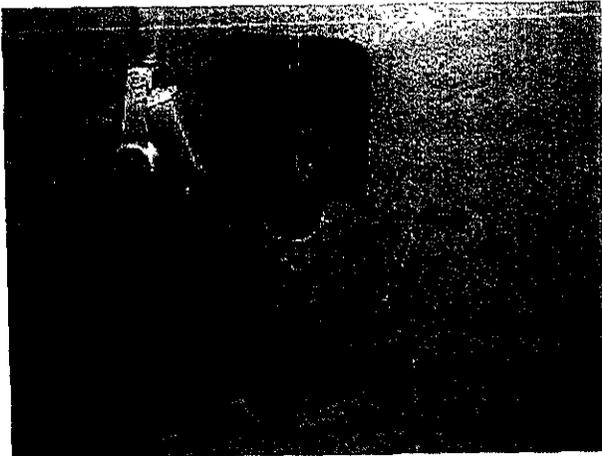
3.8.1 Mandiles de plomo

Los mandiles de plástico a los cuales les incorporan sales de plomo durante la fabricación se utilizan para proteger al paciente de radiaciones dispersas., es suficiente utilizar un pequeño delantal que cubra el torso y que tenga un equivalente de plomo de 0.25 mm , es fácil cubrir con el paciente sentado y abrocharlo detrás de su cuello con cinta velco.

Cuando no se le utilice, lo mejor es extender el delantal sobre una barra para toallas, ya que tiende a quebrarse si se le cuelga en un gancho.

Evite repetir películas innecesariamente:

- ◆ Las técnicas radiográficas deberán estar bien seleccionadas y ser ejecutadas con propiedad.
- ◆ Se deberán usar sujetadores y radiografías de aleta mordible para evitar que el paciente tenga que sujetar la película.
- ◆ Asegurarse que el aparato de Rayos Roentgen tenga filtro, y el dispositivo colimador necesario para un examen particular.



3.8.2 La distancia

Es un medio útil de protección porque la intensidad de la radiación disminuye con el cuadrado de la distancia, la intensidad de la radiación roentgen es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre el individuo y la fuente de radiación Roetgen, doblando la distancia del tubo, se reduce el riesgo cuatro veces, la cantidad de exposición disminuye al tiempo que se aumenta la distancia si la distancia se duplica la cantidad de exposición se reducirá por esta razón el interruptor de Rayos Roetgen deberá tener un cordón de por lo menos **dos metros** para permitir al operador pararse por detrás de la cabeza del tubo.



3.8.2 La distancia

Es un medio útil de protección porque la intensidad de la radiación disminuye con el cuadrado de la distancia, la intensidad de la radiación roentgen es *inversamente proporcional al cuadrado de la distancia* entre el individuo y la fuente de radiación Roetgen, doblando la distancia del tubo, se reduce el riesgo cuatro veces, la cantidad de exposición disminuye al tiempo que se aumenta la distancia si la distancia se duplica la cantidad de exposición se reducirá por esta razón el interruptor de Rayos Roetgen deberá tener un cordón de por lo menos **dos metros** para permitir al operador pararse por detrás de la cabeza del tubo.

Posición

La posición mas segura para el operador su ayudante o ambos durante la exposición a los rayos roentgen es entre los 90 y 135 grados al haz de rayos roentgen y siempre que ello sea posible por detrás del paciente, es conveniente volver a insistir en el que el operador no se sitúe en el camino del haz primario de radiación Roentgen.

Barrera de plomo

Como se menciona anteriormente las barreras para la radiación consiste en un blindaje de 0.5 mm de plomo, por supuesto las disposición ideal es tener el panel de control colocado alejado y detrás de una barrera protectora.

Capítulo IV

Efectos causados por la radiación Roentgen

Capítulo IV

Efectos causados por la radiación Roentgen

4.1. Introducción

Poco después de que se descubrieran los Rayos Roentgen en 1895, aparecieron eritemas, dermatitis, ulceraciones y cambios neoplásicos en los tejidos expuestos a la radiación. Muchos Odontólogos que ignoraron las primeras advertencias perdieron uno o más dedos al utilizarlos para sostener las películas en la boca del paciente y exponerlos a dosis repetidas de radiación, desde entonces, ha aparecido en forma continua información acerca de los efectos que provoca la radiación, de su manejo seguro en Odontología, se elaboran normas y lineamientos para proteger al público, radiólogos y futuras generaciones de la exposición innecesaria a los Rayos Roentgen.

Está bien establecido que la exposición a cantidades elevadas de radiación es dañina para la salud y así mismo letal, en medida de la exposición a pequeñas cantidades se conoce menos.

Algunos miembros de la profesión dental y médica que empleaban materiales radioactivos y rayos Roentgen durante periodos de muchos años, no han demostrado efectos adversos imputables a la radiación adicional.

No obstante, hay cierta prueba de que aún a exposiciones pequeñas a la radiación ocasionan resultados indeseables.

Los beneficios derivados del uso adecuado de la radiación superan por mucho el daño que pudieran ocasionar. muchos estados anormales de los dientes o de otros órganos del cuerpo, pueden detectarse por el uso de pequeñas radiaciones mejor o con más facilidad que por otros medios, y en ocasiones, no pueden detectarse de otra manera. a veces pueden emplearse para mayores con fines terapéuticos.

RADIOTERAPIA

Las neoplasias malignas o cancerosas que presentan muchas células en división, frecuentemente se tratan con radiación debido a que estas células son más sensibles que las normales, se emplean dosis altas de radiación las cuales pueden alterar el código genético que controla la conducta de la célula y dar como resultado una neoplasia

Por lo tanto la radiación puede usarse en el tratamiento del cáncer pero también lo puede causar, dependiendo de la cantidad de radiación y de la sensibilidad del tejido. La dosis empleada en la terapia del cáncer está limitada por la tolerancia del tejido normal que lo rodea.

Es frecuente que los cánceres bucales se traten con altas dosis de radiación que van desde 5,000 a 7,000 rads, estas dosis pueden matar las células cancerosas, pero también afectan a las células normales aunque en menor grado. El tejido ya sano tratado con Rayos Roentgen presenta pocos y más pequeños vasos sanguíneos, alteración de la función celular y poca capacidad de reparación. El hueso absorbe más energía debido a que es más denso que los tejidos blandos, y las células óseas que reciben radiación pueden morir y dar como resultado una condición llamada **osteoradionecrosis**. Los tejidos blandos y el hueso afectados por la radiación se vuelven muy susceptibles a la infección

Los datos sobre los efectos en el ser humano se recopilaron a partir del daño observado en los pioneros de la Radiología, trabajadores de la industria que utilizan materiales radiactivos, pacientes sometidos a radiaciones y víctimas de bombas atómicas, la mayor parte de este conocimiento se reunió desde 1950

La creciente preocupación por los efectos causados por la radiación ionizante no se limitan únicamente a la comunidad científica, sino también al público en general y a los niveles gubernamentales, los pacientes ven la televisión. Observan las manifestaciones públicas contra las centrales nucleares y las armas atómicas.

Este tipo de acontecimientos y el accidente nuclear de consecuencias desastrosas como la Catástrofe de Chernobil en la antigua Unión Soviética, ha despertado la conciencia popular con respecto a los peligros de la radiación de bajo nivel. El miedo y la incertidumbre incitados por esos sucesos puede ocasionar que algunos pacientes se nieguen a someterse a las exploraciones radiográficas diagnósticas necesarias o incluso eviten por completo visitar al dentista, los profesionales de la salud deben estar informados sobre los riesgos y beneficios de la radiación dental, de modo que puedan prever y aliviar los miedos infundados. La información sobre la radiación ionizante que llega al público a través de los medios de comunicación es a veces confusa y equivocada, la reacción del paciente puede variar, desde cuestionar la necesidad de las radiografías dentales hasta negarse a que las realicen, el auxiliar ha de conocer esta reacción, y con ayuda del Cirujano Dentista, ser capaz de explicar al paciente los efectos causados por la exposición radiológica y los beneficios diagnósticos derivados. La radiación ionizante provoca ciertamente cambios biológicos de los tejidos vivos.

No hay que hacer creer al paciente que la radiografía dental carece del efecto sobre las células humanas

La antigua réplica a la pregunta de los pacientes sobre la seguridad radiológica de que *la radiografía dental es segura porque la dosis aplicada es tan pequeña que no tiene importancia* ya no satisface a las personas informadas. Por ello es importante darle una información clara al paciente.

El problema no radica en si existe un riesgo derivado de los Rayos Roentgen, *sino en su cuantificación*, cuando la radiografía dental se realiza en las condiciones optimas y correctas, los beneficios diagnósticos superan desde luego a los posibles riesgos.

Para el paciente, el objetivo consiste en emplear la mínima cantidad de radiación que permita obtener el máximo rendimiento diagnóstico, para el auxiliar y el Cirujano Dentista es conseguir que la exposición radiactiva profesional se aproxime a cero, para alcanzar estos objetivos.

El auxiliar debe comprender completamente el tema de los efectos causados por las radiaciones y el de protección radiológica

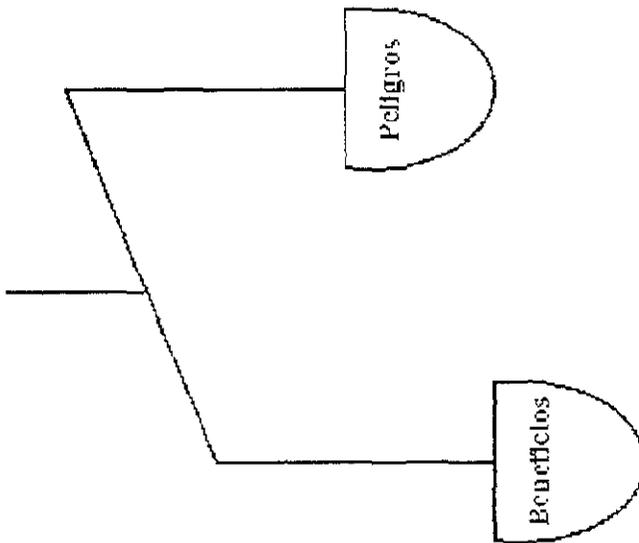
Las explicaciones a los pacientes serán entonces más claras y el auxiliar se sentirá más cómodo cuando trabaje en un ambiente donde se utilice la radiación diagnóstica.

ESQUEMA DE CONCEPTO DEL USO DE RAYOS ROENTGEN EN LA RADIOGRAFÍA DE DIAGNOSTICO

Efectos de la radiación ionizante

Cuando se realiza una radiografía dental, no todos los rayos Roentgen llegan a la película y algunos incluso los sobrepasa, parte de la energía del haz primario es absorbida por la piel, los huesos, los dientes y otros tejidos situados en su trayectoria, los tejidos que no se encuentran en la trayectoria del haz primario absorben la energía de la radiación secundaria que procede del paciente, como consecuencia de la interacción del haz primario. En el caso de la interacción con el organismo humano o de la penetración en él, se producen iones adicionales, que alteran el fino equilibrio existente, si la exposición radiológica es intensa, el desequilibrio iónico es grande y el cuerpo reacciona con signos de lesión o enfermedad, por eso, es necesario saber que los rayos Roentgen son radiaciones ionizantes y que, como tal., pueden dañar la salud humana.

ESQUEMA DE
CONCEPTO DEL USO DE RAYOS ROENTGEN EN LA RADIOGRAFÍA DE
DIAGNOSTICO



4.2 Radiación localizada

Cuando se realiza una radiografía dental, la cara del paciente se expone a un haz de radiación de 7 cm de diámetro, es decir que la exposición orgánica es localizada, un Rad de radiación sobre dicha área significa que cada gramo de tejido corporal de la zona absorbe

1 Rad. Un Rad de radiación orgánica total implica que cada gramo de tejido corporal de la zona absorbe 1 rad.

En Odontología, el aparato de Rayos Roentgen provoca una exposición localizada, siendo la orgánica total muy inferior a la facial, en realidad, la exposición orgánica total de una radiografía dental es aproximadamente una diezmilésima de la exposición facial

4.2.1 Curva dosis respuesta

La curva dosis-respuesta es un concepto importante que ilustra las dos posibles respuestas a un agente nocivo como la radiación ionizante., si se aplicara este concepto a la radiación dental, significaría que existe un nivel por debajo del cual se puede operar con “ **total seguridad** ” ya que no se producirá respuesta biológica alguna, sin embargo no ocurre así con la radiación ionizante.

Esta curva muestra que cualquier dosis de radiación por pequeña que sea, induce siempre una respuesta biológica, por consecuencia los Rayos Roentgen dentales producen de hecho cambio biológicos en los tejidos de los pacientes sometidos a esta intervención.

No hay que olvidar que la mayor parte de los datos que produce este tipo de curva dosis.- respuesta en los seres humanos procede de estudios sobre el efecto de las grandes dosis de radiación en las poblaciones que sobrevivieron a las bombas atómicas.

Poco se ha publicado sobre los efectos de la radiación en el intervalo de dosis baja donde se encuentran los Rayos Roentgen dentales, para los seres humanos

La relación lineal indica que la respuesta de los tejidos es directamente proporcional a la dosis.

La curva unificada utiliza una respuesta baja a la radiación pero no existe umbral en la región de dosis bajas, por lo tanto para estas dosis se considera que la respuesta es bastante pequeña pero nunca cero

La curva unificada promueve el concepto de que ***no existe una dosis segura de radiación siempre hay algún daño biológico.*** Por lo tanto hay que tomar medidas de protección contra la radiación para estos tejidos, incluso con exposiciones pequeñas cuando participa gran número de personas. No obstante, se debe evitar el radiar las gónadas de forma innecesaria. La exposición a los Rayos Roentgen produce diferentes efectos en el organismo.

4.3 Efectos agudos y crónicos

Los efectos tardíos (crónicos) de la radiación aparecen varios años después de la exposición original.

Cuando se absorbe una gran dosis de radiación en un lapso corto se presenta la exposición aguda, como el caso de los accidentes nucleares y las víctimas de las bombas atómicas, pacientes que muestran diversos grados de eritema, náusea, sangrado, diarrea, fiebre, choque, y en muchos casos se presenta la muerte, este Síndrome de radiación aguda se asocia con dosis superiores a 100 rads aplicadas a todo el cuerpo.

En Odontología, no se presenta ya que las radiografías dentales de diagnóstico por lo general emplean menos de 5 rads y sólo se dirigen a una pequeña porción del cuerpo, se expone una pequeña área de la cara del paciente es aproximadamente 25 mR, aunque cantidades menores de Rayos Roentgen alcanzan otras partes del paciente y del operador durante la toma de radiografías dentoalveolares debido a la radiación dispersa.

Los efectos inmediatos (agudos) de la radiación aparecen cuando se aplican altas dosis de radiación orgánica total, generalmente más de 100 rads, la dosis letal mediana para el ser humano se estima en 450 rads, ***evidentemente en Odontología no se trabaja con dosis radiactiva de efecto agudo.***

Los efectos tardíos (crónicos) de la radiación aparecen varios años después de la exposición original.

Es interesante este efecto en la dosis repetidas de radiación. Cuando los tejidos se exponen, la reacción dependerá en gran parte de la dosis aplicada.

Pero cualquiera que aquella sea, habrá reparación de los tejidos dañados siempre y cuando no se haya presentado una degeneración completa, sin embargo los tejidos no vuelven a su estado original, ya que sufren de un daño irreparable de tipo acumulativo.

4.4. Periodo de latencia

El periodo de latencia es el tiempo que transcurre entre la exposición a la radiación ionizante y la aparición de los síntomas clínicos.

4.4. Velocidad de dosis

La velocidad de dosis o velocidad a la que ocurre la exposición a la radiación ionizante y su absorción, es un factor determinante esencial de los efectos radiactivos.

En Odontología el intervalo de tiempo entre exposición y exposición, exceptuando las repeticiones, suele ser de varios meses o años, lo que disminuye aún más este efecto.

4.5. Dosificación para el paciente

Las radiografías constituyen un elemento integrante en la práctica Odontológica moderna.

El objetivo en la radiografía dental consiste en utilizar la cantidad mínima de radiación que satisfaga la demanda diagnóstica del paciente, es decir, reducir al mínimo exposición y aumentar al máximo el rendimiento diagnóstico.

No existe enfermedad específica alguna que pueda atribuirse de manera exclusiva a los efectos tardíos de la radiación ionizante. La leucemia no se produce únicamente por la exposición a los Rayos Roentgen, sino que probablemente en consecuencia de la interacción de diversos factores.

Factores que determinan la lesión por la radiación

Hay ciertos factores que influyen la lesión por radiación, dosis total, índice de dosis la cantidad de tejido irradiado, la edad de la persona que reciba la radiación

4.5.1 La dosis total

Se refiere a la cantidad de radiación recibida o la cantidad total de energía de radiación absorbida.

4.5.2 Índice de radiación

Es el índice en el cual se presenta la exposición a la radiación y su absorción

$$\text{índice de dosis} = \text{dosis} / \text{tiempo}$$

Hay mas daño por radiación con índices de dosis mayores debido a la administración rápida de radiación que no da tiempo a que se recupere el daño celular

Efectos químicos

Son el resultado de la capacidad que tienen los Rayos Roentgen de ionizar átomos y romper los enlaces químicos

4.6 Teorías de la lesión por radiación

El daño a los tejidos vivos por la exposición a radiación ionizante es resultado del choque directo y la absorción de un fotón de rayos Roentgen dentro de la célula o acompañada por la formación de radicales libres

Hay dos teorías acerca de cómo la radiación daña los tejidos biológicos: *la teoría Directa y la teoría Indirecta.*

4.6.1 Teoría directa

Esta teoría sugiere que se produce daño celular cuando la radiación ionizante choca de manera directa con áreas o blancos críticos dentro de las células. Por ejemplo, si los fotones de Rayos Roentgen chocan de manera directa con el ADN de una célula, hay un daño crítico que causa lesión al organismo irradiado, las lesiones directas por exposición a la radiación ionizante se presenta con poca frecuencia, la mayor parte de los fotones pasan a través de la célula y causan poco o ningún daño.

ESQUEMA EFECTOS DE LA RADIACION SOBRE LAS CELULAS

4.6.2. Teoría indirecta

Está sugiere que los fotones de los Rayos Roentgen se absorben dentro de la célula y producen toxinas, que a su vez dañan la célula. La mayor parte del cuerpo humano se compone de agua (H_2O).

Al exponerse a la radiación se libera oxígeno e hidrógeno y se producen radicales hidroxilo. La recombinación puede formar peróxido de hidrógeno (H_2O_2), o combinarse, con otros químicos de la zona para formar nuevos compuestos.

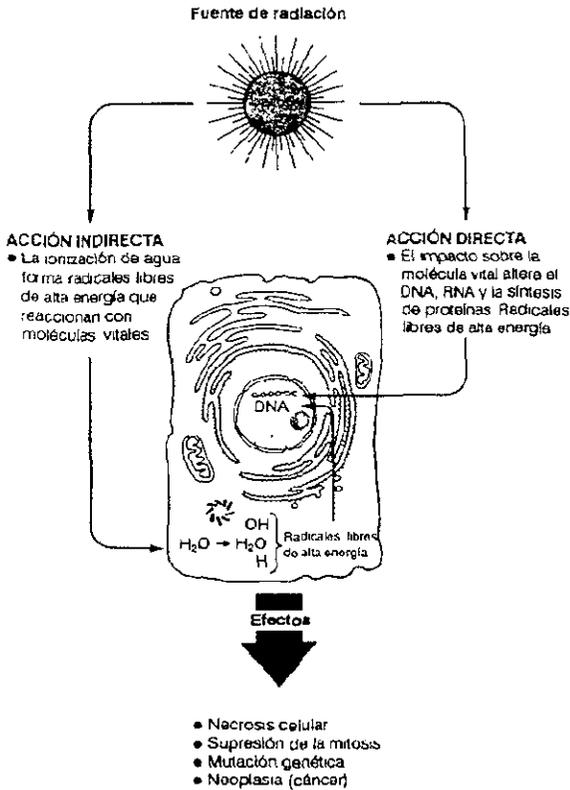
Éstos pueden resultar extraños para el organismo y ser venenosos, por ejemplo el peróxido de hidrógeno

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

Las lesiones indirectas por la exposición a la radiación ionizante se presentan con frecuencia debido al alto contenido de agua en las células.

No todas las células que se exponen a la radiación se dañan, sin embargo, algunas pueden presentar rotura de cromosomas y vacuolas en el núcleo o citoplasma

El daño puede ser resultado de un **efecto directo o indirecto**. El primero lo crean los fotones de los rayos Roentgen que actúan sobre una estructura celular, como sería romper parte de la cadena química que forma un cromosoma, la célula puede presentar mitosis anormales y formar células gigantes, las que experimentan mitosis en el momento de la exposición son las que muestran mayor daño. los tejidos que están en rápido crecimiento y presentan muchas células con mitosis muestran los mayores efectos de radiación



EFECTOS DE LA RADIACIÓN SOBRE LAS CÉLULAS

FORMACION DE RADICALES CUANDO EL AGUA (H 2 O)SE EXPONE A LA RADIACION Y SU POSIBLE RECOMBINACION PARA FORMAR PEROXIDO DE HIDROGENO (H 2 O 2)

4.7 Efectos de la radiación en las células y tejidos

La célula o unidad estructural básica de todo el organismo viviente, está compuesta por un núcleo central y citoplasma circundante. La radiación ionizante puede afectar al núcleo, al citoplasma o a toda la célula.

El núcleo celular es más sensible a la radiación que el citoplasma, el daño a esta estructura afecta los cromosomas que contienen el ADN y produce disrupción en la división celular, que a su vez conduce a una alteración en la función celular o muerte de la célula.

No todas las células responden a la radiación de la misma manera, una célula que es sensible a la radiación se denomina **radiosensible**, aquella resistente se denomina **radioresistente**. La respuesta de la célula a la exposición de la radiación se determina como sigue:

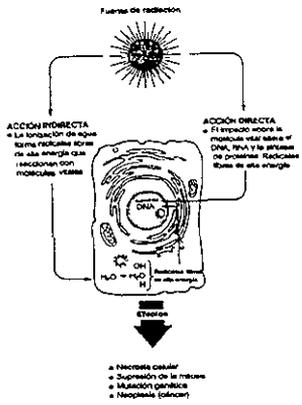
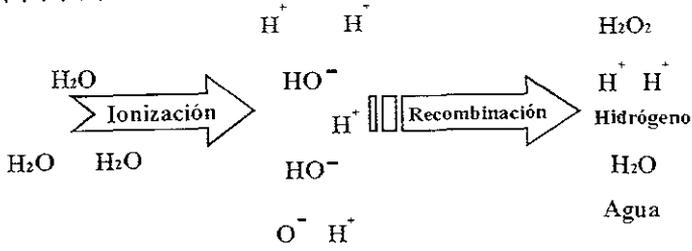
Actividad mitótica

Las células que se dividen con frecuencia o sufren muchas divisiones con el tiempo, son más sensibles a la radiación.

4.7.1 Diferenciación celular

Las células inmaduras o que no estén muy especializadas, son más sensibles a la radiación.

Energía de Rayos Roentgen



Metabolismo celular

Las células que tienen un metabolismo más alto son más sensibles a la radiación. Las células radiosensibles incluyen a las células sanguíneas, células de la reproducción inmaduras, células óseas jóvenes. La célula más sensible a la radiación es el linfocito pequeño, las células radioresistentes incluyen células óseas, musculares y nerviosas

En Odontología, algunos tejidos y órganos se designan como **críticos** debido a que están expuestos a más radiación que otros durante los procedimientos radiográficos. **Un órgano crítico** Es aquel que si se daña disminuye la calidad de vida de la persona, se incluyen :

- ◆ Piel
- ◆ Glándula Tiroides
- ◆ Cristalino de los ojos
- ◆ Médula Ósea

La Edad

Los niños son mas susceptibles al daño que los adultos

Los auxiliares y los dentistas , que trabajan con radiaciones ionizantes de bajo nivel, deben conocer la las consecuencias de la exposición crónica, de esta manera podrán sopesar mejor el “ **riesgo frente al beneficio** “ antes de efectuar la exposición radiológica

concepto uso de rayos roentgen frente a la radiografia de diagnostico.

Los ejemplos siguientes sobre la exposición concreta de los tejidos a los Rayos Roentgen y a los niveles críticos alcanzados en ellos, permiten afirmar que los beneficios derivados de la exposición dental a los Rayos Roentgen

Si se aplica de manera cautelosa en condiciones adecuadas, superan con mucho los posibles riesgos.

4.7.2 Piel

El eritema (enrojecimiento de la piel) es el efecto habitual de la radiación y no supone un riesgo importante en la radiografía dental. la importancia del eritema radica en que la dosis cutánea es la que más suele expresarse en los exámenes radiográficos, dentales, la dosis cutánea tiene sus limitaciones ya que la piel es más fácil de atravesarla.

No refleja la dosis recibida por los tejidos mas profundo es menos sensible que otros tejidos expuestos en la radiografía dental.

La cantidad de radiación necesaria para producir eritema o enrojecimiento en los sujetos más sensibles, es de 250 R durante un periodo de 14 días, si se admite que la exposición del aparato de rayos roentgen dental es de 0.7 R por segundo con una película del tipo E, se requerirían más de 500 exposiciones dentales durante un periodo de 15 días para que apareciera eritema en un paciente más sensible.

4.7.3 Médula ósea

Actualmente se cree que el mayor peligro somático de los Rayos Roentgen dental para el paciente es la inducción de leucemia, la médula ósea hematopoyética es uno de los órganos productores de la sangre, la medula ósea hematopoyética expuesta a los rayos roentgen dentales se encuentra en la mandíbula, el cráneo, la bóveda craneal y la columna vertebral, la médula ósea de la mandíbula es que la mayor riesgo dental sufre.

Pero representa únicamente el 12 % de toda la médula ósea activa del organismo. En consecuencia sería necesario exponer entre 2000 y 5000 películas dentales antes de inducir la leucemia.

Sin embargo con el uso adecuado de la radiación, y aplicando la técnica correcta, el beneficio diagnóstico derivado del estudio supera al ligero riesgo.

4.7.4 Ojos

La exposición del cristalino a dosis elevada de radiación ionizante puede inducir a la formación de cataratas . la dosis necesaria para que ocurran estos cambios oscila entre 200 y 500 rads (2 a 5 Gy) .

El cristalino se expone a la radiación durante la radiografía dentoalveolar, pero el riesgo de aparición de cataratas es extraordinariamente reducido.

4.7.5 Tiroides

La glándula tiroides, que es muy radiosensible, puede encontrarse en el haz de radiación primario en alguna de las proyecciones dentales, la dosis que recibe este tejido tan radiosensible se debe reducir al máximo , sobre todo en los niños, para ello se debe utilizar un collar tiroideo de plomo.

Cantidad de tejido irradiado

Se refiere a las áreas del cuerpo expuesto.

4.7.6 Efectos somáticos

La radiación afecta tanto a las células somáticas como a las sexuales que son las células germinales de los órganos de la reproducción (óvulos y espermatozoides). Las demás células pertenecen al soma del individuo.

En los pacientes bajo terapia con radiación se pueden observar efectos clínicos, en el área tratada, la piel está bronceada y con cicatrices, (parece como si hubiese colocado un objeto caliente sobre ella), lo que se conoce como *quemadura por radiación*.

También hay pérdida de pelo, cuando existen glándulas salivales se ve afectado la calidad y cantidad de la saliva, por lo que es frecuente la sequedad de la boca y caries rampante

No existen pruebas de que las radiografías dentales de diagnóstico provoquen manifestaciones clínicas

4.7.7. Efectos genéticos

Las alteraciones de las células genéticas se transmiten de generación en generación y se conocen como mutaciones genéticas. Además de las radiaciones ionizantes, existen muchos agentes con efecto mutagénico.

Entre ellos diversos compuestos químicos o medicamentos e incluso las temperaturas corporales elevadas, la mutación puede ser recesiva, en cuyos casos se transmite durante muchas generaciones sin manifestarse clínicamente.

Actualmente se cree que el riesgo más importante de las radiaciones crónicas de bajo nivel es la leucemia.

Los Rayos Roentgen pueden causar mutaciones en muchos tipos de células, incluyendo las sexuales que son portadoras del código genético o herencia que dara origen a otro ser humano

El daño que sufren las células somáticas se elimina cuando muere la persona, pero cuando se presenta en las células germinales del ser humano puede transmitirse a las siguientes generaciones. Diversos estudios que se han realizado muestran que muchas células son capaces de reparar algunos tipos de daño genético que sufren sus cromosomas.

4.7.8 Embarazo

Las células fetales, indiferenciadas y en fase de división rápida, son extraordinariamente radiosensibles, lo que explica la preocupación con respecto a las pacientes embarazadas.

En Odontología el haz primario se limita a la región de cabeza y cuello, la única radiación que estaría expuesto el feto sería la radiación secundaria, es importante llevar a la práctica las medidas de protección.

Conclusiones

Conclusiones

El empleo de Rayos Roentgen para diagnóstico dental tiene un gran valor, la información que brinda beneficia al paciente, al exponerlo incluso a estas pequeñas dosis de radiación implica algunos factores de riesgo por lo tanto es necesario llevar a acabo la **protección radiológica** para impartir seguridad tanto al paciente como al Cirujano Dentista.

- ◆ En el gabinete dental el Cirujano Dentista se debe de encontrar a una distancia de 1.5m aproximadamente del aparato de Rayos Roentgen, o en una posición detrás del aparato con la finalidad de no absorber de forma directa el haz primario de Radiación Roentgen.
- ◆ Todos los pacientes que requieran que se les realice una Radiografía dental deberán usar el mandil de plomo para su protección Radiológica, teniendo especial cuidado en mujeres embarazadas los 3 primeros meses de desarrollo fetal, en pacientes pediátricos tener especial cuidado en cuanto a protección porque se encuentran en una etapa de división celular.

- ◆ En el mercado comercial existen diferentes tipos de películas radiográficas dentoalveolares dependiendo de la velocidad de estas, es decir hay rápidas y lentas, se deben de utilizar más las de tipo E y F plus, ya que requieren menor tiempo de exposición generalmente 1/ 4 seg.
- ◆ Clínicamente, no se observa ningún daño causado por dosis de Rayos Roentgen para uso dental, por eso no se puede medir en forma directa el riesgo de algún efecto dañino celular, el peligro está en que tal efecto llegue a observarse posteriormente, por lo que es recomendable el uso de algún dosímetro para medir la acumulación de Radiación Roentgen
- ◆ Evitar repeticiones, cada una duplica la dosis de radiación en el paciente
- ◆ Utilizar paredes forradas de plomo o el equivalente (concreto, ladrillo o lámina roca, el operador deberá permanecer atrás de esta barrera, si necesita ver al paciente durante el procedimiento, podrá hacerlo a través de una ventana.

Glosario

GLOSARIO

Amperaje. Número de electrones que pasa a través de un conductor, la resistencia de una corriente eléctrica.

Ampere (A) Unidad de resistencia de corriente eléctrica, intensidad de una corriente eléctrica, producida por 1 voltio,

Barrera protectora. Barrera de material que absorbe la radiación y se utiliza para reducir la exposición a la radiación por ejemplo una pared).

Capa de valor medio. Grosor del material que cuando se coloca en la vía del haz de Rayos Roentgen reduce la exposición a la mitad.

Características de la radiación Una forma de radiación que se presenta cuando un electrón de alta velocidad desaloja un electrón de la capa interna de un átomo lo que causa excitación o ionización del átomo

Célula Unidad estructural básica del organismo vivo.

Célula Radioresistente. Una célula resistente a la radiación por ejemplo hueso, músculo y nervio.

Célula radiosensible. Célula sensible a la radiación por ejemplo linfocito pequeño células sanguíneas, células reproductoras inmaduras, células óseas jóvenes).

Células Genéticas. Células que contienen genes, células reproductoras(por ejemplo óvulo y esperma).

Células somáticas. Todas las células en el cuerpo con excepción de las células reproductoras.

Colimación. Restricción del tamaño y la forma del haz de Rayos Roentgen.

Colimador. Un diagrama, por lo regular de plomo, que se utiliza para restringir el tamaño y la forma del haz de Rayos Roentgen.

Colimador de plomo. Diafragma de plomo o aditamento tubular utilizado para restringir el tamaño y la forma del haz de Rayos Roentgen

Collar tiroideo. Escudo de plomo flexible, utilizado para proteger la glándula Tiroides de la radiación dispersa.

Concepto Alara. Concepto de protección a la radiación que establece que toda exposición a la radiación se debe mantener al mínimo o lo más baja posible.

Culombio (C) Unidad de carga eléctrica, la cantidad de carga eléctrica transferida por 1 ampere en un segundo.

Culombio por kilogramo (C/ kg). Unidad de medida utilizada para describir el número de cargas eléctricas, o el número de iones pares, en un kilogramo de aire.

Curva dosis-respuesta. Una curva que demuestra la dosis, o cantidad de radiación recibida, y la respuesta de, o el daño a los tejidos.

Discos de aluminio. Discos u hojas de aluminio, por lo regular de 0.5 mm de grosor que se colocan en la vía del haz de Rayos Roentgen , filtran los rayos Roentgen no penetrantes de longitud de onda más larga.

Dosis. Cantidad de energía absorbida por un tejido.

Dosis de radiación absorbida. (rad). Unidad para medir la dosis absorbida, la unidad tradicional de dosis equivalente al gray (Gy), 100 erg de energía por gramo de tejido, 100 rad = 1 Gy

Dosis equivalente. Medida utilizada para comparar los efectos biológicos de tipos diferentes de radiación.

Dosis máxima acumulada (DMA) Dosis de radiación máxima que puede recibir una persona que esta expuesta de manera ocupacional a la radiación.

Dosis máxima permisible (DMP) Dosis máxima acumulada que puede recibir durante un periodo específico las personas que están expuestas de manera ocupacional a la radiación.

Dosis total. La cantidad de radiación recibida, o la cantidad total de energía de radiación absorbida.

Efectos a corto plazo. Efectos de la radiación que aparecen en minutos, días o semanas, asociados con grandes cantidades de radiación absorbida en un periodo corto.

Efecto a largo plazo. Efectos de la radiación que aparecen en años decenios o generaciones, asociados con cantidades pequeñas de radiación absorbida de manera repetida, en un tiempo prolongado

Efectos acumulativos. Los efectos sumatorios de la exposición repetida a la radiación.

Efectos genéticos Efectos de la radiación que pasan a futuras generaciones a través de las células genéticas.

Efectos somáticos. Efectos de la radiación responsables de una mala salud por ejemplo inducción de cáncer, leucemia y cataratas.

Electricidad Se utiliza corriente eléctrica como fuente de poder, energía utilizada para hacer Rayos Roentgen.

Factor de calidad (QF) Un factor utilizado con propósitos de protección contra la radiación que cuenta los efectos de exposición de diferentes tipos de radiación, para los Rayos Roentgen, $QF=1$.

Filtración. El uso de materiales absorbentes por ejemplo aluminio para eliminar los Rayos Roentgen de baja energía del haz primario.

Filtración adicional. Discos de aluminio insertados en el aparato dental de Rayos Röntgen entre el tubo y el colimador absorben a los de baja energía

Filtración inherente Filtración colocada en el tubo de Rayos Roentgen por el fabricante incluye una ventana de vidrio en el tubo del aparato dental, aceite aislante, y sellador de la cabeza del tubo

Filtración total Combinación de filtración inherente y filtración agregada en el aparato de Rayos Roentgen

Gray (G y) Unidad para medir la dosis absorbida, la unidad SI equivalente es el rad, $1 \text{ gray} = 100 \text{ rads}$.

Ion Partícula con carga eléctrica un átomo que gana o pierde un electrón

Ionización Producción de iones, proceso de convertir un átomo en un ion.

Isometría. Igualdad de medida.

Joule (J) Unidad SI de medida equivalente al trabajo hecho por la fuerza de un Newton, que actúa sobre la distancia de un metro.

Kiloelectrovoltio (KeV) 1000 electrovoltios, unidad de medida para las energías de unión de los electrones en órbita.

Kilogramo (Kg) 1 000 gramos, unidad equivalente a 2.205 libras.

Kilovoltaje En radiología el voltaje máximo del tubo de Rayos Roentgen que se utiliza durante la exposición; se mide en kilovoltios.

Kilovoltaje de operación Véase kilovoltaje

Kilovoltaje máximo (Kvp) Voltaje máximo que se utiliza durante la exposición de los Rayos Roentgen.

Kilovoltio (KV) 1000 voltios, unidad de fuerza electromotora que dirige una corriente eléctrica a través de un circuito.

Ley del Cuadrado inverso La regla que establece que “ la intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia desde la fuente de radiación” al aumentar la distancia, la intensidad de la radiación en el objeto se disminuye, y viceversa.

Longitud de onda Distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la siguiente, determina la energía y el poder de penetración de la radiación(por ejemplo, mientras más corta es la longitud de onda, mayor es la energía.)

Mandil de plomo Escudo de plomo flexible para proteger los tejidos reproductores y formadores de sangre del paciente, de la radiación dispersa.

Metabolismo Celular Proceso físico y químico de una célula que determina la respuesta de ésta a la exposición a la radiación (por ejemplo las células con un índice metabólico alto son más sensible a la radiación)

Miliamperaje En radiología, la intensidad de corriente del tubo de Rayos Roentgen que se utiliza durante la exposición, se mide en miliamperios.

Miliamperaje (mA) 1/ 1000 de un ampere, unidad de medida que se utiliza para describir la intensidad de una corriente eléctrica.

Miliampere-segundo (mAs) Unidad de exposición radiográfica igual al producto del miliamperaje y al tiempo de exposición.

Película de velocidad D Película dentoalveolar, la letra D identifica la velocidad

Película de velocidad E Película dentoalveolar; la letra E identifica la velocidad de película.

Radiación Emisión y propagación de energía a través del espacio o material en forma de ondas o chorro de partículas

Radiación dispersa Una forma de radiación secundaria; es el resultado de un haz de Rayos Roentgen que se desvía de su camino por la interacción con la materia.

Radiación electromagnética Propagación de energía en forma de onda a través del espacio o materia; la energía propagada está acompañada por campos eléctricos y magnéticos, de ahí el término electromagnética; los ejemplos incluyen, rayos cósmicos, Rayos Gamma, Rayos Roentgen, microondas, ondas de radio, ultravioleta.

Radiación ionizante Radiación capaz de producir iones, incluye radiación particulada electromagnética.

Radiación particulada Partículas pequeñas de materia que poseen masa, viajan en línea recta y a altas velocidades , por ejemplo electrones, partículas beta, partículas alfa, protones y neutrones.

Radiación primaria Haz de Rayos Roentgen penetrante que se produce en el blanco del ánodo (también conocida como haz primario o útil)

Radiación secundaria Radiación creada cuando el haz primario interactúa con la materia, la radiación secundaria es menos penetrante que la primaria.

Radiación Roentgen Radiación de alta energía, ionizante y electromagnética, Véase en Rayos Roentgen.

Rayos Roentgen Una forma de radiación ionizante, sin peso, haces neutrales de energía (fotones) que viajan en ondas con una frecuencia específica la velocidad de la luz, haz de energía que tiene el poder de penetrar sustancias y registrar sombras de imágenes en una película fotográfica (también conocidos como Rayos " X ")

Roentgen (R) Unidad tradicional de exposición a los Rayos Roentgen, la cantidad de radiación Roentgen o gamma que produce una carga eléctrica de 2.58×10^{-4} Coulombios en 1 Kilogramo de aire en condiciones de presión y temperatura normales.

Roentgen equivalente (Rem) Unidad tradicional de la dosis equivalente, producto de la dosis absorbida (rads) y el factor de calidad (QF) específico para el tipo de radiación , $100 \text{ rem} = 1 \text{ sievert (Sv)}$

Sievert (Sv) Unidad de medida para dosis equivalente, la unidad SI de medida equivalente al rem, $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$

Teoría directa Una teoría que sugiere que hay daño celular cuando la radiación ionizante choca con áreas clínicas de manera directa dentro de la célula.

Teoría indirecta Una teoría que sugiere que el daño celular se presenta de manera indirecta, la célula absorbe los fotones de los Rayos Roentgen, lo que causa formación de toxinas que a su vez dañan la célula.

Tiempo de exposición Intervalo durante el cual se producen los Rayos Roentgen.

Tubo de Rayos Roentgen Parte componente de la cabeza del tubo de Rayos Roentgen que genera los rayos, incluye al tubo del vacío de vidrio plomado, al cátodo y al ánodo.

Velocidad Rapidez; en radiología, velocidad de una onda

Velocidad de dosis La dosis de radiación recibida por unidad de tiempo.

Voltaje En radiología dental, presión o fuerza eléctrica que guía la corriente eléctrica a través de un circuito del aparato de Rayos roentgen.

Voltio (V) Unidad de fuerza electromotora que guía una corriente eléctrica a través de un circuito.

Bibliografía

BIBLIOGRAFÍA

BACQ. Z. H " Fundamentos de Radiobiología ". Editorial Acrina. Primera Edición España, 1969.

BONET - MAURY, Paul. " La Radioprotection ". Editorial Press Universitaires de France Primera Edición France, 1969

CHANDRASOMA Parakramat, Taylor Clive. " Compendio de Patología " Editorial Manual- Moderno, México, D.F 1995

FRIEDRICH, Pasler, " Radiología Odontológica " Editorial Salvat México,D.F. 1986

FROMMER, Herbert, " Radiología para el auxiliar de Odontología" Editorial Mosby, México, D.F. 1985

GIBILISCO, Joseph A. " Diagnóstico Radiológico en Odontología" Editorial Panamericana, Quinta Edición, Argentina, Buenos Aires, 1987

GOAZ Paul W., " Radiología Oral Principios e Interpretación " Editorial Mosby Doymalibros, México, 1984 ,

HARRING-Lind, " Radiología Dental Principios y Técnicas " Editorial Interamericana Mc- Graw -Hill, México.1999

KASLE, Myron J., "Principios de Radiología Bucal" Editorial Moderno, México, D.F 1988 ,

MANN, B, Wilfrid "Radiactividad y su Medida" Editorial Reverte Mexicana, Primera Edición España 1974

MASON, Rita A. "Guía para la Radiología Dental" Editorial Manual Moderno, Segunda Edición, México, (1997)

MCNEIL, Bárbara J. "Manual de diagnóstico por imagen" Editorial Interamericana Mc- Graw Hill, España, Madrid. 1990

MESON- Hing, "Fundamentos de Radiología Dental" Editorial Interamericana, México, D:F 1983

NIETO Azorín, Juan. "Luminisence Dosimetry Theory And Application" Ediciones Técnico Científicas Primera Edición México, D.F 1990.

O' BRIEN, R . C. "Radiología Dental" Editorial Interamericana Mc- Graw Hill · Cuarta Edición , España. 1983

OREAR, Jay. "Física Fundamental" Editorial Limusa. Primera Edición México, D. F. 1966

POYTON, H. Guy; Pharoah M. J. "Radiología Bucal". Editorial Interamericana Mc. Graw Hill Madrid, España, 1993

RICKARDS. C.J. “ La Radiación de la Ingeniería Nuclear “ Editorial Conacyt, Primera Edición México, 1986.

ROBBINS Stanley “ Patología Básica “ Editorial Interamericana, Segunda Edición, México, 1990.

SARNO, Robert C, “ Radiología Moderna “ Editorial Interamericana, México, D.F. 1983

SMITH, J.; Phil M. “Radiología Dental “. Editorial Limusa, México. 1987

STAFNE, Eduard; Gibilisco Joseph “ Diagnostico Radiológico en Odontología” Editorial Panamericana Cuarta Edición, México, 1994

STROTHER, G.K., “ Física aplicada a las Ciencias de la Salud “ Editorial Mc-Graw Hill, , Segunda Edición, Bogotá, Colombia, 1990

TART. W:H. “ Radiation Detection“ Editorial Butterworths, Primera Edición 1980.

TEPLICK, George, “ Dranóstico Radiológico “ Editorial Interamericana, Segunda Edición, México, D.F. 1983

WILLIAMS Marvin, M.D. “ Física de la Salud “ Editorial Mc-Graw-Hill, México, 1989

WUEHTMANN, Arthur; Lincon R. “ Radiología Dental “ Editorial Salvat, Tercera Edición, 1983