



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

IMPORTANCIA DE LA IMAGENOLOGÍA Y
EDUCACIÓN PARA LA SALUD BUCAL.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

JACQUELINE ARMENDÁRIZ RIVERA

TUTORA: Dra. MIRELLA FEINGOLD STEINER

ASESOR: C.D. ALFONSO BUSTAMANTE BÁCAME

MÉXICO, D.F.

2016



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.

Agradezco a Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más.

A mi madre Araceli Rivera Sancho por estar siempre conmigo cuando más la he necesitado, por regalarme palabras de aliento para seguir adelante y siempre perseverante para alcanzar mis ideales, tú que me diste la vida y has hecho de mí una mujer de buenos sentimientos, hábitos y valores. Sabes que sin tí no lo hubiera logrado.

A mi padre Mario Armendáriz González que ha estado conmigo en este largo proceso de la carrera, lo sé Papá no fue fácil, se que hubo días buenos y malos, pero agradezco tu enorme paciencia y apoyo durante todo este tiempo. Tú forjaste una hija trabajadora y responsable, tú eres mi ejemplo a seguir, y si volviera a nacer los escogería a ambos como mis padres.

A mi hermana Sandra Armendáriz Rivera, que siempre ha demostrado salir adelante ante cualquier adversidad, una mujer con carácter y de hermosos sentimientos, ella es mi amiga, mi confidente, ella es una mujer que merece todo mi respeto, y que siempre ha estado conmigo cuando más la he necesitado.

A mi abuelito Mario Armendáriz Islas, por verme crecer, por estar conmigo el día de hoy, porque eres mi ejemplo a seguir, porque me has apoyado bastante en mi carrera, pero mejor aún, por ser una persona tan angelada y tener el mismo sentido del humor que yo, sin duda alguna agradecida con Dios por ser tu nieta, créeme que atesoro cada momento a tu lado.

A mi abuelita Lucía Figueroa González, gracias a tí, tengo el carácter para salir adelante, porque siempre viste por mí desde pequeña, porque crecí a tu lado, porque hoy estás aquí, y has vencido cualquier adversidad, porque sé que aún me

escuchas y sabes que es una dicha tenerte a tí y a mi abuelito a mi lado.

A mi Tío Alfonso Armendáriz González, mi ejemplo a seguir, mi entero respeto hacia tí, sabes que por tí comencé a tener amor a la Odontología, sabes que te admiro, y que agradezco que siempre me bríndes tu apoyo y conocimiento, eres el Cirujano dentista al cual yo le tengo mayor admiración. Voy siguiendo tus pasos y sé que no tengo mejor maestro que tú.

A mis amigas que han estado alentándome en todo momento: Jessy y Vane, las tres estamos disfrutando esta etapa, estamos compartiendo la dicha de alcanzar el mismo objetivo, ser Cirujanas Dentistas. Hemos formado una hermosa amistad.

A tí Eri, que siempre has estado apoyándome en todo momento, que con tu fortaleza y positivismo has fomentado la seguridad en mí, sin duda, tengo un enorme respeto y admiración hacia tí, gracias por creer en mí, gracias Dra. por llegar a mi vida, gracias por darme tanto en tan poco tiempo.

A mi tutora la Dra. Mirella Feingold Steiner, que gracias a su paciencia y dedicación en esta tesina me alentó a seguir adelante.

A mi asesor C.D. Alfonso Bustamante Bácame, quien contribuyó en la idea principal de mi tesina y fue firme en su objetivo.

Agradezco a todas las personas que me han apoyado y que quizás hoy ya no formen parte de mi vida, pero que sin duda alguna, estuvieron en su momento conmigo apoyándome, y haciéndome crecer como persona, sin duda alguna, me llevo lo mejor de ustedes.

ÍNDICE.

INTRODUCCIÓN.....	7
PROPÓSITO	9
OBJETIVO.....	9
1. ¿QUÉ SON LOS RAYOS X?	9
2. ANTECEDENTES	10
2.1 Historia de los rayos X.....	10
3. FUENTES DE RADIACIÓN	17
4. PELÍCULA DENTAL.....	18
5. TIPOS DE RADIOGRAFÍAS.....	21
5.1 Radiografía periapical	21
5.2 Radiografía aleta mordible.....	21
5.3 Radiografía oclusal.....	22
5.4 Radiografía lateral oblicua.....	22
5.5 Radiografías craneales y maxilofaciales.....	23
5.6 Radiografía cefalométrica	23
5.7 Ortopantomografía	23
5.8 Tomografía	25
5.9 Resonancia magnética	25
5.10 Radiografía posteroanterior (PA)	25
5.11 Radiografía anteroposterior (AP)	26

6. DOSIMETRÍA Y MAGNITUDES EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	27
6.1 Unidades de medida	28
6.2 Medidas de exposición.....	29
6.3 Medidas de dosis	30
6.4 Ionización.....	30
6.5 Formación de un radical libre	31
6.6 Curvas dosis-respuesta	31
6.7 Secuencia, reparación y acumulación de lesión por radiación	32
6.8 Factores que determinan la lesión por radiación ...	33
7. LEGISLACIÓN PARA PROFESIONALES DE LA ODONTOLOGÍA SOBRE EL USO SEGURO DE RAYOS X..	34
7.1 Dosis máxima permisible	35
7.2 Dosis máxima acumulada	36
7.3 Concepto ALARA	36
7.4 Regulaciones sobre radiaciones ionizantes	36
8. EFECTOS BIOLÓGICOS Y RIESGOS ASOCIADOS CON LOS RAYOS X	39
8.1 Clasificación de los efectos biológicos.....	39
8.1.1. Efectos somáticos deterministas	40
8.1.2. Efectos somáticos estocásticos.....	40
8.1.3. Efectos genéticos estocásticos.....	4
8.1.4. Efectos en el feto	41
8.1.5. ¿Cómo se produce el daño por los rayos X?...	42

9. EDUCACIÓN PARA LA SALUD EN EL PROCESO DE PROTECCIÓN PARA EL ODONTÓLOGO Y PACIENTE	45
9.1 Aditamentos de protección.....	47
9.2 Los 10 puntos clave en el proceso de Educación para la salud en radiología	54
CONCLUSIONES.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56

INTRODUCCIÓN

La utilización de los estudios radiológicos es de suma importancia en la práctica dental, ya que se requiere de este tipo de exploración en la mayoría de los pacientes. Las radiografías se suelen considerar como la principal ayuda diagnóstica del odontólogo.

A raíz del descubrimiento de la radioactividad y de los rayos X a finales del siglo XIX, se pusieron de manifiesto los daños producidos por las radiaciones ionizantes. Desde entonces, la identificación de muchos usos importantes y beneficiosos de las radiaciones, el desarrollo de nuevos procesos tecnológicos que las generan y el conocimiento del daño que pueden ocasionar han crecido a la par. De esta manera, se ha demostrado la importancia de establecer ciertas medidas de seguridad que garanticen un nivel adecuado de protección al ser humano. En Odontología el uso de auxiliares de diagnóstico como lo son las radiografías, requieren de un manejo adecuado de los aparatos que evite exponer al paciente y el odontólogo a radiaciones más allá de las requeridas.

El odontólogo debe conocer qué son los rayos X, ya que esto permitirá entender de mejor manera, los efectos que pueden llegar a generar.

El odontólogo se debe actualizar en cuanto a los aditamentos que se pueden utilizar en la práctica dental para brindarle mayor seguridad al entrar en contacto con los rayos X, realizándose un manejo adecuado del equipo radiológico sobre todo, cuando exista una buena prescripción de las radiografías, para evitar riesgos innecesarios.

De igual manera los materiales utilizados en la construcción de espacios para la toma de los distintos tipos de placas radiográficas, proporcionan protección y limitan la cantidad de radiación percibida.

Existen aditamentos cuya finalidad es evitar riesgos durante la exposición, como lo son el collar tiroideo, mandiles de plomo, aditamentos para sostener la película radiográfica e inclusive dispositivos que permiten medir la cantidad de radiación a la que se expone el odontólogo.

PROPÓSITO

Promover la educación para la salud durante el proceso de toma de estudios imagenológicos.

OBJETIVO

Determinar la importancia de la educación para la salud bucal en relación con la imagenología para conocer cuáles son los efectos y factores de riesgo a los que están expuestos el odontólogo y el paciente e identificar las medidas de protección en el uso de rayos X.

1. ¿QUÉ SON LOS RAYOS X?

Se denomina radiación al transporte de energía, de materia o de ambas en una dirección del espacio. ¹

Los rayos X son radiación electromagnética de la misma naturaleza que las ondas de radio, las de microondas, de los rayos infrarrojos, de la luz visible, de los rayos ultravioleta y gamma. Los rayos X son una radiación ionizante que al interaccionar con la materia, origina partículas con carga. ^{1,2}

La producción de rayos X se genera dependiendo de la fuente de electrones. Consiste en ondas o paquetes de energía invisibles, que viajan en línea recta y son capaces de penetrar tejidos permitiendo ver diferencias de densidad en objetos opacos produciendo una imagen visible. ^{1,3}

Considerados como parte esencial del diagnóstico, se utilizan en sistemas de imagenología tanto en odontología como en medicina. Las imágenes producidas se observan en una película o en un dispositivo con radiación electromagnética. ³

Entre sus propiedades podemos encontrar que:

- 1- Tienen capacidad para causar fluorescencia en ciertas sustancias.
- 2- Tienen capacidad de penetración.
- 3- Se propagan como ondas electromagnéticas y no son visibles. Se distinguen por sus efectos.
- 4- Producen reacciones en los enlaces moleculares de los tejidos vivos que conducen a lesiones biológicas. ^{1,3}

2. ANTECEDENTES

2.1 Historia de los rayos X

A continuación se describirá su inicio, desarrollo y evolución en la utilidad práctica.

El estudio de los rayos X, comienza con el químico inglés William Crookes, en el año de 1875, quién desarrolló un tubo de vacío, el cual producía corrientes de alto voltaje. Este tubo, conocido como tubo de "Crookes", al estar cerca de placas fotográficas, generaba algunas imágenes, aunque borrosas. ³

En 1887 el físico estadounidense, Nikola Tesla, comenzó a estudiar el efecto ocasionado por los tubos de Crookes. Se dio cuenta de los peligros de la radiación y alertó a la comunidad científica. ^{3,4}

Los rayos X fueron descubiertos el 8 de noviembre de 1895 por Wilhelm Conrad Roentgen (Fig. 1)⁵, profesor de física en la Universidad de Wurzburg, en Alemania. Trabajaba con los tubos de Hittorf-Crookes (Fig. 2)⁶ por los que fluía la corriente eléctrica de una batería.

Roentgen, analizaba los rayos catódicos, para evitar la fluorescencia violeta, que producían en las paredes del tubo de vidrio, por lo que crea un ambiente de oscuridad cubriéndolos con una funda de cartón negro.

Al conectar su equipo por última vez, le sorprendió ver un resplandor amarillo-verdoso a lo lejos; sobre un banco próximo había un pequeño cartón con una solución de cristales de platino-cianuro de bario que al apagar el tubo se oscurecía y al prenderlo se producía nuevamente. Retiró más lejos el cartón y comprobó que la fluorescencia se seguía produciendo; repitió el experimento y sucedió lo mismo, los rayos creaban una radiación muy penetrante, pero invisible. Se percató que los rayos atravesaban grandes capas de papel e incluso metales menos densos que el plomo.^{3,4}

Pensó en fotografiar este fenómeno y entonces fue cuando hizo un nuevo descubrimiento: las placas fotográficas que tenía en su caja estaban veladas. Intuyó la acción de estos rayos sobre la emulsión fotográfica y se dedicó a comprobarlo. Colocó una caja de madera con unas pesas sobre una placa fotográfica y el resultado fue sorprendente al impresionarse la imagen de las pesas. Para poder comprobar la distancia y el alcance de los rayos, pasó a un cuarto, cerró la puerta y colocó una placa fotográfica. Obtuvo una imagen de la moldura.^{3,4}

El 22 de diciembre del mismo año, fue un día memorable, al no poder manejar al mismo tiempo su carrete, la placa fotográfica de cristal y colocar su mano sobre ella, le pide a su esposa que coloque la mano sobre la placa durante 15 minutos.

Al revelar la placa de cristal apareció la mano de su esposa, primera imagen radiográfica del cuerpo humano. ^(3,4)

Roentgen, los nombró rayos X, porque no sabía que eran, ni cómo eran provocados. ³



Figura 1 Wilhelm Conrad Roentgen y primera radiografía de la mano de su mujer. ⁵

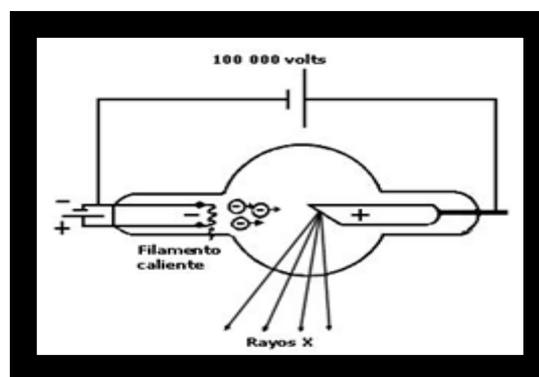


Figura 2 Tubos de Hittorf-Crookes. ⁶

En enero de 1896 el Dr. Otto Walkhoff (Fig. 3)⁷, un odontólogo de Braunschweig, Alemania, hizo el primer uso dental de los rayos X al tomar la radiografía de un premolar inferior. ³

Utilizó una placa fotográfica pequeña de vidrio envuelta en papel negro y cubierta con caucho, la cual colocó en su propia boca mientras estaba acostado en el piso. El tiempo de exposición fue de 25 min. Debido a la

posición de la placa, la imagen mostraba partes de los dientes superiores e inferiores, lo que en realidad tomaba era una radiografía de aleta mordible. ^{3,4} (Fig. 4)⁷

Esto fue seguido en febrero de 1896 por el trabajo del físico Walter Koenig, quien obtuvo una imagen más clara con sólo 9 min de exposición. En la actualidad, para una exposición comparable, se requeriría una décima de segundo (seis impulsos). ³

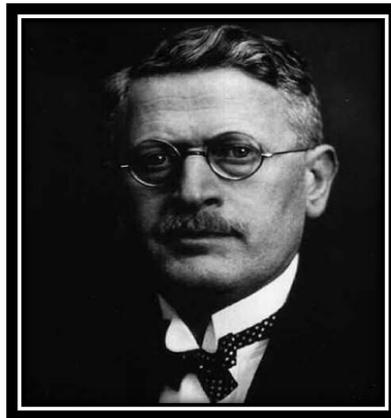


Figura 3 Dr. Otto Walkhoff. ⁷

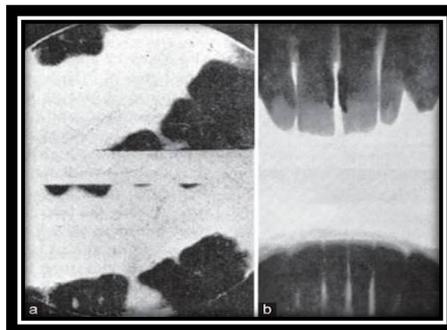


Figura 4 Primer radiografía de aleta mordible. ⁷

Resulta interesante el hecho de que el trabajo de Roentgen no fue recibido con beneplácito unánime, debido a que el potencial para diagnosticar enfermedades fue ensombrecido por la preocupación del público acerca de “algo que permitiría ver a través de la ropa de las personas”. ^{3,4}

Por muchos años la ciencia de la imagenología mediante el uso de los rayos X se llamó roentgenología.⁴

El nombre de su descubridor aún se usa para expresar la cantidad de exposición a los rayos X, en la unidad llamada roentgen. Por su trabajo en el descubrimiento de los rayos X, Roentgen recibió el primer premio Nobel de física en 1901.^{3, 4, 8}

El descubrimiento de los rayos X se anunció en EUA en 1896, y en dos años más, el científico e inventor, Thomas Alva Edison ya había reproducido las investigaciones de Roentgen. Uno de los ayudantes de Edison fue la primera persona en morir como resultado de los experimentos repetidos con radiación en su propia persona y las demostraciones en pacientes. Edison mismo notó la aparición de zonas de enrojecimiento alrededor de sus ojos. Suspendió su trabajo con radiación y desarrolló un temor a ésta que lo acompañó el resto de su vida.^{1,4, 8}

El Dr. C. Edmund Kells, un odontólogo de Nueva Orleans, recibe el crédito por tomar las primeras radiografías intraorales en EUA (abril de 1896). Él había leído sobre el trabajo de Roentgen y los nuevos rayos, y de inmediato reconoció su uso potencial en odontología. En el transcurso de un año adquirió el equipo eléctrico necesario para producir el voltaje requerido a fin de cargar los tubos de vacío disponibles. Ensambló todo el equipo, y realizó la primera demostración sobre el uso de los rayos X, ante la *Southern Dental Society*.^{8,9}

Utilizó diversos tubos de vidrio, dependiendo de la magnitud del vacío, la edad del paciente y las condiciones climáticas.

Debido a que los tubos de vidrio soplado no estaban estandarizados, solía determinar el tubo más apropiado para cualquier procedimiento en un día dado, colocando la mano entre el tubo y el fluoroscopio manual y “calibrar el tubo” de esta manera.

Las calibraciones del tubo podían requerir un tiempo considerable, y como consecuencia Kells sufrió quemaduras por radiación que ameritaron primero la amputación de los dedos, luego de la mano, y por último del brazo. Esto lo llevó a cometer suicidio.⁸

Otro investigador pionero en la radiología intraoral fue William Rollins, quien desarrolló la primera unidad dental de rayos X en 1896 (Fig. 5)¹⁰. Muchos de los primeros estudiosos de los rayos X sufrieron los efectos de su trabajo. Rollins informó quemaduras cutáneas en su mano y recomendó el blindaje de plomo tanto para el tubo como para el paciente.^{2, 3, 8}

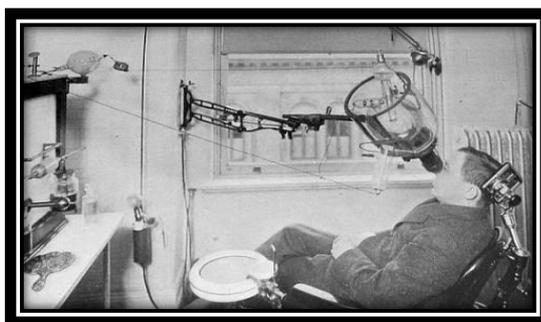


Figura 5 Primer unidad dental de rayos X.¹⁰

No fue sino hasta 1913 cuando se utilizó película en vez de placas fotográficas de vidrio para registrar las imágenes dentales. El Dr. Frank Van Woert, un odontólogo de Nueva York, fue uno de los primeros odontólogos en utilizar la nueva película dental Kodak y enseñar su uso. El Dr. Howard Riley fue el primero en introducir la radiografía en el

programa de la carrera de odontología en la Universidad de Indiana. También inventó la aleta mordible para la película.^{8,9}

El siguiente gran avance ocurrió también en 1913, cuando William D. Coolidge inventó el tubo de rayos X de cátodo caliente, que es el prototipo de los tubos de rayos X usados en la actualidad. El filamento caliente constituyó una fuente variable de electrones en el tubo y eliminó el gas residual como fuente de ionización.⁹

Asimismo, en 1913 se manufacturó el primer aparato de rayos X dental estadounidense. En 1923 la *Víctor X-ray Corporation*, que más tarde se convirtió en la *General Electric X-ray Corporation* y en la actualidad es la *Gendex Corporation*, lanzó un aparato de rayos X dental con un tubo Coolidge en el cabezal de la unidad, enfriado por inmersión en aceite.^{8,9}

En el tubo de vacío de Roentgen (Fig. 6)¹¹ los rayos se producían a partir de la corriente eléctrica aplicada al tubo, la cual causaba la ionización de las moléculas de gas presentes; es decir, las moléculas neutras se rompían en iones negativos y positivos. Debido a la diferencia de potencial eléctrico, las partículas negativas (electrones) eran atraídas al lado positivo del tubo, donde chocaban con la pared de éste y se producían los rayos X. Los tubos de rayos X dentales modernos emplean el mismo principio con algunas modificaciones, las más significativas son el alto voltaje, una diferencia de potencial entre los extremos del tubo, y una fuente variable de electrones (filamento caliente). En la actualidad los tubos tienen además características de seguridad contra la radiación y dispositivos de enfriamiento.⁹ (Fig. 7)¹²

Podemos conceptualizar a la Radiología como la ciencia que, con la utilización de los rayos X y de las películas radiográficas, busca facilitar una imagen “interna”, desempeñando un papel esencial en la práctica dental.⁹



Figura 6 Tubo de vacío de Roentgen antiguo.¹¹



Figura 7 Tubo de vacío actual.¹²

3. FUENTES DE RADIACIÓN

A diario el ser humano está expuesto a la radiación ambiental, la cual es una forma de radiación ionizante, que se produce cuando ésta choca con los tejidos del ser humano, se encuentra presente en el ambiente de manera natural, y puede ser de dos tipos: radiación cósmica y radiación terrestre. La primera se origina de las estrellas y el sol; la exposición de un individuo a la radiación cósmica depende de la altitud: a mayor altitud, mayor es la exposición. La radiación terrestre también se presenta de manera natural y la emiten los materiales radioactivos presentes en la tierra y el aire, como ejemplos están el potasio-40 y el uranio, éste último

es un elemento químico que en la naturaleza está presente en muy bajas concentraciones en rocas, en la tierra y en el agua. ¹³

Además de la radiación ambiental que se presenta de manera natural, la tecnología moderna crea fuentes de radiación artificiales, hechas por el hombre. Los productos de consumo como los relojes de pulso luminosos, la televisión, las lluvias radioactivas son fuentes de exposición a la radiación. ^{9,13}

La radiación para uso médico es otra fuente de exposición, ésta incluye procedimientos radiográficos médicos, radiografías dentales, fluoroscopia, y radioterapia. ¹³

4. PELÍCULA DENTAL

De 1896 a 1913, la película dental estaba formada por placas fotográficas de vidrio o película cortada en trozos y envueltos a mano por el odontólogo en papel negro o un dique de caucho. Los paquetes eran gruesos y rígidos, con ángulos agudos, lo que era muy molesto para el paciente. ¹³

En 1925 Kodak lanzó al mercado la película de doble capa de emulsión, lo que redujo la cantidad de exposición. La velocidad en la toma del estudio radiográfico ha ido aumentando con los años, la emulsión se ha ido haciendo menos sensible a la luz, y el paquete se ha hecho más flexible. ^{9,13}

La película dental de rayos X, sirve como medio de registro o receptor de imagen. El término de imagen se refiere a una fotografía o reproducción gráfica de un objeto, mientras que el término receptor se aplica a lo que responde a un estímulo. ⁹

Las imágenes quedan registradas en la película dental cuando ésta se expone al estímulo, que en este caso específico es energía en forma de rayos X o luz. ^{13, 14, 15}

Consta de cuatro componentes básicos:

- a) Base de la película. Pieza flexible de poliéster que mide 0.2mm de espesor y está construida de modo que soporte el calor, humedad y exposición química.
- b) Capa de adhesivo. Capa delgada de material adhesivo que cubre por ambos lados a la base de la película.
- c) Emulsión de la película. Cubierta que se une por ambos lados a la base de la película mediante una capa de adhesivo para que la placa tenga mayor sensibilidad a la radiación. Es una mezcla de gelatina y cristales de haluro de plata. ^{14, 15}

Los paquetes de película intraorales se expenden en cinco tamaños básicos (Fig. 8)¹⁶:

- 1) Tamaño infantil, #0.
- 2) Película anterior estrecha, #1.
- 3) Tamaño adulto, #2.
- 4) Paquetes de películas oclusales, #4.
- 5) Películas de aleta mordible largas preformadas, #3. ^{1, 13, 15}

Los tres primeros son los más comunes. ¹⁵

Todos los paquetes de películas dentales deben ser herméticos a la luz y resistentes a la infiltración de saliva. Así como tener algún grado de flexibilidad y ser fáciles de abrir en la oscuridad. ^{13, 15}

El paquete de película tiene una envoltura externa de un material tipo plástico. Dentro de la envoltura está la película de rayos X, cubierta por papel negro, y una hoja de plomo posterior que se coloca en el lado de la película opuesto al tubo de rayos X a fin de absorber cualquier radiación directa o dispersa secundaria y prevenir que éstas afecten al paciente o nublen la imagen de la película.¹⁵ (Fig. 9)¹⁶



Figura 8 Tamaño de las películas radiográficas.¹⁶



Figura 9 Componentes de la película radiográfica.¹⁶

La película tiene un botón o punto. Es un área convexa-cóncava que indica cuál lado de la película se debe colocar del lado del tubo, y ayuda a orientar la película revelada en su montura.⁹

5. TIPOS DE RADIOGRAFÍAS

Las radiografías, como se ha mencionado antes, son una herramienta importante para el odontólogo, porque ayudan a diagnosticar diferentes condiciones en la cavidad oral. Existen radiografías intraorales, que como su nombre lo indica son tomadas dentro de la boca del paciente, y radiografías extraorales, que son aquellas en las cuales se pueden observar las estructuras externas de cabeza y cuello del paciente.^{7, 10}

5.1 Radiografía periapical.

Es una radiografía que muestra los dientes de forma individual y los tejidos que los rodean.

Cada imagen suele abarcar de dos a cuatro dientes y proporciona información detallada sobre el diente y el hueso alveolar.¹⁷ (Fig. 10).¹⁸

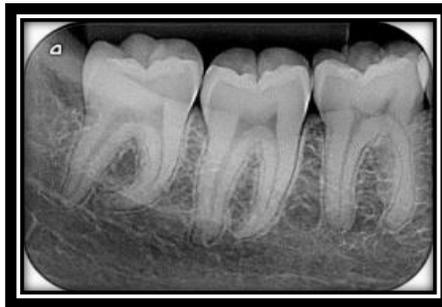


Figura 10 Radiografía periapical zona de molares inferiores derechos.¹⁸

5.2 Radiografía de aleta mordible

Toma su nombre de la técnica original que requería que el paciente mordiera una pequeña aleta adherida a un paquete de película intraoral. Permite una imagen individual con el fin de mostrar las coronas de los dientes premolares y molares de un lado del maxilar o de la mandíbula.¹⁰ (Fig. 11)¹⁸



Figura 11 Radiografía aleta mordible.¹⁸

5.3 Radiografía oclusal

Es aquella imagen radiográfica intraoral donde el paquete de la película se coloca en el plano de oclusión, mostrando la zona anterior del maxilar y en la mandíbula, el piso de boca.¹⁷ (Fig. 12)¹⁸

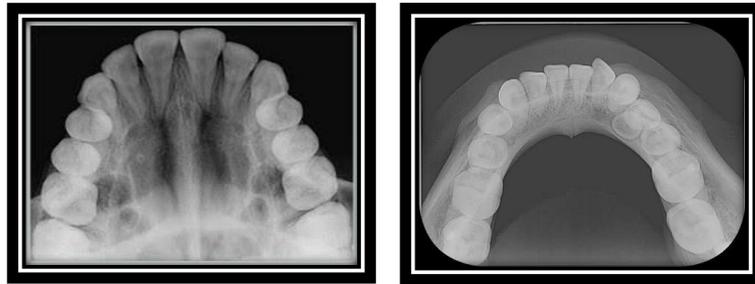


Figura 12 Radiografía oclusal superior y oclusal inferior.¹⁸

5.4 Radiografías laterales oblicuas

Son proyecciones extraorales de las ramas mandibulares. Antes de los equipos panorámicos, se tomaban radiografías extraorales rutinarias en hospitales y consultorios.¹⁰ (Fig. 13).¹⁸



Figura 13 Radiografía lateral oblicua.¹⁸

5.5 Radiografías craneales y maxilofaciales

Las radiografías de todo el cráneo son utilizadas para varios fines. Debido a la complejidad de la estructura del esqueleto maxilofacial, la base del cráneo y la articulación temporomandibular, se utilizan diferentes proyecciones. Este tipo de radiografías nos permiten observar fracturas craneales, senos paranasales, alteraciones de la ATM, por mencionar algunos.¹⁷

Están siendo gradualmente reemplazadas por la tomografía computarizada.^{17, 19}

5.6 Radiografía cefalométrica

Son una forma estandarizada y reproducible de radiografías craneales que se utilizan de modo amplio para evaluar las relaciones de los dientes con los maxilares, y de éstos con el resto del esqueleto facial.¹⁷ (Fig. 14)¹⁸



Figura 14 Radiografía cefalométrica.¹⁸

5.7 Ortopantomografía

Las unidades de rayos X dentales panorámicas se han hecho comunes en los consultorios dentales. El término “panorama” se refiere a la “vista de una región no obstruida en ningún punto”; así, una película panorámica muestra la mandíbula y el maxilar en una radiografía de cóndilo a cóndilo. Pero carece de la definición que se observa en una radiografía periapical.⁹ (Fig. 15)¹⁸

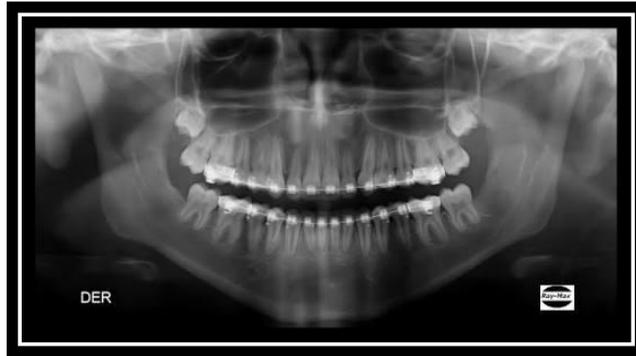


Figura 15 Ortopantomografía. ¹⁸

5.8 Tomografía

Es una técnica radiográfica que permite obtener imágenes de un objeto en un plano, al mismo tiempo que se difuminan o eliminan imágenes de estructuras en otros planos. Proviene del latín “tomé” que significa “sección”; en ésta técnica se visualizan secciones o “rebanadas” radiográficas del objeto. ¹⁷

Facilita la visualización de un área en tres planos y es un excelente medio para examinar los huesos de la ATM. Muestra únicamente una sección o corte. Actualmente la tomografía convencional se ha visto superada por el desarrollo de la tomografía computarizada, debido a que ésta presenta cortes en un rango mayor de planos. ^{9, 17} (Fig. 16) ²⁰



Figura 16 Tomografía. ²⁰

5.9 Resonancia magnética

La imagen es similar a la realizada por una tomografía, se obtiene de señales producidas por una resonancia magnética nuclear. Es un medio muy eficaz de visualizar tejidos blandos y por tanto el disco articular de la ATM. ^{6, 15, 17} (Fig. 17)²⁰

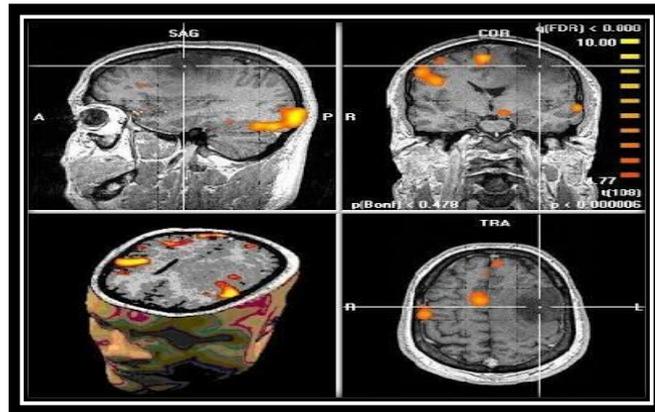


Figura 17 Resonancia magnética de cabeza. ²⁰

5.10 Radiografía posteroanterior (PA)

Es una radiografía que muestra los senos frontales, celdillas etmoidales, suturas frontomales y los rebordes supraorbitarios. También muestra las porciones petrosas de los huesos temporales, los rebordes infraorbitarios, el hueso cigomático. ¹⁹ (Fig. 18)



Figura 18 Radiografía postero-anterior. ²¹

a) Radiografía posteroanterior de cráneo. Técnica de Caldwell

Muestra los rebordes supraorbitarios, las suturas frontomales, el tercio superior de las ramas mandibulares, los senos frontales y las celdillas etmoidales. Es una alternativa a considerar para observar parcialmente la zona anterior de la mandíbula, el cuerpo y la zona del ángulo mandibular en una vista frontal.^{19, 22}

b) Radiografía posteroanterior. Técnica de Waters

Es una técnica utilizada para observar traumatismos del tercio medio de la cara. Con este tipo de radiografía se pueden observar libres de superposiciones: los senos maxilares, huesos malaes, rebordes infraorbitarios, tabique nasal, huesos nasales. Se toma con la boca abierta para apreciar el seno esfenoidal proyectado a la cavidad bucal. La técnica de Waters en conjunto con la de Caldwell son las que conforman el estudio de las cavidades perinasales.^{19, 22} (Fig. 19)²³

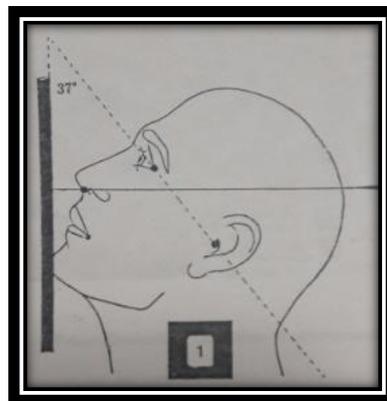


Figura 19 Posicionamiento de la cabeza en la Técnica de Waters.²³

5.11 Radiografía anteroposterior (AP)

La utilidad de esta radiografía consiste en evaluar principalmente los huesos frontal y parietal así como las suturas coronal y sagital.¹⁹ (Fig. 20)³



Figura 20 Radiografía antero-posterior.³

6. DOSIMETRÍA Y MAGNITUDES EN PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

La dosimetría en radiología es de vital importancia, ya que monitorea y calcula las dosis de radiación con las cuales se trabaja en las distintas áreas médicas. De acuerdo con el principio “tan bajo como sea razonablemente posible”, los odontólogos deben tomar radiografías de buena calidad en la dosis de radiación lo más baja posible para los pacientes.¹³

La dosis la podemos definir como la cantidad de energía absorbida por un tejido.^{8, 13, 17}

Diferentes tipos de radiación tienen efectos diversos en los tejidos. Existe una medida conocida como: medida de dosis equivalente, la cual se emplea para comparar los efectos biológicos de los diversos tipos de radiación. La unidad tradicional de esta dosis es conocida como **roentgen**.¹³

Todas las radiaciones ionizantes son peligrosas y producen cambios en el tejido vivo. La cantidad de radiación X utilizada en la radiografía dental es pequeña, sin embargo, ocurre daño biológico.^{13, 15, 17}

El odontólogo debe tener conocimiento sobre la biología de la radiación, el estudio de los efectos de la radiación ionizante en el tejido vivo y comprender los efectos peligrosos de la radiación X. ¹³

En la radiografía de diagnóstico no todos los rayos X pasan a través del paciente y llegan a la película; algunos son absorbidos por los tejidos. Por ello es importante conocer que la absorción, se refiere a la transferencia total de energía del fotón de los rayos X a los tejidos.

Se observan dos mecanismos específicos de la lesión por radiación: ionización y formación de radical libre. ^{9, 13, 17, 22}

6.1 Unidades de medida

La radiación se puede medir de la misma manera que otros conceptos físicos: tiempo, distancia y peso. ¹⁷

El odontólogo debe manejar las medidas de radiación para poder analizar los efectos de exposición y dosis en el paciente odontológico. ^{3, 13, 17}

En el presente se utilizan dos sistemas para definir las medidas de radiación, el sistema antiguo conocido como sistema tradicional o normado y el sistema nuevo, que es el equivalente métrico conocido como SI (Sistema Internacional). ¹⁷

Las unidades de medida se utilizan para definir tres cantidades de radiación:

- **Exposición.** Medida de la ionización del aire causada por rayos X.
- **Dosis.** Cantidad de energía radiacional absorbida por unidad de masa de tejido en un sitio específico.
- **Dosis equivalente.** Permite comparar los efectos biológicos de diversos tipos de radiación. ^{13, 17}

Las unidades tradicionales de medida de radiación incluyen:

- **Roentgen (r)**. Es una unidad que mide la cantidad de energía que llega a la superficie de un organismo.
- **Dosis absorbida de radiación (rad)**. Es la unidad tradicional de dosis. Se encuentra en el aire y se puede aplicar a toda clase de radiaciones.
- **Equivalente de roentgen en el ser humano (rem)**. Es el producto de la dosis absorbida (**rad**).^{9, 13, 15, 17}

Las unidades SI (Sistema Internacional) incluyen:

- **Culombios / kilogramos (C/kg)**. Es una unidad de carga eléctrica.
- **Gray (Gy)**. Unidad equivalente al rad.
- **Sievert (Sv)**. Unidad que mide la dosis de radiación absorbida por la materia viva.

En radiología dental el gray y el sievert son iguales, y el roentgen, rad y rem se consideran casi iguales. En odontología se utilizan múltiplos más pequeños de estas unidades de radiación durante los procesos radiográficos.^{9, 13, 15, 17}

6.2 Medidas de exposición

Cuando hablamos de exposición, nos referimos a la medida de ionización en el aire producida por los rayos X, en otras palabras, a la cantidad de radiación en un área a la cual se expone el paciente. La unidad tradicional para la exposición de los rayos X es el roentgen (R).^{3, 9, 13, 17}

El término exposición está relacionado con la propiedad que tienen los rayos Roentgen y gamma de ionizar la materia, y esencialmente en el aire.

Esta magnitud al ser fácil de medir es muy utilizada, pero no ofrece información sobre el daño producido en el paciente debido a que no tiene en cuenta la radiosensibilidad de los tejidos u órganos que atraviesa.^{3, 9, 13, 17}

La denominada tasa de exposición (\dot{X}) es la magnitud que determina si existen variaciones de exposición relacionadas con el tiempo.^{3, 9, 13, 17}

El Roentgen mide la cantidad de energía que alcanza la superficie de un organismo, pero no describe la cantidad que se está absorbiendo de radiación.^{13, 17}

Se limita de manera esencial a medidas en el aire, y se utiliza sólo para los rayos X y rayos gamma, no incluyendo otros tipos de radiación.^{13, 17}

La exposición sólo se establece en culombios por kilogramos (C/kg). El culombio (C) es una unidad de carga eléctrica.^{13, 17}

6.3 Medidas de dosis

La dosis de radiación absorbida, o rad, es la unidad tradicional empleada para denominar la dosis. El rad no está restringido al aire y se puede aplicar a toda clase de radiaciones.¹³

La medida de dosis equivalente (**Ht**) se emplea para comparar los efectos biológicos de diversos tipos de radiación. Su unidad tradicional es el roentgen equivalente en el ser humano (**rem**).^{13, 17}

La dosis efectiva (**E**) nos permite comparar dosis de distintas partes del cuerpo convirtiéndolas en una dosis equivalente para todo el cuerpo.¹³

6.4 Ionización

Los rayos X son una forma de radiación ionizante, que se producen al chocar con los tejidos del paciente a través del efecto fotoeléctrico, formándose un átomo positivo y un electrón negativo desalojado.

El electrón de alta velocidad se encuentra en movimiento e interactúa con otros átomos dentro de los tejidos absorbentes. La energía cinética de estos electrones produce mayor ionización, excitación y ruptura, todo lo cual causa cambios químicos dentro de la célula, que conducen a un daño biológico. ^{1, 9, 13, 24} (Fig. 21) ¹³

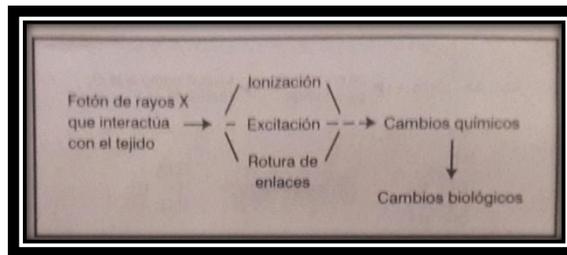


Figura 21 Ejemplo de cómo se genera la ionización. ¹³

6.5 Formación de un radical libre

La radiación X causa daño celular básicamente a través de la formación de un radical libre que se presenta cuando el fotón de rayos ioniza el agua, componente básico de las células vivas. Un radical libre es una molécula sin carga (neutra) que tiene un electrón único no par, en su capa más externa. Es muy reactivo e inestable. ¹³ (Fig.22) ³

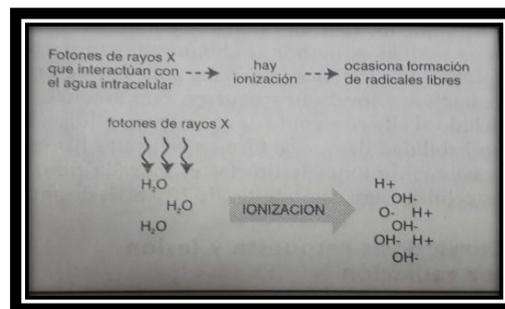


Figura 22 Formación de un radical libre. ³

6.6 Curvas dosis-respuesta

Para establecer niveles aceptables de radiación es útil hacer una gráfica de la dosis administrada y el daño producido. Para ello se utiliza una

curva dosis-respuesta que correlaciona la “respuesta” o el daño a los tejidos con la cantidad de radiación recibida. ^{1,3, 9, 13, 15}

Cuando la dosis y daño se trazan en una gráfica, se observa una relación lineal sin umbral; la relación lineal indica que la respuesta de los tejidos es directamente proporcional a la dosis. La relación sin umbral indica que no existe un nivel de dosis umbral para el daño. ^{1, 3, 9, 13, 15}

La curva dosis-respuesta sin umbral nos sugiere que no importa qué tan pequeña sea la cantidad de radiación recibida, siempre habrá algún daño biológico. No hay cantidad segura de exposición a la radiación; en radiología dental, aunque las dosis recibidas por el paciente son bajas, hay daño. ¹³ (Fig. 23)⁷

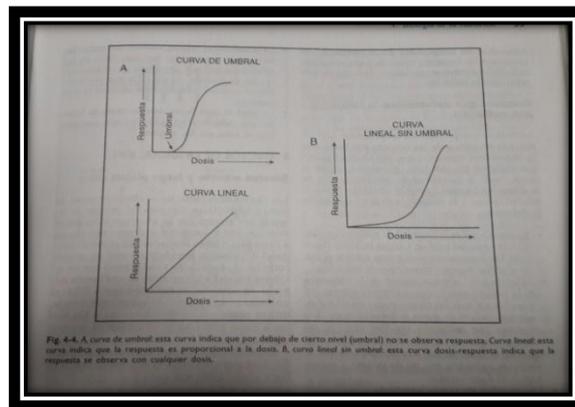


Figura 23 Ejemplos de curvas dosis-respuesta. ⁷

6.7 Secuencia, reparación y acumulación de lesión por radiación

A nivel molecular se presentan reacciones químicas rápidas posteriores a la absorción de la radiación. Se requiere de algún tiempo para que estos cambios alteren las células y sus funciones. Los efectos observables de la radiación no son visibles de inmediato. Existe un **período latente**, que se define como el tiempo que pasa entre la exposición a la radiación ionizante y la aparición de signos clínicos observables.

Este periodo puede ser corto o largo dependiendo de la dosis total de radiación recibida y la cantidad de tiempo o velocidad que toma recibir la dosis. Mientras más radiación se reciba y más rápido sea el índice de dosis, más corto es el periodo de latencia.^{9, 13, 14, 15, 17}

Después existe un **periodo de lesión**; en el que se pueden presentar todas las lesiones: daño celular, cambios en la función de la célula, rotura o agrupamiento de los cromosomas, formación de células gigantes, cese de la actividad mitótica, y actividad mitótica anormal.^{13, 15, 17}

El último evento en la secuencia de la lesión por radiación es el **periodo de recuperación**.¹³

No todas las lesiones celulares por radiación son permanentes; en cada exposición hay reparación del daño celular, lo que depende de varios factores. La mayor parte del daño causado por una radiación de bajo nivel se repara dentro de las células del cuerpo.^{13, 15, 17}

Los efectos de la exposición a la radiación son acumulativos y el daño permanece en los tejidos, conduciendo a problemas de salud como cáncer, formación de cataratas, defectos de nacimiento, etc.^{13, 15, 17}

6.8 Factores que determinan la lesión por radiación

Los factores que influyen en la formación de lesiones pueden ser:

- **La dosis total.** Se refiere a la cantidad de radiación recibida o a la cantidad total de energía de radiación absorbida. A mayor absorción, mayor daño.^{9, 13}
- **Índice de radiación.** Es el que refleja la exposición a la radiación y la absorción que se recibe. Habrá mayor daño con índices de dosis

mayores debido a la administración rápida de radiación que no da tiempo a que se repare el daño celular.⁹

- **Cantidad de tejido irradiado.** Son las áreas del cuerpo expuestas. Una radiación de cuerpo completo produce más efectos adversos generales que si se exponen áreas pequeñas y localizadas en el caso del cuerpo bronceado.⁹
- **La sensibilidad celular.** Hay más daño en las células que son más sensibles a la radiación.⁹
 - Alta sensibilidad: Órganos linfáticos, médula ósea, testículos, intestinos, piel, córneas.
 - Sensibilidad intermedia: Vasculatura fina, cartílago en crecimiento, hueso en crecimiento.
 - Baja sensibilidad: Glándulas salivales, pulmones, riñones, hígado, cristalino del ojo, células musculares, neuronas.^{9, 13}
- **La edad.** Es un factor que determina la lesión por radiación; los niños son más susceptibles al daño que los adultos mayores de 18 años.^{9, 13}

7. LEGISLACIÓN PARA PROFESIONALES DE LA ODONTOLOGÍA SOBRE EL USO SEGURO DE RAYOS X

La radiación ionizante es objeto de una amplia legislación sobre seguridad, diseñada para reducir al mínimo los riesgos para los trabajadores expuestos a radiación y a los pacientes.¹⁷

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) publica regularmente datos y recomendaciones generales basándose en los siguientes principios:

- No debe adoptarse ninguna práctica salvo que su introducción produzca un beneficio neto positivo.
- Todas las exposiciones deben mantenerse lo más bajas que sea razonablemente practicable.
- La dosis equivalente para personas no superará los límites recomendados.¹⁷

En México, el uso de rayos X está regulado por la Norma Oficial Mexicana (NOM-229-SSA1-2002), la cual establece los criterios de diseño, construcción y conservación de las instalaciones fijas y móviles, los requisitos técnicos para la adquisición y vigilancia del funcionamiento de los equipos de diagnóstico médico con rayos X, requisitos sanitarios, criterios y requisitos de protección radiológica que deben cumplir los Titulares, Responsables, Asesores Especializados en Seguridad Radiológica en establecimientos con diagnóstico médico que utilicen equipos generadores de radiación ionizante para su aplicación en seres humanos, con el fin de garantizar la protección a pacientes, personal y público en general.²⁵

7.1 Dosis máxima permisible

Las normas de protección contra la radiación permiten una dosis máxima de radiación que un individuo puede recibir. La dosis máxima permisible (DMP) se define como la dosis máxima equivalente a la que el cuerpo puede recibir en un periodo específico.

La DMP es la dosis de radiación que el cuerpo puede soportar con poca o ninguna lesión.^{9, 13, 17}

La DMP actual para personas que sufren exposición en su trabajo o quienes laboran con radiaciones es de 5000 mrem/año (cantidad de dosis máxima).^{9, 13, 17}

7.2 Dosis máxima acumulada

Los trabajadores expuestos de manera ocupacional no deben exceder una dosis de radiación acumulada en el transcurso de su vida; ésta se conoce como dosis máxima acumulada (DMA), que se determina basada en la edad del trabajador.^{13, 17}

7.3 Concepto ALARA

Este concepto establece que toda exposición a la radiación se debe mantener a un mínimo o “tan bajo como sea posible y razonable”. Es necesario emplear todo método para reducir la exposición a la radiación con el fin de aminorar el riesgo.¹³

7.4 Regulaciones sobre radiaciones ionizantes

Estas regulaciones se refieren principalmente a la seguridad de los trabajadores y el público en general, pero también regulan el funcionamiento de los equipos en cuanto a protección de los pacientes.¹⁷

Entraron en vigor el 1 de enero de 2000. Sustituyendo a las Regulaciones sobre Radiaciones Ionizantes de 1985.¹⁷

- Requisitos legales esenciales.
 - ✓ *Autorización.* El uso de equipos de rayos X debe realizarse bajo autorización.

- ✓ *Notificación.* Se debe notificar a la Ejecutiva de Salud y Seguridad cualquier cambio de material o propiedad.
- ✓ *Valoración del riesgo anterior.* Identificar los peligros, evaluar los riesgos, anotarlos y revisarlos.
- ✓ *Restricción de exposición.* Limitar la dosis de radiaciones a los niveles más bajos cuanto sea razonablemente practicable.
- ✓ *Mantenimiento.* Seguridad en los equipos de rayos X.
- ✓ *Zonas diseñadas.* En una zona controlada en torno al equipo de rayos X.
- ✓ *Supervisor de protección radiológica.* Debe ser un odontólogo que tenga el conocimiento en radiografías y sea responsable.
- ✓ *Normas locales.* Todas las clínicas deben tener un conjunto escrito de normas locales relativas a la protección radiológica. Se refiere en general, a la identificación y descripción de la zona controlada, resumen de instrucciones laborales, disposiciones de emergencia, detalles y resultados de los niveles de investigación de dosis, disposiciones para dosimetría personal, disposiciones para personal en estado de gestación.
- ✓ *Personas clasificadas.* La mayoría del personal se define como no clasificado salvo que su carga de trabajo en radiología sea muy elevada.

- ✓ *Obligaciones de los fabricantes.* El instalador es responsable de la exploración crítica y de informar de todos los equipos de rayos X nuevos o modificados sustancialmente. ¹⁷

La Comisión Internacional de Protección Radiológica, ha dividido a la población en tres grupos:

- Pacientes.
- Trabajadores con radiación
- Público en general ^{13, 17}

a) Pacientes. No existen límites de dosis establecidos. El número, tipo y frecuencia de las radiografías solicitadas o tomadas son responsabilidad del médico.

Debe existir alta probabilidad de obtener información útil que sea importante para la salud del paciente.

b) Trabajadores con radiación. Son personas expuestas a la radiación durante el curso de su trabajo. No conlleva ningún beneficio, sólo riesgos. El CIPR los divide en:

- Trabajadores clasificados
- Trabajadores no clasificados

El CIPR establece límites de dosis máximas para cada grupo. Los trabajadores clasificados son aquellos que reciben altos niveles de exposición a radiación en el trabajo y requieren vigilancia obligatoria del personal, como revisiones sanitarias anuales, por ejemplo: radiólogos en hospitales de tercer nivel. ¹⁷

El trabajador no clasificado, es aquél que recibe niveles de exposición a la radiación muy bajos. Ejemplo: gabinetes radiológicos dentales. ¹⁷

Las principales medidas protectoras para limitar la dosis que pueden recibir los trabajadores se basan, principalmente en una combinación de sentido común y del conocimiento que la radiación ionizante se atenúa con la distancia. Las principales medidas de limitación de la dosis están en relacionadas con:

- La distancia desde la fuente de radiación; el personal debe permanecer fuera de la zona controlada y no en la línea del haz primario.
- Uso seguro del equipo.
- Técnica radiográfica; el personal debe recibir la formación adecuada y seguir las recomendaciones.
- Monitorización. ^{17, 24, 26}

c) Público en general. Incluye a toda persona que no recibe una dosis de radiación ni como paciente ni como trabajador, pero que puede verse expuesto inadvertidamente; por ejemplo, alguien en la sala de espera. ¹⁷

8. EFECTOS BIOLÓGICOS Y RIESGOS ASOCIADOS CON LOS RAYOS X

8.1 Clasificación de los efectos biológicos

Los efectos biológicamente dañinos de la radiación ionizante se clasifican en tres categorías principales:

- Efectos somáticos deterministas.
- Efectos somáticos estocásticos.
- Efectos genéticos estocásticos.

Los efectos somáticos se subdividen a su vez en:

- Efectos agudos o inmediatos. Aparecen inmediatamente después de la exposición, por ejemplo como consecuencia de grandes dosis en todo el cuerpo.
- Efectos crónicos o a largo plazo. Se hacen evidentes después de un largo período de tiempo, el denominado período latente (20 años o más), como, por ejemplo, la leucemia.^{3, 9, 13, 14, 15, 17, 22, 26}

8.1.1 Efectos somáticos deterministas

Son los efectos perjudiciales para la persona expuesta que se producirán sin duda a partir de una alta dosis de radiación específica. Algunos ejemplos incluyen rubefacción cutánea y formación de cataratas. La gravedad del efecto es proporcional a la dosis recibida, y en la mayoría de los casos existe una dosis umbral por debajo de la cual no se producen efectos.^{3, 9, 13, 14, 15, 17, 22, 26}

8.1.2 Efectos somáticos estocásticos

Los efectos estocásticos son los que tienen probabilidad de desarrollarse. Esto es aleatorio y depende de las leyes de la probabilidad. Algunos ejemplos de efectos somáticos estocásticos son la leucemia y ciertos tumores.^{9, 13, 15, 17}

Estos efectos dañinos pueden inducirse cuando el cuerpo se expone a cualquier dosis de radiación. Experimentalmente no ha sido posible establecer una dosis segura, es decir, una dosis por debajo de la que los efectos estocásticos no se desarrollan. Por tanto, se supone que no existe umbral de dosis, y que toda exposición a radiación ionizante conlleva la posibilidad de inducir un efecto estocástico.^{9, 13, 15, 17, 22, 26}

Cuanto menor es la dosis de radiación, más baja resulta la probabilidad de daño celular. Sin embargo, la gravedad del daño no está relacionada con el tamaño de la dosis.^{9, 13, 15, 17}

8.1.3 Efectos genéticos estocásticos

Las mutaciones se producen por cualquier cambio súbito en un gen o un cromosoma. Pueden deberse a factores externos, como la radiación, o producirse espontáneamente.^{13, 17}

La radiación en los órganos reproductores puede dañar el ADN de los espermatozoides o los óvulos.^{13, 17}

Ello podría provocar una anomalía congénita en los descendientes de la persona irradiada. Sin embargo, no existe certeza de que sucedan tales efectos, por lo que todos los efectos genéticos se describen como estocásticos.¹⁰

Es difícil, demostrar una relación de causa-efecto. Aunque la radiación ionizante tiene el potencial de causar daño genético, no existen datos sobre seres humanos que revelen una evidencia convincente de un vínculo directo con la radiación.¹⁷

8.1.4 Efectos en el feto

El feto en desarrollo es particularmente sensible a los efectos de la radiación, especialmente durante el período de la organogénesis (2-9 semanas después de la concepción). Los principales problemas son:

- Anomalías congénitas o muertes asociadas con grandes dosis de radiación,
- Retraso mental asociado con bajas dosis de radiación.

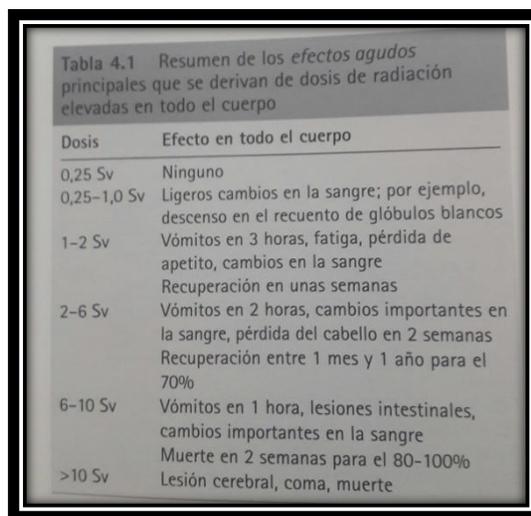
En consecuencia, la dosis máxima permisible en el abdomen de una mujer gestante está regulada por la ley.^{9, 13, 17}

En odontología, el tamaño de la dosis de rutina es relativamente bajo y muy inferior a la dosis umbral requerida para producir efectos somáticos deterministas. Sin embargo, los efectos somáticos y genéticos estocásticos pueden desarrollarse por cualquier dosis de radiación ionizante.

La radiología dental no implica habitualmente irradiación de los órganos reproductores, por lo que en odontología, los efectos somáticos estocásticos son los efectos perjudiciales de máxima preocupación.^{1, 13, 17}

8.1.5. ¿Cómo se produce el daño por los rayos X?

La acción de la radiación en las células y los efectos perjudiciales se muestran en el siguiente cuadro. (Fig. 24)¹³



Dosis	Efecto en todo el cuerpo
0,25 Sv	Ninguno
0,25-1,0 Sv	Ligeros cambios en la sangre; por ejemplo, descenso en el recuento de glóbulos blancos
1-2 Sv	Vómitos en 3 horas, fatiga, pérdida de apetito, cambios en la sangre Recuperación en unas semanas
2-6 Sv	Vómitos en 2 horas, cambios importantes en la sangre, pérdida del cabello en 2 semanas Recuperación entre 1 mes y 1 año para el 70%
6-10 Sv	Vómitos en 1 hora, lesiones intestinales, cambios importantes en la sangre Muerte en 2 semanas para el 80-100%
>10 Sv	Lesión cerebral, coma, muerte

Figura 24 Efectos agudos derivados de la radiación a dosis altas.¹³

Se clasifican:

- Acción o daño directo resultante de la ionización de macromoléculas.
- Acción o daño indirecto que se debe a los radicales libres producidos por la ionización del agua.¹³

Los fotones de rayos X, o electrones expulsados de alta energía, interactúan directamente con macromoléculas biológicas vitales, como ADN, ARN, proteínas y enzimas, y las ionizan. Esta ionización produce la rotura de los enlaces químicos de las macromoléculas, convirtiéndolas en estructuras anormales, que a su vez pueden provocar reacciones químicas inapropiadas. La rotura de uno de los enlaces químicos de una macromolécula de ADN puede escindir una de las cadenas laterales de la estructura en escalera. Este tipo de lesión en el ADN se conoce como mutación puntual. Los efectos cromosómicos subsiguientes del daño directo pueden incluir:

- Incapacidad de transmitir información.
- Replicación anormal.
- Muerte celular.
- Solo daño temporal: el ADN se repara sin problemas antes de una posterior división celular.^{9, 13, 15}

Si la radiación afecta directamente a las células somáticas, los efectos en el ADN (y, con ello, en los cromosomas) producirán una malignidad inducida por la radiación. Cuando el daño afecta a las células madre reproductoras, el resultado podría ser una anomalía congénita por la radiación.^{9, 13, 15}

Lo que suceda en la célula dependerá de varios factores, entre los que se incluyen:

- El tipo y número de enlaces de ácidos nucleicos que se rompen.
- La intensidad y el tipo de radiación.
- El tiempo entre exposiciones.

- La capacidad de la célula para reparar el daño.
- La fase del ciclo reproductor de la célula cuando se irradia.^{9, 13}

Aproximadamente 80% del cuerpo está formado por agua, la inmensa mayoría de las interacciones con la radiación ionizante son indirectas.^{9, 13,}

Las radiaciones ionizantes pueden afectar el núcleo, el citoplasma o toda la célula pero no todas las células responden a la radiación de la misma manera; a las que son sensibles a las radiaciones se les conoce como radiosensibles y aquellas que las resisten se denominan radiorresistentes. La respuesta de la célula ante la exposición a las radiaciones se determina por:

- Actividad mitótica: las células que se dividen con frecuencia, con el tiempo son más sensibles.
- Diferencia celular: las células inmaduras o que no están muy especializadas, son más sensibles.
- Metabolismo celular: las células que tienen un metabolismo más alto son más sensibles.^{13, 15}

Las células mas radiosensibles son las sanguíneas, las de reproducción inmadura y las óseas jóvenes tales como los linfocitos pequeños. Entre las radiorresistentes se cuentan las células óseas, las musculares y nerviosas.^{13, 15, 17, 26}

En odontología, se dice que algunos tejidos y órganos son críticos debido a que están expuestos a más radiación que otros durante los procedimientos radiográficos. Un órgano crítico es aquel cuyas lesiones ocasionan que disminuya la calidad de vida de la persona; los órganos de este tipo expuestos durante los procedimientos radiográficos dentales en

la región de cabeza y cuello son:

- Piel
- Glándula tiroides
- Cristalino del ojo
- Médula ósea ¹³

9. EDUCACIÓN PARA LA SALUD EN EL PROCESO DE PROTECCIÓN PARA EL ODONTÓLOGO Y PACIENTE

Muchos de los pioneros en radiología dental sufrieron los efectos adversos de la radiación. En la actualidad, los peligros de la radiación están documentados y se emplean medidas de protección para reducir la exposición del paciente y el odontólogo. ¹³

En la protección del paciente el objetivo es usar la cantidad mínima de radiación para obtener rendimientos diagnósticos. ⁹

La radiación causa cambios en las células vivas y efectos adversos en los tejidos. Con el uso de técnicas de protección adecuadas para el paciente es posible reducir la cantidad de radiación que recibe. Las técnicas de protección se utilizan antes, durante y después de la exposición a los rayos X. ^{9,13}

Antes de la exposición es recomendable hacer una buena prescripción de las radiografías y que el buen uso del equipo cumpla con las guías de radiación. ⁹

El primer paso importante para limitar la cantidad de radiación X que recibe un paciente, es la prescripción u orden adecuada de las radiografías. ^{9, 13}

La persona responsable de prescribir las radiografías es el odontólogo, quien utiliza su juicio profesional para tomar decisiones acerca del número, tipo y la frecuencia radiográfica. ¹⁷

Otro paso importante para limitar la cantidad de radiación que recibe un paciente es el empleo correcto del equipo; la cabeza del tubo dental de rayos X debe estar equipada con filtros de aluminio, colimador de plomo y cono adecuados. ^{9, 13, 17}

La única radiación que debe salir del cabezal del tubo es el haz primario. El escape de radiación expone al paciente de manera innecesaria, y no debe ocurrir en una unidad de rayos X que funcione de manera correcta. ⁹

El cabezal del tubo de rayos X dental no debe desplazarse en ningún sentido una vez que se le posiciona para una exposición. El movimiento puede causar una imagen borrosa o colocar el rayo central fuera de la película. Nunca debe recurrirse a la práctica de que el paciente o el odontólogo mantengan el cabezal del tubo en posición para corregir su movimiento. ^{3, 8, 9, 13, 15, 17, 19, 22, 25}

Se aplican medidas de protección para el paciente no sólo antes de la exposición, también durante la misma; para ello se emplean aditamentos, cuya finalidad consiste en limitar la cantidad de radiación que recibe el paciente durante la exposición. La selección adecuada de los factores de exposición y una buena técnica, protegen al paciente de la exposición en exceso. ^{3, 8, 9, 13, 15, 17, 19, 22, 25}

La técnica adecuada ayuda a asegurar la calidad diagnóstica de las películas y reducir la cantidad de radiación a la que se expone al paciente; cuando la placa tomada no sirve para diagnosticar, se debe tomar otra vez; esto ocasiona exposición adicional del paciente a la radiación; es necesario evitar tomas repetidas.^{3, 8, 9, 13, 15, 17, 19, 22, 25}

El personal de salud dental debe estar preparado con conocimiento y sensibilidad a fin de escuchar las preocupaciones del paciente acerca de las radiografías dentales, así como disipar estos temores.^{3, 8, 9, 13, 15, 17, 19, 22, 25}

9.1 Aditamentos de protección

Collar tiroideo. Es un escudo flexible hecho de plomo, el cual se asegura alrededor del cuello del paciente para proteger la glándula tiroides de la radiación. El plomo impide que ésta alcance la glándula y protege sus tejidos, que son radiosensibles. Se encuentra disponible como un escudo separado o como parte del mandil de plomo.¹³

Por su localización, la glándula tiroides queda expuesta a la radiación X durante los procedimientos de radiografía bucal; por lo tanto, se recomienda el uso de collar con todas las películas intrabucales; sin embargo, no se recomienda para tomar las extrabucales porque oscurece el registro de la película y no permite obtener una radiografía diagnóstica.¹³ (Fig. 25)²⁷

Mandil de plomo. Es un escudo flexible que se coloca sobre el pecho y regazo del paciente para proteger contra la radiación dispersa a los tejidos reproductores y formadores de sangre; el plomo evita que la radiación alcance estos órganos radiosensibles.

Se utiliza con todas las películas intra y extrabucales.

El grosor para la ropa protectora es de 0.25, 0.5 y 1mm de plomo equivalente. Pueden llegar a pesar hasta 10kg.¹³ (Fig. 26)²⁷

Aditamentos para sostener la película. Son eficaces para reducir la exposición del paciente a la radiación; ayudan a estabilizar la película colocada dentro de la boca y reducen las probabilidades de que se mueva.^{9, 13, 15, 17} (Fig. 27)²⁷

Evitan que el paciente sostenga la película y, por tanto, que exponga sus dedos a una radiación innecesaria.¹³



Figura 25 Collar tiroideo.²⁷



Figura 26 Mandil de plomo.²⁷

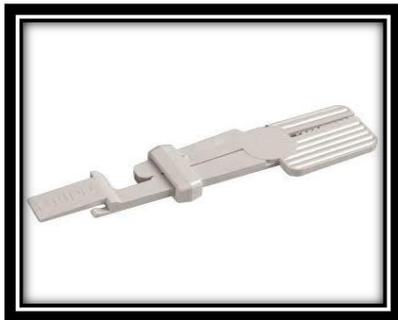


Figura 27 Snap y XCP.²⁷

El odontólogo debe tomar medidas de protección adecuadas para evitar la exposición ocupacional a la radiación.^{1, 3, 8, 9, 13, 14, 15, 17, 22, 25}

Una de las maneras más eficaces para que el operador evite el rayo primario y limite su exposición a los rayos X es mantenerse a una

distancia adecuada durante la misma; debe estar parado por lo menos a dos metros de la cabeza del tubo de rayos X durante ésta. Cuando no es posible alejarse a esta distancia, se recomienda una barrera de protección.^{1, 9, 13, 15, 17, 22}

Otra manera de que el odontólogo evite el rayo primario, es mantener la posición adecuada durante la exposición; debe estar colocado perpendicularmente al rayo o en un ángulo de 90 a 135° grados.^{13, 15, 17, 22}

La posición adecuada del operador también incluye lo siguiente:

- El odontólogo nunca debe sostener la película en la boca del paciente durante la exposición a los rayos.
- El odontólogo nunca debe sostener la cabeza del tubo durante la exposición a los rayos.^{13, 17}

Las barreras de protección que absorben el rayo primario se incorporan en el diseño del consultorio, y así protegen al odontólogo contra las radiaciones. Este debe colocarse detrás de una barrera de protección, como una pared, durante la exposición. El diseño de la mayor parte de los consultorios odontológicos incluye escudos adecuados en las paredes con el uso de materiales de construcción normales de varios espesores, como una pared sólida.²⁵

Las paredes, el piso y el techo del consultorio no necesariamente necesitan cubrirse con plomo. Muchos materiales empleados en construcción dan blindaje protector si tienen el espesor apropiado.^{17, 25}

Los requerimientos de blindaje o barreras se basan en consideraciones como carga de trabajo, factores de uso y ocupación, kilovoltaje máximo y distancia al cabezal del tubo.^{17, 25}

La cantidad de radiación X que llega al cuerpo del odontólogo se puede medir con un aditamento de vigilancia personal conocido como dosímetro.²⁵

El dosímetro de película (Fig. 28)²⁷ es una pieza de película radiográfica en un soporte de plástico el cual nos permite medir, evaluar y registrar las dosis recibidas por las personas expuestas a radiaciones ionizantes en función de su trabajo.²⁵



Figura 28 Dosímetro.²⁷

El propósito de la dosimetría personal es evaluar en forma continua las medidas de protección existentes en cada instalación, seguir su evolución a lo largo del tiempo, para estimar el impacto radiológico que proporcione una base de datos que posibilite la realización de estudios estadísticos y epidemiológicos.^{17, 25}

El dosímetro personal puede colocarse en la cintura o a nivel del pecho, siempre y cuando no implique procedimiento fluoroscópicos, porque de lo contrario el dosímetro debería ser colocado en el cuello o encima de la vestimenta protectora.^{17, 25}

Hay que tener en cuenta que el dosímetro no protege contra la radiación dispersa. Debe dejarse en algún lugar adecuado lejos de toda fuente de radiación, al finalizar el día.^{13, 17, 25}

No debe utilizarse por más del tiempo indicado ya que las lecturas finales no serán reales. ^{13, 17, 25}

Existen dispositivos que dependiendo de su funcionamiento, calculan la cantidad de radiación recibida a lo largo de un período de tiempo, como ejemplos están: tarjetas de película, dosímetros termoluminiscentes (TLD), dosímetros de luminiscencia ópticamente estimulada (OSL) y dosímetros electrónicos personales (PED). ¹⁷

Las tarjetas de película consisten en un marco de plástico que contiene filtros metálicos y una pequeña película radiográfica que reacciona a la radiación. ¹⁷

Los dosímetros termoluminiscentes contienen materiales como el fluoruro de litio, que absorbe la radiación y después emite la energía en forma de luz cuando se calienta; la intensidad de la luz emitida es proporcional a la energía de radiación absorbida originalmente. ¹⁷

Los dosímetros de luminiscencia ópticamente estimulada consisten en una tarjeta con un detector de óxido de aluminio, filtros de metal y plástico. El detector se lee mediante su exposición a una fuente luminosa, que libera energía de la radiación en forma de luz azul. ^{17, 25}

Los dosímetros electrónicos personales son aquellos dispositivos que funcionan con baterías y suelen estar basados en un diodo de silicio (detector en estado sólido) activado por energía para medir la dosis de radiación. ¹⁷

Los dosímetros OSL, actualmente se han utilizado para el control de la dosis de radiación por más de una década. ¹⁷

Este tipo de dosímetro consiste en una tarjeta que contiene un detector de óxido de aluminio (estructura o red cristalina), filtros de metal y plástico. Al ser irradiado el dosímetro, los electrones de la red cristalina son excitados, haciendo que queden atrapados en trampas de la propia red. El dosímetro al ser leído para la cuantificación de la dosis, se coloca en el lector, en donde el detector es leído mediante su exposición a una fuente luminosa de luz verde, que libera energía de radiación almacenada en el óxido de aluminio en forma de luz azul (luminiscencia). La exposición a la radiación se puede calcular a partir de la cantidad e intensidad de la luz azul liberada.¹⁷

Las ventajas de este tipo de dosímetros son:

- Su lectura es rápida, no destructiva.
- Se pueden realizar múltiples lecturas debido a que pueden ser utilizados como un registro permanente de la dosis absorbida de radiación, debido a que pueden ser leídos después del lapso en que fueron irradiados.
- Tienen buena sensibilidad y responden a un rango más amplio de energías.¹⁷

Las desventajas de los dosímetros TLD en comparación con los OSL, es que su lectura es destructiva (no ofrece registro permanente), es decir, los resultados no pueden verificarse ni evaluarse; sólo proporcionan información limitada sobre el tipo y la energía de la radiación, los gradientes de dosis no son detectables y son relativamente caros.¹⁷

Cada odontólogo que se expone a radiación debe contar con el suyo. Se utiliza a nivel de la cintura o el pecho.

Cuando no se emplean, se almacenan en un área segura donde no estén expuestos a radiación.^{17, 25}

Después de que el dosímetro de película se usa por un intervalo específico (una semana, un mes), se regresa a la compañía de servicio para que la procese y evalúe para luego proporcionar un informe acerca de la exposición a la radiación del odontólogo.¹⁷

La NOM-229-SSA1-2002 en su cláusula 5.7.7 indica que el blindaje en el consultorio dental, puede elegirse de diferentes materiales, como lámina de plomo, concreto normal, concreto baritado, tabique, acero, acrílico similar a una pintura que barniza las paredes, para brindar mayor protección etc., siempre y cuando se garantice debidamente, que el espesor del material utilizado corresponde al indicado. El cálculo del blindaje puede hacerse mediante cualquier método, siempre y cuando éste haya sido aprobado por la Secretaría de Salud.²⁵

La verificación del blindaje debe hacerse con un detector de radiaciones tipo cámara de ionización que cuente con un factor de calibración vigente proporcionado por un laboratorio reconocido por la autoridad competente.²⁵

Las tres reglas fundamentales de protección contra toda fuente de radiación son:

- Distancia. Alejarse de la fuente de radiación, puesto que su intensidad disminuye con el cuadrado de la distancia.
- Blindaje. Poner pantallas protectoras (blindaje biológico) entre la fuente radioactiva y las personas. Las pantallas utilizadas suelen ser muros de concreto baritado, láminas de plomo o acero.

- Tiempo. Estas medidas de protección se pueden comparar a las que se toman contra los rayos ultravioleta, como la utilización de una crema solar que actúa como una pantalla protectora.^{17, 25}

9.2 Los 10 puntos clave en el proceso de educación para la salud en radiología

1. Comprender y aplicar los puntos cardinales de protección: tiempo, distancia y prevención.
2. No permitir que el estar familiarizado con el equipo permita una falsa seguridad.
3. Nunca permanecer frente al haz primario.
4. Llevar siempre un aditamento de protección, si no se está detrás de la barrera protectora.
5. Llevar siempre un dosímetro y colocarlo por fuera del aditamento de protección.
6. Nunca sostener a un paciente durante una exploración radiológica.
7. La persona que llegue a sostener al paciente, debe llevar protección.
8. Utilizar escudos de protección gonadal en personas en edad fértil.
9. Mantener estricto cuidado en el manejo de pacientes embarazadas.
10. Siempre llevar el tubo de rayos X exclusivamente a la zona que se desea obtener.^{17, 25}

CONCLUSIONES

La educación para la salud en radiología está destinada a desarrollar los conocimientos necesarios para que el odontólogo pueda prevenir factores de riesgo en la toma de estudios radiográficos. Siendo el objetivo principal la comprensión sobre el uso correcto en el manejo de los rayos X.

Los factores de riesgo a los que está expuesto el odontólogo y el paciente, en mayor medida se deben a la falta de medidas de prevención, a una técnica inadecuada, a la falta de conocimiento al momento de realizar un diagnóstico. La protección siempre estará encaminada al concepto “tan bajo como sea posible y razonable”, empleando todo método necesario para reducir la exposición a la radiación.

Teniendo en cuenta que los efectos son acumulativos y el daño permanece en los tejidos, es de saberse que en algunas ocasiones este daño celular será reparado y en otras ocasiones conducirá a problemas de salud.

Finalmente es importante destacar que las medidas de protección se utilizan antes, durante y después de todo estudio radiográfico. Lo primero a considerar será siempre el juicio profesional en la toma de una radiografía, un manejo adecuado del equipo, aditamentos que nos faciliten una buena técnica, aquellos que nos permitan proteger al paciente al momento de ser radiados, pero sin lugar a duda, el conocimiento y la sensibilidad para proteger al paciente como a nosotros mismos ante cualquier factor de riesgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Friedrich Anton Paster. Radiología odontológica. 2ª ed. Barcelona: Editorial Elsevier Masson, 1991. Pp. 1-47.
2. Granados Porcel M. Francisco. Desarrollo odontológico en la historia de la humanidad: Roentgen y los rayos x. Rev. Granada Vol. 45, Núm. 17 Octubre-Noviembre 2010. Pp. 2-8. http://www.sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/spmi/v45n17/des_radio.html
3. Poyton H.G., Pharoah M. J. Radiología Bucal. 2a ed. México: Editorial McGraw Hill Interamericana, 1992. Pp. 26-30, 55-73.
4. Hommer H. Historia de la química y la tecnología. A cien años del descubrimiento de los rayos X. Educación Química Vol. 7, Núm.2 Abril-Junio 1996. <http://www.fquim.unam.mx/sitio/edquim/index-72.html>
5. http://www.cmpod.net/the_story_of_x_rays/
6. <http://slideshare.net/mobile/dchipantiza/diapositivas-de-los-rayos->
7. <http://www.joomr.org/article.asp?issn=23213841;year=2013;volume=1;issue=3;spage=94;epage=98;aulast=Canger>
8. Gómez Mattaldi R. A. Radiología Odontológica. Fundamentos-Protección antirayos X-Técnica –Laboratorio-Interpretación. 3ª ed.

- Buenos Aires: Editorial Mundi S.A.I.C y F., 1975. Pp. 36-84, 191-210.
9. Herbert H. Frommer. Jeanine J. Stabulas-Savage. Radiología dental. 1ª ed. México: Editorial Manual Moderno, 2011. Pp. 1-19, 54-63, 68-85, 87-103, 105-111, 309-321.
 10. http://www.radiodiagnosticodigitaloral.com/joomla/index.php?option=com_conten&view=article&id=89&Itemid
 11. <http://m.taringa.net/posts/ciencia-educacion/7077716/Los-Descubrimientos-Accidentales-mas-Famosos.html>
 12. <http://www.directindustry.es/prod/panalytical/product-25274-790383.html1>
 13. Haring, Joen Ianucci. Radiología Dental. Principios y Técnicas. 2ª ed. México: Editorial McGraw- Hill Interamericana S.A de C.V., 2002. Pp. 4-9, 14-29, 50-80, 98-110, 197-207.
 14. De Freitas A., Edu Rosas J., Faria e Souza I. Radiología odontológica. 1ª ed. Sao Paulo: Editorial Artes Médicas, 2002. Pp. 3-12, 57-64, 93-156, 179-198, 283-310, 323-356.
 15. O'Brien Richard. Radiología dental. 4ª ed. México: Editorial Interamericana, 1985. Pp. 1-22, 26-54.
 16. http://clnicasoto.com/servicios.php?serv=radiografia_digital2
 17. Whaites Eric. Fundamentos de radiología dental. 4ª ed. España: Editorial Elsevier Masson, 2008. Pp. 15-33, 41-53, 69-81.

18. <http://dentalriera.com/?s=sec din/plantillas/menu msw resp/galeria.php&titulo=Radiografia>
19. Urzúa, N Ricardo. Técnicas Radiográficas Dentales y Maxilofaciales. 1ª ed. México: Editorial Amolca, 2005. Pp. 79-87.
20. <http://www.centroclinicodental.com/tomografia.html>
21. <http://imaxrx.com.ve/servicios/postero-anterior-pa/>
22. Goaz P. W., White S.C. Radiología Oral. Principios e Interpretación. 3ª ed. México: Editorial Mosbyn-Poyma Libros, 1995. Pp. 1-44, 47-65.
23. [http:// es.slideshare.net/mobile/katouchan2/radiografas-en-cirugia-maxilofacial](http://es.slideshare.net/mobile/katouchan2/radiografas-en-cirugia-maxilofacial)
24. Whuerman, H. Arthur. Radiología dental. 3ª ed. Barcelona: Editorial Salvat Editores, 1983. Pp. 107-147.
25. <http://www.cofepris.gob.mx>noms>229ssa1>
26. Vizuet González J., Paredes Gutiérrez L. El ININ Hoy. Radiología, Radioterapia y Medicina Nuclear. Un siglo de progresos. www.inin.mx/publicaciones/documentospdf/RADIOLOGIA.pdf
27. <http://www.euronda.com/adul-x-ray-apron.aspx>