

**EVALUACIÓN DE LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN FÍSICA DE ACUERDO
AL NIVEL DE RADIACIÓN X DE LOS APARATOS RADIOLÓGICOS EN LAS
CLÍNICAS DE PREGRADO DE UNICOC**

ANDREA KATHALINA BLANCO RODRÍGUEZ

JUANA PAOLA MESA ZORRO

DORA LILIA MORENO HERNÁNDEZ

YURY VANESSA REYES CASTRO

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE ODONTÓLOGA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA UNICOC

COLEGIO ODONTOLÓGICO

BOGOTÁ D.C.

2012

**EVALUACIÓN DE LAS BARRERAS DE PROTECCIÓN FÍSICA DE ACUERDO
AL NIVEL DE RADIACIÓN X DE LOS APARATOS RADIOLÓGICOS EN LAS
CLÍNICAS DE PREGRADO DE UNICOC**

ANDREA KATHALINA BLANCO RODRÍGUEZ

JUANA PAOLA MESA ZORRO

DORA LILIA MORENO HERNÁNDEZ

YURY VANESSA REYES CASTRO

Asesor metodológico

DOCTORA DIANA PARRA

Odontóloga especialista en Epidemiología

Asesor científico

DOCTOR CARLOS VILLAMIZAR

Odontólogo especialista en Cirugía, Implantología y Patología Oral.

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA COLEGIOS DE COLOMBIA – UNICOC

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

BOGOTÁ D.C.

2012

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación está dedicado a nuestros padres, personas que con su apoyo, amor, ayuda y comprensión pudieron acompañarnos a lo largo de este proceso.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a Dios por ser nuestro guía principal, por darnos la sabiduría y habilidades para llevar a cabo este arduo trabajo.

En segundo lugar a la Dra. Diana Parra asesora metodológica, por su apoyo y ser nuestra guía principal y al Dr. Carlos Villamizar asesor científico, por darnos la oportunidad de ser su último grupo a cargo para trabajo de grado y por luchar tanto por este proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO I	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 PROPÓSITO	20
1.4 MARCO DE REFERENCIA	21
1.4.1 MARCO TEÓRICO	21
1.4.1.1 Conceptos generales de radiación e ionización	21
1.4.1.2 Radiación radioactividad	22
1.4.1.2.1 Radiación ionizante	23
1.4.1.2.1.1 Radiación de partículas	23
1.4.1.2.1.2 Radiación electromagnética	23
1.4.1.2.2 Concepto de partícula	24
1.4.1.2.3 Concepto de onda	24
1.4.1.2.4 Radiación X	25
1.4.2.1 Generalidades de los efectos biológicos de la radiación	25
1.4.3.1 Los efectos biológicos y los riesgos de la exposición de los rayos X	31
Tabla 1. Dosis de radiación relacionadas con los efectos biológicos	32

1.4.4.1	Historia y propiedades de la radiación X	35
1.4.4.1.1	Descubrimiento de la radiación X	35
1.4.4.1.2	Experimentación antes del descubrimiento de los rayos X	37
1.4.4.1.3	Pioneros de la radiación X dental	39
1.4.4.1.4	Historia del equipo dental de rayos X	40
1.4.4.1.5	Historia de la película dental de rayos X	41
1.4.4.1.6	Historia de las técnicas radiográficas dentales	42
1.4.5.1	Principios de la radioprotección	43
1.4.5.1.1	Formas básicas de protección	43
1.4.5.1.1.1	Distancia	43
1.4.5.1.1.2	Tiempo	43
1.4.5.1.1.3	Blindaje_	43
1.4.5.1.1.4	Control de permanencia	44
1.4.5.1.1.5	Equipos de protección personal	44
1.4.6.1	Radioprotección	44
1.4.6.1.1	Justificación	45
1.4.6.1.1.1	Aplicación al radiodiagnóstico del principio de justificación	45
1.4.6.1.2	Optimización	45
1.4.6.1.2.1	Aplicación al radiodiagnóstico del principio de optimización	46
1.4.6.1.3	Limitación	46
1.4.7.1	Aspectos prácticos de la protección	46
1.4.7.1.1	Exposición del paciente	46
1.4.7.1.2	Exposición del personal	46

1.4.7.1.3	Controles de la protección de la radiación	47
1.4.8.1	Protección del paciente en radiodiagnóstico	47
1.4.8.1.1	Normas generales y procedimientos administrativos	48
1.4.8.1.2	Factores físicos y técnicos en la protección al paciente	48
1.4.9.1	Criterios de selección de pacientes	58
1.4.9.1.1	Fuente para filmar la distancia	59
1.4.9.1.2	Colimación	59
1.4.9.1.3	Filtración	60
1.4.9.1.4	Delantal y cuello de tiroides	61
1.4.10.1	Contraste	61
1.4.10.1.1	Descripción	61
1.4.10.1.2	Escalas de contraste	62
1.4.10.1.2.1	Contraste de escala corta	63
1.4.10.1.2.2	Contraste de escala larga	63
Tabla 2.	Efecto del kilovoltaje en el contraste	63
1.4.11.1	Artículo de estudio	64
1.4.12.1	Unidades de rayos X	66
1.4.2	MARCO LEGAL	72
1.5	OBJETIVOS	72
1.5.1	OBJETIVO GENERAL	72
1.5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	72
CAPITULO II		74
2.1	TIPO DE ESTUDIO	74

2.2	OBJETO DE ESTUDIO	74
2.3	MATERIAL OBJETO DE ESTUDIO	74
2.4	CRITERIOS DE SELECCIÓN	74
2.4.1	Criterios de Inclusión	74
2.4.2	Criterios de Exclusión	75
2.5	VARIABLES	75
2.6	PROCEDIMIENTO	75
2.6.1	Procedimiento calibración observadores	75
2.6.2	Procedimiento recolección de las muestras	77
2.7	INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	78
3.	RESULTADOS	79
4.	DISCUSIÓN	81
5.	CONCLUSIONES	83
6.	RECOMENDACIONES	84
	BIBLIOGRAFÍA	85
	ANEXOS	88

GLOSARIO

BRAZO DE EXTENSIÓN: soporte articulado, sostiene la cabeza del quipo de rayos X. A su vez facilita colocación, posición y angulación par toma de las radiografías.

BASE O SOPORTE: estructura metálica cilíndrica, sostiene la cabeza y el brazo del aparato de rayos X.

CABEZA: cubierta metálica en donde se encuentran los elementos más importantes que producen los rayos X.

CONTRASTE: es la diferencia en los grados de negrura (densidades) entre áreas adyacentes en una radiografía se denomina contraste.

CONTRASTE DE ESCALA CORTA: es aquel en donde se observan dos densidades, áreas negras y blancas.

CONTRASTE DE ESCALA LARGA: es aquel en donde se observan muchas densidades o muchos tonos grises.

COLIMADOR: es una barrera metálica con una apertura en el centro que se utiliza para reducir el tamaño del haz de rayos X y con ellos el volumen de tejidos irradiados.

DISPOSITIVO DISPARADOR O BOTÓN ACTIVADOR: Controla cronométricamente la producción y salida de rayos X.

EFFECTOS BIOLÓGICOS: consecuentes a la radiación y que se observan algún tiempo después de recibida esta, constituyen efectos secundarios porque son resultado de acciones físicas, químicas y biológicas puestas en movimiento por la absorción de esta energía.

EFECTOS SOMÁTICOS: efectos sobre cualquiera de las células del individuo mismo.

EFECTOS GENÉTICOS: mutaciones que no se manifiestan en el individuo pero de acción en el plasma germinal y que pasan a las futuras generaciones.

FILTRACIÓN: es aquella característica que reduce la exposición del paciente y la dosis.

IONIZACIÓN: es la producción de iones, o el proceso de convertir un átomo en ion.

RADIOPROTECCIÓN: es proteger al individuo a su descendencia y a la población en general de los riesgos de la utilización de equipos o materiales, que produzcan radiaciones ionizantes.

REGULADOR DE TIEMPO: elemento cronométrico, permite graduar la exposición de, los rayos X de modo manual.

ROENTGEN (R): es la unidad que mide la exposición o cantidad de rayos X que llegan al organismo.

RAD: es la unidad que permite cuantificar la energía absorbida por el tejido.

REM: es la unidad que sirve para comparar los efectos de los distintos tipos de radiación en tejidos.

INTRODUCCIÓN

Durante muchos años el temor a la radiación X dental ha sido difundido en la práctica odontológica diaria. Sistemas de radioprotección como las barreras físicas (chalecos de plomo, collares tiroideos, puertas cromadas) han sido instaurados en todas las unidades de radiología a fin de prevenir los efectos biológicos somáticos o genéticos causados por dicha radiación (1). Lamentablemente, muchos odontólogos o técnicos en radiología dental, desconocen o hacen caso omiso de las indicaciones básicas de protección radiológica. Tal conducta es criticable, porque a menudo es imitada por sus propios colegas o estudiantes de odontología que desconocen o no tienen suficiente información acerca de los efectos secundarios de la radiación, o bien se conducen en forma demasiado temeraria o confiada. (5). El objetivo del presente trabajo de investigación fue determinar la utilidad de las posibles barreras de protección física de acuerdo al nivel de penetración de los rayos X dentales. En el desarrollo del procedimiento se utilizaron barreras de protección física tales como el papel bond, la cartulina, el corcho y lámina de plomo para la toma de radiografías periapicales, se realizó revelado automático para toda la muestra. Se tomaron 48 radiografías, cada barrera física fue colocada a diferente distancia focal (distancia existente entre la fuente y el objeto). Los datos obtenidos se recolectaron en un documento de

Microsoft Excel, clasificando la muestra en calidad de imagen buena regular y mala; comparando las distancias objeto película.

CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Durante muchos años el temor a la radiación X dental ha sido difundido en la práctica odontológica diaria. Sistemas de radioprotección como las barreras físicas (chalecos de plomo, collares tiroideos, puertas cromadas) han sido instaurados en todas las unidades de radiología a fin de prevenir los efectos biológicos somáticos o genéticos causados por dicha radiación. (1)

Este riesgo biológico está determinado por la capacidad de penetración que tiene la radiación, incluida la dental y que se define como la capacidad de ésta de atravesar la materia dependiendo de su densidad. (2)

En el campo odontológico, se toman diversos tipos de radiografías, que se dividen en películas intrabucales y extrabucales; dentro de las películas intrabucales se encuentran las periapicales, oclusales y aleta de mordida y dentro de las extrabucales las panorámicas, de perfil; entre otras.(3)

Dentro de los requisitos para la toma de radiografías periapicales en cuanto al operador se encuentran: el uniforme o bata clínica, el cubrebocas y lentes o careta

protectora, guantes desechables, película dosimétrica, dosímetro y mandil del plomo. Se observa que a menudo no siempre estos requisitos se cumplen. (4)

Lamentablemente, muchos odontólogos o técnicos en radiología dental, desconocen o hacen caso omiso de las indicaciones básicas de protección radiológica. Tal conducta es criticable, porque a menudo es imitada por sus propios colegas o estudiantes de odontología que desconocen o no tienen suficiente información acerca de los efectos secundarios de la radiación, o bien se conducen en forma demasiado temeraria o confiada. (5)

A partir de lo anterior, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la barrera de protección física más adecuada de acuerdo al nivel de radiación X de los aparatos radiológicos utilizados en las clínicas de pregrado de UNICOC?

1.2. JUSTIFICACIÓN

En las clínicas de pregrado de UNICOC, se han establecido unidades de radiología dental en las cuales se han instalado aparatos de transmisión de rayos X, que se utilizan para tomar distintos tipos de radiografías como las periapicales, este medio diagnóstico es muy importante en la atención a los pacientes teniendo en cuenta que es una herramienta utilizada para determinar el diagnóstico,

pronóstico y plan de tratamiento ideal dependiendo de las condiciones en las que llegue el paciente. Para la toma de estas radiografías siempre se hace necesario utilizar un chaleco de plomo para los pacientes buscando reducir la exposición de los órganos reproductores, los tejidos hematopoyéticos y los órganos tales como ojos, piel, cabello, órganos reproductores, glándula tiroides y médula ósea; el collar tiroideo reducirá la exposición de esta estructura radiosensitiva en un 50%, considerándose este aspecto de vital importancia para la protección tanto física como de salud. (6)

En UNICOC, se pueden encontrar unas barreras de protección para la toma de radiografías; tales como: el chaleco de plomo, barreras de cemento y una puerta de madera, frente a lo cual es necesario determinar si estas barreras de protección son necesarias para la cantidad de radiación de la exposición del paciente en la toma de una radiografía periapical.

Durante la actividad de la toma de la radiografía, el operador y el paciente son los que reciben la radiación del aparato de rayos X directamente, por lo tanto lo que se busca con este proyecto investigativo, es demostrar si el uso de barreras físicas de protección es un procedimiento de carácter obligatorio que deba tenerse presente y hacer uso de este por parte de los estudiantes, porque a pesar de las pequeñas dosis utilizadas en esta exploraciones radiológicas pueden verse afectados en aspectos de salud.

Para el paciente algunos órganos como la glándula tiroides, están frecuentemente expuestos a la radiación dispersa y ocasionalmente al haz primario de radiación durante la exposición dental. En este sentido se busca establecer si el uso de protección de dicha glándula sí consigue disminuir la dosis de radiación absorbida. Y en el caso del operario demostrar que las dosis gonadales recibidas no son significativamente diferentes con el uso o no de chalecos plomados durante la exploración dental, ya que en la práctica odontológica se utiliza con gran frecuencia la aparatología de rayos X como una ayuda diagnóstica que hace parte del tratamiento de un paciente.(7)

1.3. PROPÓSITO

Este proyecto de investigación pretende dar a conocer el por qué del uso de barreras físicas de protección de acuerdo al nivel de radiación de los aparatos transmisores de rayos X en las clínicas de pregrado de UNICOC, a causa que los equipos dentales de radiología constituyen una herramienta útil para los odontólogos, debido a que contribuyen a un diagnóstico verídico y eficaz del paciente atendido que permita llevar a cabo el tratamiento específico.

Durante el desarrollo de esta actividad, las investigadoras buscan adquirir y desarrollar habilidades necesarias por medio de la búsqueda de bibliografía y la aplicación de diferentes pruebas, para generar nuevos conocimientos respecto al

área de la seguridad y la protección que se le brinda a los profesionales de la salud de la Odontología, técnicos, auxiliares y demás personas que de una u otra manera se desempeñan con equipos generadores de rayos X, teniendo como guía las recomendaciones ya establecidas en las normas Básicas de Seguridad. (8)

Los resultados del estudio permitirán que los estudiantes y el personal que labora con aparatos de rayos X, cuenten con información real y confiable de los conocimientos y las barreras de protección que se pueden usar al momento de tomar una radiografía; contribuyendo a la disminución de la afectación de algunos órganos al momento de utilizar dicha ayuda diagnóstica para la planificación y la adecuada realización del tratamiento. (9)

1.4. MARCO DE REFERENCIA

1.4.1. MARCO TEÓRICO

1.4.1.1. Conceptos generales de radiación e ionización. Los átomos pueden encontrarse en estado neutro o en un desequilibrio eléctrico. Por lo regular, la mayor parte de los átomos son neutros ; un átomo neutro contiene un número igual de protones (cargas positivas) y electrones (cargas negativas); los que no tienen saturado su capa mas externa tienen un desequilibrio eléctrico y tratan de capturar electrones de algún átomo mas electrones que protones y por lo tanto adquieren carga negativa. Asimismo, un átomo que pierda un electro tendrá más

protones que electrones y por consiguiente adquiere carga positiva. A los átomos que han ganado o perdido uno o más electrones y se hallen en desequilibrio eléctrico se les conoce como iones.

La ionización es la producción de iones, o el proceso de convertir un átomo en ion; la ionización solo actúa sobre electrones y requiere la energía suficiente para superar la fuerza electrostática que mantiene el electrón unido con el núcleo. Cuando un electrón sale del átomo en el proceso de ionización, se produce un par iónico. En este caso, el átomo se convierte en un ion positivo, mientras que el electrón extraído se vuelve un ion negativo. Este par iónico reacciona con otros iones hasta que se alcanza el equilibrio eléctrico y se forma moléculas neutras. (10)

1.4.1.2. Radiación radioactividad. La radiación es la emisión y propagación de energía que atraviesa el espacio de una sustancia, ya sea en forma de ondas o de partículas. A veces se confunden los términos radiactividad y radiaciones; es importante observar que no significan lo mismo.

Se define como a la radiactividad como el proceso por el medio del cual ciertos átomos o elementos inestables sufren desintegración o descomposición espontánea, en un intento por lograr un estado nuclear más equilibrado. (11)

1.4.1.2.1. Radiación ionizante. Se define como aquella capaz de formar iones al quitar o agregar uno o más electrones a los átomos. La hay de dos clases: radiación de partículas y radiación electromagnética. (12)

1.4.1.2.1.1. Radiación de partículas. Es la emisión de partículas diminutas de materia que posee masa y viajan en línea recta a gran velocidad, trasmite energía cinética por medio de sus péquelas masa que se desplazan rápidamente. Se han identificado como cuatro tipos de estas radiaciones.

Se pueden clasificar a los electrones como partículas beta o como rayos catódicos, que solo difieren por su origen. Las partículas veto son electrones de movimientos rápidos emitidos desde el núcleo de átomos radiactivos. Los rayos catódicos son flujos de electrones de alta velocidad generados de un tubo de rayos X. Las partículas son emisiones de los núcleos de metales pesados y se componen de dos protones y dos neutrones. Los haces de protones se componente de partículas aceleradoras, específicamente núcleos de hidrogeno a masa igual a 1 y carga de +1. (13)

1.4.1.2.1.2. Radiación electromagnética. Se define a este tipo de radiación como la propagación de energía en forma de ondas (sin masa) a través del espacio o la materia. Se llama electromagnética por que la energía que se propaga se acompaña de campos eléctricos y magnéticos oscilatorios que son perpendiculares entre sí. Las radiaciones electromagnéticas pueden ser

provocadas o espontaneas por ejemplo de este tipo de emisión son diversos rayos (cósmicos, gama, X) la luz (ultravioleta, visible y de radio). (14)

1.4.1.2.2. Concepto de partícula. Esta característica de la radiación electromagnética como haces discretos de energía llamados fotones o cuantos. Los fotones son paquetes de energía sin masa ni peso que viajan como ondas de velocidad de luz, avanzan en línea recta a través del espacio y “transportan la energía” de la radiación electromagnética. (15)

1.4.1.2.3. Concepto de onda. Este concepto caracteriza las radiaciones electromagnéticas como ondas y se enfocan a las propiedades de velocidad, longitud de onda y frecuencia. La velocidad es la rapidez con que se desplaza la onda; todas las radiaciones electromagnéticas viajan como ondas, en una secuencia continua de crestas de velocidad de luz (3×10^8 metros por segundo) en el vacío. Se define como longitud de onda como la distancia entre la cresta de una onda y la cresta de la siguiente determina la energía y poder de penetración de la radiación mientras más corta sea la distancia entre las crestas, menor será la longitud de onda y mayor es su energía y capacidad para penetrar la materia. La frecuencia es el número de longitud de onda que pasa por un punto determinado, en cierto intervalo de tiempo, la frecuencia y la longitud de onda son inversamente proporcionales; a mayor frecuencia corresponde menor longitud de onda y a menor frecuencia corresponde mayor longitud de onda. (16)

1.4.1.2.4. Radiación X. Los rayos X constituyen una radiación electromagnética ionizante de alta energía; al igual que todas las demás emisiones de este tipo tienen propiedad de ondas y de partículas. Se definen a los rayos X como paquetes de energía sin peso ni carga eléctrica que viajan en forma de ondas como una frecuencia específica y a la velocidad de la luz. (17)

1.4.2.1 Generalidades de los efectos biológicos de la radiación. Los efectos biológicos consecuentes a la radiación y que se observan algún tiempo después de recibida esta, constituyen efectos secundarios porque son resultado de acciones físicas, químicas y biológicas puestas en movimiento por la absorción de esta energía.

Los efectos biológicos de la radiación son somáticos, efectos sobre cualquiera de las células del individuo mismo, o genéticos, mutaciones que no se manifiestan en el individuo pero de acción en el plasma germinal y que pasan a las futuras generaciones. (18)

En odontología, el tamaño de la dosis de rutina es relativamente baja y muy inferior a la dosis umbral requeridas para producir efectos somáticos determinantes. Sin embargo los efectos somáticos y genéticos estocásticos pueden desarrollarse para cualquier dosis de radiación ionizante. Como se produce el daño de los rayos X la acción de la radiación en las células y los

efectos perjudiciales se clasifican como: acción o daño directo resultante de la ionización de macromoléculas los fotones de los rayos X, o electrones expulsados de alta energía, interaccionan directamente con macromoléculas biológicas vitales como ADN, ARN, proteínas y enzimas y la ionizan, estas ionización producen la ruptura de los enlaces químicos de las macromoléculas, convirtiéndolas en estructuras anormales que a su vez pueden provocar reacciones químicas inapropiadas. Acción o daño indirecto que se deben a los radicales libres producidos por la ionización de agua. (19)

La energía depositada por la radiación en la materia viva produce cambios en las estructuras celulares, dando lugar a efectos que pueden ser perjudiciales (Hall, 1994). Estos efectos son llamados: somáticos si sólo afectan a la salud del individuo irradiado, y hereditarios cuando afectan a la descendencia. Estos efectos suelen clasificarse en efectos deterministas (no estocásticos) y efectos estocásticos (al azar). Los primeros aparecen como una consecuencia inevitable de la exposición a niveles altos de radiaciones ionizantes, por ejemplo, la producción de un eritema tras la irradiación, o de una anemia (efectos somáticos).

Para que los efectos deterministas se presenten, la dosis ha de alcanzar un cierto valor, dosis umbral, por debajo de la cual dichos efectos no se producen. El grado de importancia o severidad del efecto depende de la cantidad de dosis recibida. Respecto a los estocásticos, después de una irradiación, hay efectos tardíos que pueden presentarse o que pueden no presentarse, sin que se sepa el porqué

ocurre así; por ejemplo, la exposición a las radiaciones ionizantes aumenta la probabilidad de que aparezca una leucemia o malformaciones fetales (efectos somáticos) o la posibilidad de transmisión de mutaciones a la descendencia (efecto hereditario), siendo sin embargo imposible en un caso particular asegurar que la aparición de una leucemia o un feto malformado se deba a la irradiación recibida. Conforme aumenta la dosis equivalente, aumenta la probabilidad de que aparezca uno de estos efectos. Se considera que no hay dosis umbral y que la probabilidad de que se produzca es proporcional a la dosis recibida. (20)

El objetivo de la seguridad radiológica es prevenir los efectos no estocásticos y la probabilidad de efectos estocásticos, minimizando la exposición del personal y de los pacientes durante los exámenes radiográficos. Un efecto no estocástico se define como cualquier efecto somático que aumenta su gravedad en función de la dosis de radiación relativamente elevada, que no suelen observarse en radiología diagnóstica, pueden producir poco después de la exposición, meses o años después.

Ejemplos de efectos no estocásticos son las cataratas, el eritema cutáneo, la fibrosis y el crecimiento y desarrollo anómalos tras la exposición en útero. Un efecto estocástico se define como aquel cuya probabilidad, más que su gravedad, está en función de la dosis de radiación sin umbral: Los efectos estocásticos representan una respuesta de todo o nada, modificada por factores de riesgo individuales.

Estos efectos pueden producirse tras la exposición a dosis de radiación relativamente bajas, como las que pueden darse en radiología diagnóstica. Las neoplasias y los efectos genéticos son ejemplos de estas. (21)

Existen varias fuentes de radiación entre las cuales se destacan las naturales, las cósmicas, las terrestres y las artificiales. Dentro de las naturales se encuentran las radiaciones que se emiten de la tierra y son de aproximadamente 2,4 milisieverts en todo el mundo; las cósmicas incluyen las partículas energéticas subatómicas, los fotones del sol y supernovas, y en menor medida, las partículas y fotones generados por la interacción de la radiación cósmica primaria con los átomos y las moléculas de la atmósfera de la Tierra.

Las fuentes terrestres se dividen en: 1) fuentes externas que provienen de la desintegración radioactiva del uranio y el torio que provienen generalmente de la tierra; 2) el radón es un gas que se pega al polvo por la desintegración del polonio, bismuto y el plomo provocando en grandes cantidades cáncer de pulmón sobre todo en los fumadores; 3) fuentes internas se encuentran los radionucleidos que se toman desde el ambiente externo por ingestión.

Por otra parte se encuentra la radiación artificial que proviene de fuentes adicionales hechas por el ser humano. Estas se pueden clasificar en tres grupos principales: el diagnóstico y tratamiento médico, productos de consumo e industriales y fuentes, y otras fuentes menores. Las primeras incluyen la

radioterapia y la medicina nuclear, la exposición de diagnóstico médico es el principal contribuyente, aportando la mayor parte de esta fuente. Los exámenes dentales de rayos X son responsables de menos del 1% de las exposiciones promedio anual a partir de fuentes de origen humano. Las segundas constituyen todo lo relacionado con productos industriales y dentro de las terceras están todas las personas que trabajan en las instalaciones de rayos x médicos y dentales, la minería o la molienda, o con las armas nucleares son ocupacionalmente expuestos a radiaciones adicionales.

Dado que en el ámbito de la salud se utiliza mucho los rayos X para dar un diagnóstico es necesario hablar de los límites de dosis en individuos que están ocupacionalmente expuestos y los miembros de la población en general, las cantidades de radiación recibida por los pacientes en radiología dental y médica, y los riesgos estimados a partir de estas exposiciones. Dichos límites se dieron a partir del Consejo Nacional de Protección Radiológica y Medidas (PNCR) y la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), para garantizar que ninguna persona tendrá efectos deterministas y que la probabilidad de efectos estocásticos es tan bajo una forma razonable y económicamente viable. Los límites de dosis a partir de fuentes de origen humano para los miembros del público en general, no ocupacionalmente expuestos, se han establecido en un 10% de la de los individuos expuestos ocupacionalmente y para personal ocupacionalmente expuesto a los trabajadores y se les permite recibir hasta 50 mSv de exposición a la radiación de cuerpo entero por año. La dosis promedio de

personas expuestas en el funcionamiento del equipo dental de rayos X es mucho menor que el límite: 0.2msv, o el 0,4% de la exposición permisibles.

Se debe tener en cuenta que existen unos riesgos a la exposición de rayos x en odontología en el que se destaca el cáncer teniendo en cuenta unos factores que son: riesgo de cáncer en la odontología por lo tanto requiere extrapolar las dosis elevadas hasta el rango de dosis baja. Una extrapolación lineal se considera más adecuada, pero la precisión de este supuesto no se conoce; el cáncer es una enfermedad común, Contables por cerca de 20% de las muertes. Se estima que en los Estados Unidos en 2007 más de 560.000 personas morirán de esta enfermedad. La muy baja incidencia que pueda resultar de la exposición dental es imposible para detectar mediante la medición directa; el tiempo entre la exposición a la radiación y el desarrollo del cáncer puede pasar años o décadas, durante el cual los individuos pueden ser sometidos a muchos otros carcinógenos. ⁽²²⁾

Los efectos de radiación de la baja -dosis sólo son demostrables como el aumento en la frecuencia de enfermedad ocurriendo normalmente entre la población.

Las estimaciones de riesgo pueden expresarse como absoluto o relativo. El riesgo absoluto es el riesgo extra debido a la exposición de la radiación. Se expresa como la diferencia entre el riesgo en una población irradiada comparada a una que no irradió la población. El riesgo absoluto estima para la radiografía dental en base a por millones de exámenes de la radiografía. Podría esperarse que cada 1

millones de exámenes del induzca aproximadamente 30 cánceres fatales extras encima de la vida de las personas en una oficina dental típica que usa película de la D-velocidad y el colimación redondo, irradió.

Cuando la exposición de órganos durante la radiografía dental se corrige para los grados diferentes de sensibilidad de cada órgano, la dosis puede expresarse como la dosis eficaz equivalente. El equivalente de dosis eficaz es la suma de la dosis a cada órgano crítico de interés multiplicado por los órganos que pesan el factor. Los factores pesando responden de la sensibilidad de la radio de cada órgano por la inducción de cáncer, leucemia (la médula del hueso), o las mutaciones fatales. Cuando las técnicas de protección para pacientes se usan, la exposición del gonadal de la radiografía dental es nula, y el único riesgo de preocupación es atribuible a la inducción de cáncer y leucemia.

Hay varios factores que pueden influir en el grado de riesgo de la exposición de la radiación, sin tener en cuenta cómo el riesgo se cuantifica. Simplemente, éstos son el volumen y tipo de tejido irradiados; la intensidad del tipo, y proporción de irradiación, y factores del organizador que modifican una contestación de los individuos y susceptibilidad al daño biológico y procesos de la reparación. (23)

1.4.3.1 Los efectos biológicos y riesgos de la exposición de los rayos X. Para que se pueda producir un efecto en el ser humano debe de haber una exposición a radiación alta, esto produce unos efectos biológicos los cuales

pueden ser determinantes, estocásticos y somáticos se subdividen en intro los cuales aparecen como resultado de haber recibido altas dosis de radiación en todo el cuerpo y efectos crónicos o de larga duración los cuales aparecen después de un determinado tiempo después de la exposición, como ejemplo la leucemia.

Tabla 1. Dosis de radiación relacionadas con efectos biológicos

Dosis	Efectos
0.25 Sv	Ninguno
0.25 – 1.0 Sv	La vista de los cambios de sangre, e, g, disminución de glóbulos blancos.
1-2 Sv	Vómitos en 3 horas, fatiga, pérdida de apetito, cambios de sangre.
2- 6 Sv	Vómitos en 2 horas, cambios de sangre severo, Rebecca los de cabello en la recuperación de 2 semanas en 1 boca año 70 %
6-10 Sv	Vómitos en 1 hora, daño intestinal, cambios de severa de sangre. muerte en 2 semanas para 80-100 %
≥ 10 Sv	Daño cerebral, estado de coma, muerte.

Se determinan tres grandes daños: efectos determinantes somáticos son efectos perjudiciales para el cuerpo de la persona expuesta que definitivamente será el resultado de alta dosis de radiación. En el ejemplo se incluyen formación de enrojecimiento y cataratas de piel. La gravedad del efecto es proporcional a la dosis recibida, y en la mayoría de los casos existe una dosis umbral por debajo del cual no habrá ningún efecto; efectos determinantes somáticos son los efectos perjudiciales para el cuerpo de la persona expuesta que definitivamente será el resultado de alta dosis de radiación. En el ejemplo se incluyen formación de enrojecimiento y cataratas de piel. La gravedad del efecto es proporcional a la dosis recibida, y en la mayoría de los casos existe una dosis umbral por debajo del cual no habrá ningún efecto; efectos somáticos estocásticos: estos efectos son aquellos que pueden tener su desarrollo aleatorio y depende de las leyes de oportunidad o probabilidad. Entre estos efectos pueden hacer patologías como la leucemia y ciertos tumores.

Estos efectos perjudiciales pueden ser inducidos cuando el cuerpo está expuesto a cualquier dosis de radiación. No hay estudios científicos donde determinen que altas dosis de radiación pueden ocasionar un efectos sobre el ser humano, pero que todo depende del umbral de radiación en el cual este el paciente, cuanto menor sea la dosis de radiación, menor será la probabilidad de daño celular. Sin embargo, la severidad de los daños no está relacionada con el tamaño de la dosis aplicada. Esta es la filosofía subyacente de presentar recomendaciones de medidas de protección para la redición.

La radiación de los órganos reproductivos ante una exposición de radiación podría ocasionar daños en el ADN de los hombres en el espermatozoide o de las mujeres en los óvulos esto puede desencadenar una anomalía congénita en la descendencia de las persona irradiada, si esta se llega a dar en un determinado momento de gestación esto desencadenaría una serie de efectos sobre el feto el cual es particularmente sensible a la radiación especialmente en la 2 o 9 semana después de la concepción, el mayor resultado de estos efectos son anomalías congénita o muerte asociada con grades dosis de radiación, retraso mental asociado con exposición a bajas dosis de radiación, la máxima dosis de radiación en el abdomen de la mujer que está embarazada.

En la radiación dental en odontología el tamaño de la dosis es relativamente pequeño y muy por debajo de la dosis del umbral necesaria para producir los efectos genéticos somáticos. Sin embargo los efectos somáticos genéticos se pueden desarrollarse en dosis de radiación muy baja, en la radiación emitida en una radiografía odontológica no se pueden desarrollar daños en los órganos reproductivos.

La acción de la penetración de los rayos X en las células pueden causar efectos dañinos clasificados: acción directa o daños como resultado de la ionización de macromoléculas; acción indirecta o daños como resultado de los radicales libres producidos por la ionización; acción directa o daños los fotones de rayos x, o alta

energías electrones expulsados, interactuar directamente ionizando macromoléculas biológicas como el ADN, ARN, proteínas y enzimas.

Esos resultados de ionización, la rotura de los enlaces químicos de macromoléculas, causando que se conviertan en estructuras anormales, podrá en cambio llevar a inadecuado enlaces químicos en una macromolécula de ADN puede romper uno del tipo de ADN se denomina una mutación puntual. Incapacidad de pasado en información anormal replicación daño celular - el ADN siendo reparado correctamente antes de futura división celular.

La radiación afecta directamente a las células somáticas, los efectos sobre el ADN (y por lo tanto los cromosomas) podría dar lugar a una radiación - malignidad inducido. Si el daño afecta a la reproducción de las células madre, el resultado podría ser inducido por radiación o anomalías congénitas. Lo que realmente sucede en la célula depende de varios factores, incluyendo: el tipo y la cantidad de ácido nucleico con que se dividen, la intensidad y tipo de radiación el tiempo entre las exposiciones; la capacidad de la célula de reparar los daños; la etapa de la célula reproductiva o ciclo de cuando se ha irradiado. (24)

1.4.4.1 Historia y propiedades de la radiación X

1.4.4.1.1 Descubrimiento de la radiación X. La historia de la radiología dental principia con el descubrimiento de los rayos X; Wilhelm Conrad Roentgen, un

médico bávaro, descubrió los rayos X el 8 de noviembre de 1895. Este descubrimiento monumental revolucionó las capacidades diagnósticas de las profesiones médica y dental, y como resultado cambió para siempre la práctica de la medicina y odontología.

Antes de descubrir los rayos X, Roentgen experimentó con la producción de rayos catódicos (corrientes de electrones); utilizó un tubo de vacío, una corriente eléctrica y pantallas especiales cubiertas por un material brillante (fluorescente) que brillaba cuando se exponía a la radiación. Hizo las siguientes observaciones acerca de los rayos catódicos: los rayos se veían como chorros de luz de color que pasaban de un extremo del tubo al otro, no viajaban fuera del tubo y hacían que las pantallas fluorescentes brillaran.

Mientras experimentaba con un tubo de vacío en un laboratorio oscuro, Roentgen notó un brillo verde débil que provenía de una mesa cercana. Descubrió que el misterioso brillo o "fluorescencia" se originaba en las pantallas localizadas varios metros lejos del tubo. Roentgen observó que la distancia entre el tubo y las pantallas era mucho mayor de lo que podían viajar los rayos catódicos. Se percató de que algo que salía del tubo tocaba las pantallas y causaba brillo. Roentgen concluyó que la fluorescencia se debía a algún rayo poderoso "desconocido".

En las siguientes semanas Roentgen continuó experimentando con estos rayos desconocidos. Reemplazó las pantallas fluorescentes con una placa fotográfica;

demostró que las imágenes sombreadas podrían registrarse de manera permanente en la película fotográfica la colocar objetos entre el tubo y la placa. Procedió a tomar la primera radiografía del cuerpo humano: colocó la mano de su esposa en una placa fotográfica y la expuso a los rayos desconocidos por 15 minutos. Cuando reveló la lámina fotográfica pudo observar el contorno de los huesos de la mano.

Roentgen denominó su descubrimiento como rayos X, la "X" se refería a la naturaleza y propiedades desconocidas de estos rayos. (El símbolo X se utiliza en matemáticas para representa lo desconocido). Publicó un total de tres artículos científicos que detallaban el descubrimiento, las propiedades y características de los rayos X. Durante su vida, Roentgen fue honrado y distinguido, entre las distinciones incluyó el primer premio Nobel concedido en física.

Después de la publicación de los documentos de Roentgen, los científicos de todo el mundo reprodujeron se descubrimiento y generaron información adicional sobre los rayos X; durante varios años posteriores a su descubrimiento, los rayos X se conocieron como rayos Roentgen, la radiología se denominó roentgenología y las radiografías se conocieron como roentgenografías .

1.4.4.1.2 Experimentación antes del descubrimiento de los rayos X. El tubo de vacío primitivo utilizado por Roentgen en el descubrimiento de los rayos X fue el resultado colectivo del trabajo de investigación de muchos investigadores. Antes

del descubrimiento de los rayos X en 1895, varios científicos europeos experimentaron con fluorescencia en tubos de vidrios sellados.

En 1838, un soplador de vidrio alemán llamado construyó el primer tubo de vacío, un bulbo de vidrio sellado del que se extrajo casi todo el aire. Se conoce como tubo de Geissler al tubo de vacío original; varios investigadores lo modificaron y se dio el nombre de su autor a cada una de estas modificaciones.

Johann Wilhelm Hittorf, un físico alemán, utilizó el tubo de vacío para estudiar la fluorescencia (brillo que se produce cuando la luz, los rayos catódicos o los rayos X chocan contra una sustancia fluorescente). En 1870, Hittorf observó que las descargas emitidas por el electrodo negativo viajaban en línea recta y generaban calor y una fluorescencia verdusca. El llamó a estas descargas rayos catódicos. Hacia el final del decenio de 1870, William Crookes, un químico inglés, rediseñó el tubo de vacío y descubrió que los rayos catódicos eran flujos de partículas cargadas. El tubo que utilizó Roentgen en sus experimentos incorporó las mejores características de los diseños de Hittorf y Crookes, por lo cual se le llamó tubo de Hittorf-Crookes.

En 1894, Philip Lenard descubrió que los rayos catódicos podían atravesar una delgada capa de lámina de aluminio adherida a las paredes de tubos de vidrio y hacía que las pantallas fluorescentes brillaran. Notó que cuando la separación entre el tubo y las pantallas era de 8 cm o más, éstas ya no brillaban. Se dice que

Lenard habría descubierto los rayos X si hubiera utilizado pantallas fluorescentes más sensibles.

1.4.4.1.3 Pioneros de la radiación X dental. Después del descubrimiento de los rayos X en 1895, varios pioneros ayudaron a dar forma a la historia de la radiología dental. Se atribuye el desarrollo de esta especialidad a la labor de cientos de investigadores y odontólogos. Muchos de los pioneros de la radiología dental murieron por sobreexposición a las radiaciones. Cuando se realizó el descubrimiento de los rayos X no se sabía nada acerca de los peligros ocultos que conlleva el empleo de estos rayos penetrantes.

Poco después de que se anunció el descubrimiento de los rayos X en 1895, el odontólogo alemán Otto Walkhoff tomó la primera radiografía dental. Envolvió una placa fotográfica con papel negro que fijó con lijas de goma, se la colocó en la boca y se expuso a los rayos X durante 25 minutos. Ese mismo año, W. J. Morton, médico de Nueva York, tomó de un cráneo la primera radiografía dental que se obtuvo en Estados Unidos; también dio conferencias sobre la utilidad de los rayos X en la práctica odontológica y tomó la primera radiografía de cuerpo entero en una lámina de película que medía 0.9 por 1.80 metros.

C. Edmund Kells, un odontólogo de Nueva Orleans, tiene el crédito de ser el primero que dio un uso práctico a las radiografías en odontología (en 1896); Kells

tomó la primera radiografía dental obtenida en Estados Unidos de una persona viva. En los numerosos experimentos que realizó durante años, expuso sus manos a muchas sesiones diarias de rayos X; tal sobreexposición a las radiaciones le causó varios cánceres en la mano. Finalmente, la dedicación de Kells al desarrollo de los rayos X en la odontología, le costó perder los dedos, después la mano y por último el brazo.

Otro de los pioneros de la radiografía dental fue el odontólogo de Boston William H. Rollins, que fabricó la primer unidad dental de rayos X. El Dr. Rollins sufrió la quemadura de una mano durante experimentos que realizó con radiaciones; este suceso despertó su interés en la protección contra la energía radiante y más tarde publicó su primer informe sobre los peligros relacionados con estos rayos. También se debe mencionar a Frank Van Woert, un odontólogo de la ciudad de Nueva York, que fue el primero en utilizar películas para radiografías intrabucales, y Howard Riley Rapes, profesor de la Universidad de Indiana, que fundó el primer curso de radiografía para estudiantes de odontología a nivel de licenciatura.

1.4.4.1.4 Historia del equipo dental de rayos X. En 1913, William D. Coolidge, un ingeniero electricista, creó el primer tubo caliente de rayos X catódicos; era un dispositivo de lato vacío que contenía un filamento de tungsteno. El tubo de Coolidge se convirtió en el prototipo de todos los tubos modernos de rayos X y revolucionó la forma de generar dichas radiaciones.

En 1923 se colocó una versión miniatura del tubo de rayos X dentro de la cabeza de un aparato y se sumergió en aceite; este dispositivo resultó el precursor de todos los aparatos modernos de rayos X dentales y fue fabricada por la Victor X-Ray Corporation, de Chicago. Más adelante, en 1933, la General Electric introdujo un nuevo aparato con características mejoradas. Desde entonces, los aparatos de rayos X cambiaron muy poco hasta que, en 1957, se introdujo el de kilovoltaje variable. Posteriormente, en 1966, se crearon los tubos de haz largo con una cavidad.

1.4.4.1.5 Historia de la película dental de rayos X. De 1896 a 1913, los paquetes dentales de rayos X eran placas fotográficas de vidrio o películas cortadas en piezas pequeñas y envueltas a mano en papel negro y hule. El empaque manual de las películas dentales de rayos X era un procedimiento muy tardado. En 1913, la Eastman Kodak Company fabricó las primeras películas intrabucales preenvueltas y, gracias a éstas, aumentaron la aceptación y el uso de los rayos X en odontología. En 1920 se dispuso de las primeras películas pariapicales fabricadas a máquina.

En la actualidad, las películas utilizadas en radiografía dental son mucho mejores, en comparación con las del pasado. Las películas actuales requieren de un tiempo de exposición muy corto, con lo que también se reduce la exposición del paciente a las radiaciones; estos nuevos productos requieren una quinta parte del tiempo de exposición que se necesitaba hace 25 años.

1.4.4.1.6 Historia de las técnicas radiográficas dentales. Las principales técnicas intrabucales utilizadas en odontología son la de bisectriz, la de paralelismo y la de aleta mordible. Los odontólogos que crearon estas técnicas fueron Weston Price, de Cleveland, quien introdujo la técnica de bisectriz en 1904, y Howard Riley Raper, que redefinió la técnica de bisectriz original y presentó la de aleta mordible en 1925. Raper también escribió uno de los primeros libros de texto sobre radiología dental en 1913.

En 1896, C. Edmund Kells presentó por primera vez la técnica de paralelismo que luego (en 1920) fue utilizada por Franklin W. McCormack para tomar placas dentales. En 1947, F. Gordon Fitzgerald, el “padre de la radiología dental moderna”, reavivó el interés en esta especialidad mediante la introducción de la técnica de paralelismo con cono largo.

La técnica extrabucal más utilizada en odontología es la de radiografías panorámicas. El japonés Hisatugu Numata fue el primero que aplicó una exposición para una placa panorámica, en 1933, aunque colocó la película al lado lingual de los dientes. Yrjo Paatero, a quien se considera el padre de las radiografías panorámicas, experimentando con radiografías formadas por un haz que pasaba por una ranura, intensificación de pantallas y técnicas de rotación. (25)

1.4.5.1 Principios de la radioprotección

1.4.5.1.1. Formas básicas de protección. Para reducir la irradiación básicamente hay que controlar tres parámetros: distancia, tiempo y blindaje.

1.4.5.1.1.1. Distancia debe ser la máxima posible de la fuente. Conviene tener en cuenta que la dosis recibida a una distancia "d" de la fuente es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia ($Dosis (D) = 1 / d^2$).

1.4.5.1.1.2. Tiempo debe ser el menor posible. La dosis acumulada D por una persona en un área donde la tasa de dosis es D* durante un tiempo t es: $D = D^* \cdot t$. Así, cuanto menor sea el tiempo invertido en realizar una determinada operación, menor será la dosis recibida.

1.4.5.1.1.3. Blindaje Cuando la combinación de tiempo y distancia, no reduce la dosis a niveles permisibles, hay que interponer una barrera de material absorbente entre la fuente y el usuario para atenuar la radiación. Para emisores beta energéticos, como es el caso del ^{32}P , se utilizan materiales plásticos, formados por elementos de bajo número atómico (metacrilato con 1 cm de espesor).

Para el resto de los emisores beta usados en la instalación no es necesario para el ^3H (tritio) en ningún caso; para el ^{35}S (Azufre-35) y el ^{14}C (carbono-14) el apantallamiento es necesario cuando se manipulan actividades elevadas. Para

emisores gamma se materiales compuestos por elementos de alto número atómico, Z, generalmente plomo o vidrio plomado.

Para reducir la contaminación las precauciones generales a tener en cuenta para reducir la contaminación son:

- ✓ Emplear la mínima cantidad posible de radionucléido necesaria para el resultado que se quiera conseguir.
- ✓ Utilizar sistemas de confinamiento y retención: bandejas o similares.
- ✓ Utilizar siempre que sea necesario el detector.
- ✓ Emplear sistemas de descontaminación, cumplir las normas de trabajo.

1.4.5.1.1.4. Control de permanencia. La entrada y permanencia al laboratorio de radioactividad está controlada por el supervisor de la I.R. Para ello se dispone de unas hojas colocadas en el tablón de este laboratorio, en la cual se reservara la zona de trabajo o utilización de aparatos por los usuarios. (Hoja de control).

1.4.5.1.1.5. Equipos de protección personal: bata de laboratorio, guantes desechables, blindajes, delantal plomado. (26)

1.4.6.1 Radioprotección. La finalidad de la radioprotección radiológica es proteger al individuo a su descendencia y a la población en general de los riesgos de la utilización de equipos o materiales, que produzcan radiaciones ionizantes.

La filosofía de la radiológica es conseguir una sistemática de la limitación de dosis basándose en tres puntos:

1.4.6.1.1. Justificación. No debe ser autorizada ninguna actividad que origine la exposición humana a las Radiaciones Ionizantes, si no se produce un beneficio neto positivo teniendo en cuenta el detrimento que implica la exposición a las Radiaciones Ionizantes.

1.4.6.1.1.1. Aplicación al radiodiagnóstico del principio de justificación:

- a) Los exámenes radiológicos y tratamientos radioterápicos relacionados con enfermedad, están justificados ya que el beneficio del paciente supera su propio riesgo.
- b) Una exploración radiológica solo estará indicada cuando sirva para cambiar el tratamiento o técnica terapéutica hacia el paciente.
- c) En principio la exploración radiológica no está justificada en el primer trimestre de embarazo.
- d) No está justificada la exploración radiológica laboral a fin de obtener un puesto de trabajo o por revisión anual de interés para el trabajo (excepto los futbolistas).
- e) En cuanto a chequeos en el que se utilicen radiaciones ionizantes deben ser siempre voluntarios.

1.4.6.1.2. Optimización. La dosis de exposición debe de ser tan baja como razonablemente sea posible.

1.4.6.1.2.1. Aplicación al radiodiagnóstico del principio de optimización:

- a) Hay que reconocer que las mejores y más seguras instalaciones son las radiológicas.
- b) Generadores de gran potencia para técnicas de altos Kv y tiempos de exposición bajos.
- c) Buenos intensificadores de imagen debidamente ajustados.
- d) Usar lo más posible la exposimetría automática. e) Usar y mantener pantallas de refuerzo de buena calidad.

1.4.6.1.3. Limitación. La dosis no debe superar los límites que tienen por objeto asegurar una protección adecuada aun para los individuos más expuestos. (27)

1.4.7.1 Aspectos prácticos de la protección

1.4.7.1. Exposición del paciente. Debe mantenerse la dosis total que reciba el paciente, irradiar sólo pequeños volúmenes de tejido. Dentro de los procedimientos se consideran: Usar suficiente filtración; utilizar una distancia foco-película larga; emplear haces pequeños de rayos X; usar películas rápidas y colocar protectores gonadales.

1.4.7.1.2. Exposición del personal. Mantener las dosis de los trabajadores de la radiación por debajo de los niveles de la DMP, haciendo que ellos: nunca se

coloquen por delante del haz de radiación; estén siempre a más de 1.80m del paciente y con preferencia detrás de una barrera protectora; nunca se sostendrá la película en la boca del paciente durante la exposición; nunca se utilizará un espejo fluoroscópico intraoral; se reducirá la dosis del paciente al nivel más bajo posible porque cuanto menor sea la dosis menor será la radiación secundaria; se tratará de evitar la exposición.

1.4.7.1.3. Controles de la protección de la radiación. Incluyen mediciones hechas con un instrumento de control adecuado mientras que el equipo está en uso y mediciones de la radiación recibida por todos los individuos del departamento determinada por los aparatos de supervisión, como por ejemplo el filme monitor.

La exposición recibida por la gente del entorno, o las exposiciones que podría recibir la gente en esta zona, también debe determinarse. Es deseable el uso de accesorios para control del personal, además de las comprobaciones con instrumentos de control, ya que pueden integrar la exposición por períodos de hasta un mes, lapso en que ocurriera la mayoría de las variantes posibles. (28)

1.4.8.1 Protección del paciente en radiodiagnóstico. Si la exploración radiológica está justificada, se deben seguir normas generales, alguna de ellas administrativas; se debe disponer de un personal con los conocimientos necesarios; se deben considerar una serie de factores físicos y teóricos en la protección del paciente.

1.4.8.1.1. Normas generales y procedimientos administrativos:

- a) En los Hospitales es deseable que todo el equipo humano y los métodos radiológicos. Estén sometidos al control y supervisión del Jefe del Servicio.
- b) Las peticiones de exámenes radiológicos deben especificar la enfermedad conocida o sospechada del paciente y el motivo por el que se solicita la exploración radiológica.
- c) El radiólogo debe disponer de los estudios radiológicos previos para no repetir exploraciones innecesarias. Este punto es especialmente interesante cuando se transfiere un paciente de un Hospital a otro.
- d) El radiólogo debe decidir sobre la frecuencia de repetición de ciertos estudios, como por ejemplo los de tórax para la evaluación de patología inflamatoria o en enfermos de la UVI.
- e) El examen radiológico debe ser hecho por técnicos cualificados, con conocimientos actualizados.
- f) El examen radiológico debe tener calidad suficiente para aportar información. Recordar que la calidad radiológica no es una cuestión de estética sino de diagnóstico.
- g) En una exploración, obtener sólo las radiografías esenciales eliminando las que no aportan datos diagnósticos.

1.4.8.1.2. Factores físicos y técnicos en la protección al paciente. El nivel de exposición de un paciente depende de muchos factores físicos y técnicos:

a) Referente a las instalaciones radiológicas:

- ✓ En instalaciones nuevas, no existen problemas ya que vienen, adaptadas a las normas vigentes de Industria.
- ✓ Si se trata de instalaciones antiguas, deben revisarse por técnicos expertos de la compañía antes de su puesta en marcha.
- ✓ Son necesarias las inspecciones periódicas de los equipos como parte del programa de control de calidad del Servicio de Radiodiagnóstico.

b) Factores tendentes a la eliminación de la irradiación que no contribuye a la formación de imagen:

- ✓ Distancia foco-película superior a 1 m.
- ✓ Alto kilovoltaje, siempre que sea posible, para reducir la dosis.
- ✓ Filtración adecuada del haz. Con filtros de aluminio y cobre según el Kv empleado.
- ✓ Limitación del tamaño del campo y centraje exacto.
- ✓ Comprobar periódicamente que la luz del colimador coincida con el tamaño real del campo. Exigir colimadores de alta calidad.
- ✓ En instalaciones donde la colimación sea automática al tamaño de la película, usar los diafragmas manualmente para una colimación adicional al área de interés.
- ✓ Si no se dispone de colimadores, usar conos de tamaño adecuado al campo.

- ✓ En concreto, sobre radioscopia, emplear también alto kilovoltaje y bajo miliamperaje, reducir el tiempo de radioscopia; usar también los diafragmas en radioscopia. (29)

Es necesario enfatizar que la radiación en odontología no es la misma que la médica, por lo tanto las personas expuestas a radiación por exploración completa del cuerpo para detectar etapas tempranas del cáncer son más susceptibles a desarrollar dichas patologías que las expuestas a una radiografía dental, sin dejar de lado que no existen estudios en los que se demuestre que la radiación dental es nula.

En la radiología dental existen unos criterios de selección de pacientes que se someten a rayos X, en los que se deben prescribir radiografías cuando este medio diagnóstico va afectar el tratamiento o el pronóstico del mismo de lo contrario no será necesario exponer al paciente a la radiación; por esta razón existen tres principios de la protección radiológica: el primero es el principio de la justificación. En la toma de radiografías dentales este principio obliga a los dentistas hacer más bien que mal.

En radiología, esto significa que el dentista debe identificar aquellas situaciones en que el beneficio para un paciente de la exposición de diagnóstico supera el bajo riesgo de daño. En la práctica este principio influye en lo que los pacientes que seleccionamos para los exámenes radiológicos y los exámenes que elijamos.

La segunda regla es guiar a los principios de optimización. Este principio sostiene que los dentistas deberían utilizar todos los medios para reducir la exposición innecesaria a sus pacientes. El tercer principio es el de la limitación de dosis. Los límites de dosis son utilizadas para las exposiciones profesionales y el público oportunas para que ningún individuo este expuesto inaceptablemente a altas dosis. No hay límites de dosis en individuos expuestos con fines de diagnóstico o terapéuticos.

El dentista en cada planta es responsable para el diseño y realización del programa de protección radiológica. Dentro de los criterios a tener en cuenta se encuentran la selección del paciente, la realización del examen en la que se selecciona el equipo, la técnica y la interpretación de la imagen radiográfica; la película e imagen es mejor de una forma digital ya que entre más alta sea la velocidad menor será la exposición a la radiación; la distancia fuente piel deberá ser de 40cm ya que distancias más cortas provocan mayor exposición del tejido provocando grandes lesiones a largo plazo; se recomienda utilizar colimadores rectangulares puesto que los colimadores redondos requieren de mas radiación para que produzcan el haz de rayos x y penetran con más fuerza el tejido expuesto y por último es necesario la utilización de un chaleco de plomo y un collar tiroideo que proteja la glándula tiroides y las gónadas especialmente en pacientes como niños y mujeres embarazadas ya que son pacientes más susceptibles a los efectos de la radiación.

La función de los delantales con plomo y collares de la tiroides es reducir la exposición a la radiación de las gónadas y la glándula tiroides.

El NCRP 2003 y la ADA menciona recomendaciones que ya se han descrito, el uso de criterios de selección de los pacientes, los receptores de rápido, y colimadores rectangulares. El NCRP y ADA describen que los delantales con plomo no son necesarios porque es mucho más importante en la protección del paciente a que haga hincapié en la reducción de la exposición. Investigaciones recientes han demostrado que el riesgo de efectos hereditarios de la exposición dental es esencialmente insignificante. Nótese, sin embargo, que la mayoría de los estados actualmente requieren el uso de delantales de plomo. ⁽³⁰⁾

Es objeto de una legislación de seguridad considerable diseñado para minimizar los riesgos para los trabajadores de radiación y pacientes.

En la Comisión Internacional de protección radiológica que CIPR publica periódicamente datos y recomendaciones generales basadas en los siguientes principios generales:

La radioprotección y legislación de radiación ionizante es objeto de una legislación de seguridad considerable diseñada para minimizar los riesgos para los trabajadores de radiación y pacientes.

La Comisión Internacional de protección radiológica que CIPR publica periódicamente datos y recomendaciones generales basadas en los siguientes principios generales:

- ✓ Resumen de la legislación y los extractos de la orientación de 2001 para dentistas en el uso seguro de los rayos X
- ✓ Radiación 1999 (IR99)
- ✓ Generalidades que están reguladas e interesada principalmente con la seguridad de los trabajadores y el público en general pero también dirigir los aspectos de equipos de protección del paciente
- ✓ Entro en vigor el 1 ° de enero de 2000.
- ✓ Que sustituyen la reglamentación de las radiaciones ionizantes de 1985.
- ✓ Esencial uso de autorización de requisitos legales de equipos de rayos x dentales con una autorización genérica, otorgada por el Ejecutivo de salud y seguridad (HSE)

Evaluación de riesgo previo esto debe realizarse antes de trabajo comenzar y estar sujeta a revisión periódica. Todo el tiempo se recomienda para registrar los resultados de su evaluación del riesgo, un enfoque de cinco pasos es recomendado por el HSH:

- a) Identificar los riesgos (es decir, rutina y exposición accidental a rayos x).
- b) Decide que podría ser dañado y cómo podrían ser afectados.

- c) Evaluar los riesgos y decidir si las precauciones existentes son adquiridas o las precauciones son suficientes o si necesitan más precauciones para tomar. Implementar precauciones adicionales, si es necesario.
- d) Las conclusiones de la evaluación del riesgo se registran.
- e) Examinar la evaluación del riesgo y revisar ir, si es necesario.

Restricción de la exposición: hay un requisito más alto para restringir la dosis de radiación al personal posible. Condición de controles de ingeniería y mantenimiento. Se aplica especialmente a la seguridad y características de la advertencia de equipos de rayos x dentales. Planes de contingencia que estos deben surgir de las reglas locales.

El asesor de protección de la radiación (RPA) debe ser nombrado por escrito y consultado debe ser un experto en protección contra las radiaciones y podrá asesorar en control con el Reglamento y todos los aspectos de la protección radiológica, incluido el asesoramiento sobre: zonas controladas y designadas para la instalación de equipos de radiación todos de equipos de rayos x de nuevos o modificados

Examen periódico y pruebas de ingeniería controles, funciones de seguridad y advertencia. Sistemas de evaluación de riesgos de trabajo; brindar información de planes de contingencia; grabación de las dosis recibidas por los pacientes; programas de auditorías de calidad (QA); información, instrucción y formación

deben ser de una sola propiedad, según corresponda, para todas las personas asociadas con radiología dental.

Zonas designadas: durante una exposición normalmente será designado un área controlada alrededor de los rayos x establece como ayuda en la exposición de un control eficaz. La zona controlada puede definirse como dentro del principal haz de rayos x hasta ha sido atenuado suficientemente por la distancia o el blindaje y dentro de 1,5 mm de tubo de rayos x y el paciente.

Normalmente, sólo el paciente está permitido en esta área. Esto puede facilitarse mediante el uso de señales adecuadas, como se muestra en el supervisor de protección de radiación (RPS) un RPS normalmente debe nombrarse, un dentista o miembro del personal en la práctica para garantizar el cumplimiento de IR 99 y las reglas locales. La RPS debe ser debidamente capacitada, deberían estar estrechamente con la radiografía y tiene la autoridad para implementar sus responsabilidades.

Las reglas locales de que todas las prácticas deben hacer un escrito conjunto de reglas locales relativas a la protección contra las radiaciones medidas. Dentro de esa práctica y la aplicación a todos los empleados. Información incluyen:

El nombre Identificación y descripción del resumen zona controlada de instrucciones de trabajo, incluidos los nombres de personal cualificado utilizar los

equipos de rayos X y el detalle de su formación, así como indicaciones sobre el uso de contingencia arreglos relativos al equipo en caso de exposición accidental mal función del equipo de radiación nombre de la persona responsable:

- ✓ Nombre y datos de contacto del EPR
- ✓ Modalidades de dosimetría personal
- ✓ Argumentos para preguntar a los empleados de sus responsabilidades legales en la ley de radio protección del 99.

Todo equipo de rayos X debe incluir:

- ✓ Una descripción clara e inequívoca del equipo y su ubicación
- ✓ Una evaluación de la aceptabilidad de la localización en relación con la posición de operador y las señales de advertencia.
- ✓ Una evaluación de la aceptabilidad del control de exposición
- ✓ Una evaluación de la aceptabilidad de las señales de advertencia de equipo.
- ✓ Confirmación de que las características de seguridad de equipo están en el lugar y funcionando correctamente (e.i, haz dimensiones y alineación, operación de filtración y el temporizador de haz)
- ✓ Una conclusión general sobre si o no las características de seguridad de equipo funcionan correctamente, la instalación es proporcionar suficiente protección para las personas de la exposición a rayos X y si el usuario tiene

el uso adecuado de las medidas de protección, pruebas y mantenimiento de equipos.

Todos los equipos deben examinarse críticamente en equipos de rayos X y aceptación probarlos antes de ser puesto en uso clínico y, la prueba de aceptación, debe incluir unas características cubiertos en el examen crítico que debe incluir:

- ✓ Mediciones para determinar si el equipo funciona dentro en los parámetros de rendimiento de acuerdo (e, g, explotación potencial (KV), rayos-X salida (mA) y precisión de temporizador (es).
- ✓ Una evaluación de la dosis de paciente típica para la comparación con los niveles de referencia de diagnóstico nacional (DRL)
- ✓ Un examen y registro de película/pantalla de combinación de la adecuación del procesamiento.

Debe hacerse un registro permanente de los resultados y conclusiones de todas las pruebas y esto debe mantenerse como parte del programa de control de calidad y deben corregirse todas las deficiencias.

Todos los equipos (receptores de generación y la imagen de rayos x) deben cumplir con los requisitos generales y deben saber:

Radiografía intraoral:

- ✓ Voltaje tubo no debe ser inferior a 50 KV. Nuevos equipos deben operar dentro del rango de 60-70 KV.
- ✓ Todos los equipos deben de operar dentro del 10% de la declarada o configuración de KV de muestra.
- ✓ diámetro del haz debe ser superior a 60 mm al paciente final del dispositivo espaciador.
- ✓ Colimador rectangular debe en nuevos equipos y a los equipos y debe a los equipos a la mayor brevedad posible y el tamaño de la viga ni superior a 40 por 50 mm.
- ✓ Filtración de viga total (inherente y agregada) debería ser 1,5 mm de aluminio para operativas por debajo de 70 KV y debe marcar en la vivienda de tubo.
- ✓ La posición de punto focal debe ser al menos de 100 mm para operativas por debajo de 60 KV y 200 mm para operativas por encima de 60 KV.
- ✓ Controles de semillas y finamente ajustable exposición de cine debe proporcionarse el ajuste de la hora.
- ✓ El más rápida fil disponible (velocidad e o F) que produce imagen diagnóstica satisfactoria debe utilizarse. (31)

1.4.9.1. Criterios de selección de pacientes. La toma de radiografías a un paciente no debe ser un procedimiento rutinario que automáticamente acompaña un examen de la llamada periódico y profiláctica. Los procedimientos de

radiografía sólo deben ser los prescritos por el dentista después de que una historia se toma o se repasa y un examen clínico realizó.

El criterio de la selección paciente se ha establecido como las recomendaciones por prescribir radiografías basadas o resultados clínicos e históricos que identifican a pacientes para quien una probabilidad alta existe eso radiografía proporcionará la información asequible de ninguna otra manera.

Las pautas por prescribir las radiografías dentales consideran que los niños para están en la fase de la dentición primaria antes de la erupción del primer diente permanente ha hecho erupción. Los adolescentes son clasificados como tener los dientes todo permanentes presentar excepto terceros molares.

1.4.9.1.1. Fuente para filmar la distancia. La distancia de la x rayo fuente a la película debe ser tan grande como es técnicamente práctico. Las dos distancias normalmente usadas para la radiografía dental son 8 pulgadas y 16 pulgadas. Se establece esta distancia en cualquier máquina particular del fin del colimador a un punto o la señal similar en el albergue de la máquina indicar la situación del tubo dentro del albergue. El operador debe estar familiarizado con la ley cuadrada inversa y cómo emite la intensidad, densidad de la radiografía, y tiempo de la exposición son afectados cambiando SFD.

1.4.9.1.2. Colimación. El uso de E-velocidad el criterio de la selección paciente, lleve delantal y cuello de la tiroides, y los colimadores rectangulares constituyen

las últimas recomendaciones para reducir la exposición paciente en la radiografía dental. El área máxima de la piel de un paciente para encontrar la viga de la radiografía debe medir ningún más grande que 2.75 pulgadas en el diámetro al final de un colimador redondo. Una reducción significativa en el área de piel irradiada puede lograrse convirtiendo de la ronda al colimador rectangular.

La conversión de unidades de la radiografía dentales que tienen los colimadores redondos al colimador rectangular es un proyecto simple. La mayoría del colimador simplemente se enhebra o atornilló hacia una montaña en el albergue de la máquina. Si el SFD permanece inalterado, ninguna alteración de factores de la exposición en requirió. Si el colimador rectangular cambia el SFD, simplemente aplique la ley cuadrada inversa para el nuevo SFD distancie para llegar a los nuevos momentos de la exposición.

1.4.9.1.3. Filtración. La exposición paciente y dosis están reducidas cuando una viga de la radiografía se filtra propiamente. La filtración mejora la calidad de la viga quitando el largo-longitud de onda, las radiografías de bajo-energía. La energía mala del se aumenta, tal que las radiografías que constituyen la viga son casi todos en el rango de energía de diagnóstico útil. Estas radiografías están mínimamente absortas por el paciente y son los más eficaces a las imágenes de diagnóstico productores.

1.4.9.1.4. Delantal y cuello de tiroides. El delantal de primacia reduce exposición de los órganos reproductores y los tejidos hematopoyéticos y órganos. La exposición de estos órganos y resultados de los tejidos de esparza la radiación de la cara y a través del cuerpo no puede ser totalmente eliminado y puede responder de una exposición del gonadal muy ligeramente mayor en las hembras que en los varones, debido a la situación interior de los órganos reproductores hembras.

El cuello tiroideo o escudo reducirán exposición de esta estructura radiosensitiva por tanto como 50%. la Dosis a la tiroides sin un cuello en los rangos del lugar de 20 a 50 mrad y de 10 a 25 mrad cuando un cuello se usa. (32)

Unidades para medir la radiación y sus equivalencias, reconocida por el sistema tradicional. El roentgen (R): mide la exposición (o cantidad) de rayos X que llega al organismo, pero no la que se absorbe. El rad: permite cuantificar la energía absorbida por el tejido. El rem: sirve para comparar los efectos de los distintos tipos de radiación en tejidos. (33)

1.4.10.1. Contraste. La diferencia en los grados de negrura (densidades) entre áreas adyacentes en una radiografía se denomina contraste.

1.4.10.1.1. Descripción. También se puede llamar contraste al grado de diferencia en la cantidad de luz transmitida a través de áreas adyacentes de una radiografía dental. Si al observar una placa contra una fuente de luz, se ve que la

imagen tiene áreas muy oscuras y áreas muy claras, se dice que tiene alto contraste; las áreas oscuras y claras, están diferenciadas.

En cambio, si la radiografía no tiene áreas muy oscuras no muy claras, sino tonos de grises, se dice que es de bajo contraste. En radiología dental se prefiere que el contraste de la película se halle en un término medio entre alto contraste y bajo contraste. Las características de la placa o contraste de la película junto con los del los objetos radiografiados, o contraste del sujeto, determinan el contraste general de la radiografía.

Contraste de la película: depende de aquellas características de la película que influyen en el contraste radiográfico; se trata de propiedades de la calidad intrínseca de la película y su procesamiento; la primera depende del control del fabricante y el radiólogo no puede modificarla; sin embargo, el procesamiento si está bajo el control, del radiólogo dental. El tiempo de revelado y la temperatura de la solución usada para este proceso influyen en el contraste de las radiografías. Al aumenta el tiempo de revelado o la temperatura de la solución se obtienen radiografías con mayor contraste.

1.4.10.1.2. Escalas de contraste. El rango de densidades útiles que se observan en una radiografía se denominan escalas de contraste; para describir el aspecto de la radiografía se utilizan los términos contraste de escala corta y contraste de escala larga.

1.4.10.1.2.1. Contraste de escala corta. Las radiografías dentales en las que solo se observan dos densidades, áreas negras y blancas, tienen una escala de contraste corta. Con kilovoltaje de bajo rango se obtienen radiografías que tienen esta característica; se observan muchas áreas blancas y negras, pero ninguna gris. Las radiografías con escala de contraste corta, también son conocidas como placas de alto contraste, en las cuales se distinguen con facilidad las áreas blancas de las áreas negras.

1.4.10.1.2.2. Contraste de escala larga. Las radiografías dentales en las que se observan muchas densidades o muchos tonos grises, tienen escala de contraste larga. Con kilovoltaje elevado se obtienen radiografías que tienen este tipo de contraste y en ellas se aprecian muchos tonos grises, pero no áreas blancas y negras; también se dice que son de bajo contraste y no es fácil distinguir en ellas entre las áreas grises de distintas tonalidades. (34)

Tabla 2. Efecto del kilovoltaje en el contraste

Kilovoltaje	Contraste	Escala de contraste
Alto (>90kVp)	Bajo	Escala larga
Bajo(<70kVp)	Alto	Escala corta

1.4.11.1. Artículo de estudio. El objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño del control de exposición en un sistema digital intraoral, teniendo en cuenta que año tras año se ha venido sustituyendo las radiografías análogas por las digitales como resultado de la innovación y del rápido desarrollo de los sistemas computarizados para la recuperación de la imagen y la transmisión.

El empleo de control de exposición automática (AEC) se realizó con el fin de que en las imágenes digitales se eliminaran las exposiciones innecesarias que se debían hacer a los pacientes por exposiciones insatisfactorias teniendo en cuenta el principio fundamental de la protección radiológica conocido como ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible), ya que al momento de obtener información para un diagnóstico se debe obtener con la mínima exposición posible de radiación. Hasta la fecha no existe ninguna publicación con respecto al rendimiento de AEC, por lo tanto, es necesario realizar un estudio in vitro antes de que esta función sea aplicada en la práctica clínica para verificar que la hipótesis que plantean de que el tiempo de exposición se puede determinar de forma automática con respecto al espesor del objeto y además de esto que la imagen radiográfica debe ser estandarizada.

Se llevó a cabo el estudio mediante la utilización de siete mandíbulas con dientes de humanos en la región de premolares y molares, utilizando radiografías periapicales teniendo como parámetros la exposición que se estableció en 70Kv con una distancia de 37,5cm para todas las exposiciones y con una técnica de

paralelismo. Para cada muestra de la mandíbula, las posibles diferencias entre los valores de nivel de gris de las tres radiografías expuestas con diferentes espesores de metacrilato, se compararon por parejas utilizando la técnica de sustracción. Hay tres posibles pares de radiografías para la resta: radiografías expuesto sin plexiglás y con una capa de plexiglás (AEC 0-1) radiografías expuesto sin plexiglás y con dos capas de plexiglás (AEC 0-2), y las radiografías expuestas con uno y dos capas de plexiglás (AEC 1-2).

Después de realizar la toma de las radiografías se obtuvieron resultados de tiempo de exposición registrada en la AEC, los tiempos medios de exposición necesarios para las siete mandíbulas expuestas, con una capa y con dos capas de plexiglás fueron 0,056 s s 0.071 y 0.093 s, respectivamente. Observando una clara tendencia en el diagrama que el tiempo medio de exposición aumenta con un aumento del grosor de plexiglás. La correlación de Spearman fue de 0,85 que indica una buena correlación entre los tiempos de exposición y los tres grupos clasificados.

Durante muchos años, AEC ha sido utilizado en radiografía médica y ha demostrado una capacidad para producir radiografías de alta calidad reduciendo el número de repeticiones. Hay varias ventajas de la aplicación de AEC en los exámenes regulares de rayos X dentales.

El tiempo de exposición puede ser automático estándar, que consiste en garantizar una calidad satisfactoria y de diagnóstico por imagen eliminando repeticiones innecesarias debido a la exposición inadecuada. Por lo tanto, el rendimiento diagnóstico puede ser mejorado mediante la prevención de las radiografías subexpuestas o sobreexpuestas. Además el trabajo clínico radiológico en el futuro facilitará mediante la aplicación de este método, que las tablas de tiempo de exposición no aparezcan necesariamente en cada unidad de rayos X, ya que no será necesario ajustar los tiempos de exposición manualmente antes de la adquisición de imágenes. El presente estudio indica que, bajo condiciones in vitro los resultados de AEC se exponen de manera satisfactoria. Por lo tanto la aplicación del AEC puede ser útil para evitar riesgos inaceptables para el diagnóstico, así como para reducir la exposición a una alta dosis innecesaria en las radiografías. ⁽³⁵⁾

1.4.12.1. Unidades de rayos X. Equipo de rayos X dental. En la actualidad los fabricantes diseñan equipos de rayos X dentales en modelos más sencillo y de fácil manejo. Este equipo consta de:

- ✓ Cabeza: cubierta metálica en donde se encuentran los elementos más importantes que producen los rayos X.
- ✓ Brazo de extensión: Soporte articulado, sostiene la cabeza del equipo de rayos X. A su vez facilita colocación, posición y angulación para toma de las radiografías.

- ✓ Base o soporte: Estructura metálica cilíndrica, sostiene la cabeza y el brazo del aparato de rayos X.
- ✓ Regulador de tiempo: Elemento cronométrico, permite graduar la exposición de, los rayos X de modo manual.
- ✓ Dispositivo disparador o botón activador: Controla cronométricamente la producción y salida de rayos X. (36)

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 materia irradiado absorbió 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.

El efecto biológico sobre el tejido por una dosis medida en rads depende de muchos factores, como la calidad de la radiación, el tejido irradiado, el efecto de interés biológico, la cantidad de dosis y el aporte sanguíneo del tejido. El factor dependiente de la calidad de la radiación es de elevadísima importancia en el campo de protección aquella; se denomina factor de calidad y tiene valores que van desde 1 hasta 15 o 20. El producto de los rads y el factor de calidad adecuado (y a veces otros factores modificantes, como los que se deben a una distribución desigual de la dosis) de una cantidad que debería ser casi equivalente al efecto biológico; esta cantidad se titula dosis equivalente, se mide en rems, y es la unidad empleado en el campo de protección. (37)

El reconocimiento de los efectos de la radiación y de los riesgos que comporta su utilización llevaron al NATIONAL COUNCIL on RADIATION PROTECTION and MEASUREMENTS (NCRP) y a la INTERNATIONAL COMMISSION on RADIOLOGICAL PROTECTION (ICRP) a establecer normas sobre limitaciones en la cantidad de radiación recibida por los individuos profesionalmente expuestos y por la población general.

Los límites de dosis no ocupacionales para la población general se han establecido en el 10% de los individuos profesionalmente expuestos. Se determinó este menor límite de dosis debido a las incertidumbres asociadas con las estimaciones del riesgo, una variación más amplia en los riesgos de mortalidad. Se considera como dosis individual mínima establecida por el NCRP aquella debajo de la cual cualquier esfuerzo para reducir la exposición a la radiación puede no ser eficaz desde la perspectiva del costo.

Aunque recibir 50 mSv de radiación corporal total en 1 año como consecuencia de la actividad profesional se puede considerar un riesgo mínimo, hay que realizar todos los esfuerzos posibles para mantener las dosis lo más bajas posibles para mantener las dosis lo más bajas posible, evitando cualquier exposición innecesaria. (38)

La dosis para un paciente sometido a una radiografía dental suele considerarse como la cantidad de radiación recibida por un órgano diana. Una de las medidas

más habituales es la exposición cutánea o de superficie. La exposición de superficie, obtenida por medición directa, es la forma más sencilla de registrar la exposición de un paciente a los rayos X.

Los órganos que más se tienen en cuenta al momento de una radiografía en odontología son la médula ósea la tiroides y las gónadas. Se ha indicado que la dosis de médula ósea activa media que se produce por la exploración intraoral de toda la boca mediante 21 placas expuesta con colimación circular es de 0,142 mSv; en una exposición con colimación rectangular es de solo 0,06 mSv. Para la tiroides se dice que las radiografías orales son bastante bajas. Un examen de boca completo genera una dosis de 0,94 mGy y por último en las gónadas las exploraciones radiográficas dentales producen una dosis genéticamente insignificante de sólo 1.0 uGy.

Es interesante realizar una comparación directa de los valores descritos previamente con el fin de estimar el riesgo. Sin embargo, la afirmación de que una radiografía periapical dental deposita 10 veces más radiación que otra de tórax no es del todo cierta, debido a las diferencias entre el área expuesta y los órganos críticos. Mediante el cálculo del método de la E se ha comprobado que una exploración total de la boca con 20 placas realizadas con métodos optimizados para la dosis genera menos de la mitad de la cantidad de radiación que una placa simple de tórax. (39)

Un colimador en una barra metálica con una apertura en el centro que se utiliza para reducir el tamaño del haz de rayos X y con ellos el volumen de tejidos irradiados. En odontología los colimadores más utilizados son los redondos y los rectangulares. Los haces de rayos X dentales suelen estar colimados a un círculo de 7cm de diámetro. El colimador redondo es una gruesa placa de material radiopaco (habitualmente plomo) con una apertura circular centrada sobre el puerto en el cabezal del tubo de rayos X a través del cual emerge el haz de rayos X. Los colimadores rectangulares limitan en mayor medida el haz hasta un tamaño mayor que el de la película de rayos X.

El tamaño del haz debe reducirse al tamaño de la película que está siendo expuesta con el fin de reducir aún más la exposición innecesaria del paciente. El empleo de colimadores también mejora la calidad de la imagen. Cuando un haz de rayos X se dirige a un paciente, alrededor del 90% de los fotones de rayos X son absorbidos por los tejidos y el 10% pasan a través del paciente y alcanzan la película. (40)

Los equipos de rayos X se tiene muchas variaciones según sea el fabricante, pero todas consta de un tubo, brazo de posicionamiento, panel de control y circuito. Requisitos para que un equipo sea ideal que sea pequeño equilibrio estable del tubo funcionamiento sencillo y capas de película. El tubo tiene como componentes bloque de filamentos de vidrio, tubo de rayos x en cobre.

El lente necesario Step-Up por intensificar la tensión de Alimentación de 240 voltios para el tubo de alto voltaje (KV) necesario una a través de rayo-X. El paso es transformar lo necesario para bajar la tensión ELÉCTRICA de 240 voltios para calentar el filamento. (41)

1.4.2 MARCO LEGAL

Según la resolución N°008430 de 1993 (4 de Octubre de 1993); por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas en investigación en salud el estudio se considera con riesgo menor al mínimo. (42)

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la utilidad de las posibles barreras de protección física de acuerdo al nivel de radiación X de los aparatos radiológicos.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar el grado de radiación X dental en radiografías periapicales, utilizando barreras físicas tales como: el papel bond, la cartulina, corcho y lámina de plomo.

- ✓ Identificar el grado de radiación X dental en radiografías periapicales a diferentes distancias objeto-película.
- ✓ Establecer la barrera física de menor radiación X en la toma de radiografías periapicales.

CAPITULO II

2.1. TIPO DE ESTUDIO

Observacional Descriptivo Transversal Exploratorio

2.2. OBJETO DE ESTUDIO

Grado de radiación X en radiografías periapicales de acuerdo a las diferentes barreras físicas.

2.3. MATERIAL OBJETO DE ESTUDIO

Barreras físicas de protección tales como el papel bond, la cartulina, el corcho y lámina de plomo.

2.4. CRITERIOS DE SELECCIÓN

2.4.1. Criterios de Inclusión

- ✓ Radiografías periapicales Kodak ® de aleta morada.

- ✓ Revelado automático para toda la muestra.
- ✓ Monedas de \$50.
- ✓ Distancia determinada para cada roma radiográfica.

2.4.2. Criterios de Exclusión

- ✓ Chaleco y collar tiroideo.

2.5. VARIABLES

VARIABLE	TIPO	ESCALA DE MEDICIÓN	RELACIÓN	OPERACIONALIZACIÓN
Distancia objeto- película	Cuantitativa	Continua	Dependiente	Cm
Barreras de protección física	Cualitativa	Nominal	Independiente	Plomo, cartulina, papel bond, corcho

2.6. PROCEDIMIENTO

2.6.1. Procedimiento calibración observadores

Para realizar la toma de las muestras se hizo necesario realizar un procedimiento de calibración de observadores, con base al Gold Standar; utilizando el Índice de Kappa con un resultado de 0.75.

A cada uno de los integrantes del grupo de investigadores, se le asignó de forma aleatoria la toma de 5 radiografías con diferentes distancias y materiales de acuerdo al instrumento de recolección de datos (ver instrumento).

Cada investigador de forma individual y en diferente tiempo tomó las radiografías en la unidad de rayos X del séptimo piso de la Clínica de la sede del centro e inmediatamente fueron reveladas utilizando el revelador automático (Peri Pro®) del Posgrado de Endodoncia.

Una vez tomadas y reveladas cada una de las radiografías se procedió a compararlas con las radiografías tomadas como control.

El investigador que más se acercó a las imágenes de control fue el designado para realizar la toma de la totalidad de las muestras.

Cabe anotar que el procedimiento de revelado fue automatizado, y una residente del Posgrado de Endodoncia fue la encargada de controlar el proceso de revelado de todas las imágenes.

2.6.2. Procedimiento recolección de las muestras

Diferentes materiales de acuerdo a su coeficiente de absorción son escogidos para este estudio: plomo, papel bond, cartulina y corcho. Cada material es cortado en cuadro de 1m² (cuadrado), con un espesor de 1mm y montado en marcos de madera de balsa. El plomo será recolectado de las láminas de radiografías tomadas en la institución y montadas y pegadas con colbón en un marco de cartulina.

Una vez armadas y montadas cada una de las barreras procedemos a llevarlas al cuarto de rayos X, ubicado en el 7 piso de de la Clínica de Pregrado sede Centro UNICOC utilizando el aparato de rayos X, marca IntraOs 70 el cual utiliza un colimador circular. De la misma manera el tiempo de exposición para cada una de las radiografías es de 0.7 segundos, que es el tiempo estándar utilizado para la toma de una radiografía periapical, las radiografías utilizadas para el estudio son kodak ® de aleta morada, velocidad E; a las cuales se adherirá una moneda de \$50 la cual hará las veces de objeto.

Cada barrera física (corcho, papel bond, plomo, cartulina,) serán colocadas a, diferente distancia focal (distancia existente entre la fuente y el objeto), medidas con un metro, y a diferente angulación con respecto a la fuente. (Ver instrumento de recolección de datos).

Una vez obtenidas las radiografías de acuerdo al instrumento de recolección de datos, cada radiografía es debidamente rotulada de acuerdo a la distancia focal, a la angulación y el tipo de barrera física.

Las radiografías son posteriormente llevadas al Postgrado de Endodoncia y reveladas mediante el revelador automático PERI-PRO. Una vez reveladas, las imágenes serán valoradas de acuerdo a su contraste, nitidez y definición.

2.7. INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DISTANCIA	20 cms			40 cms			60cms			80cms		
N° de tomas	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3
PLOMO (PL)												
CARTULINA (CT)												
PAPEL BOND(PB)												
CORCHO (CO)												

3. RESULTADOS

A las diferentes distancias objeto- película de 20 cms las barreras tales como (CT) (PB) (CO) tienen calidad de imagen buena.

En cuanto a las distancias de 60 y 80 cms la calidad de imagen se determina entre regular y mala, lo contrario a la calidad de imagen en distancia de 20 cms con las diferentes barreras.

El plomo tiene imagen de calidad mala y regular a diferentes distancias lo cual indica que la barrera es eficiente.

La cartulina tiene imagen de calidad regular y buena, lo cual indica que la barrera es deficiente.

La mayor diferencia de calidad de imagen se observó en la barrera de (PB) a diferentes distancias.

Las barreras tales como (CT) (PB) (CO) mostraron calidad de imagen regular a distancias de 60 y 80 cms.

La barrera de protección (PL) demostró mayor eficiencia de acuerdo al contraste de las radiografías.

Las barreras de protección (CT) (PB) (CO) podrían llegar a ser eficientes porque su calidad de imagen es regular.

Las diferentes distancias objeto-película pudieron dar un calidad de imagen variada.

4. DISCUSIÓN

La radiación ha tenido una amplia utilidad en el área de la odontología como herramienta en el diagnóstico de los pacientes, no obstante se le atribuyen también efectos adversos importantes y dentro de estos se pueden encontrar los efectos biológicos que según Goaz (2002), son aquellos consecuentes a la radiación y que se observan algún tiempo después de recibida esta, constituyen efectos secundarios porque son resultado de acciones físicas, químicas y biológicas puestas en movimiento por la absorción de esta energía. El coeficiente de absorción es bajo en la toma de una radiografía dental periapical, por lo tanto para que se observe alguna manifestación de un efecto biológico en un paciente, este necesitaría recibir dosis muy altas.

Una forma de prevenir estos efectos son las barreras de protección física, White (2009) reporta el uso del chaleco de plomo, collar tiroideo, paredes de cemento y puertas de madera; y Miles (1992) menciona que el delantal de primacia reduce exposición de los órganos reproductores y los tejidos hematopoyéticos y órganos, el cuello tiroideo o escudo reducirán exposición de esta estructura radiosensitiva en un 50%. En el estudio realizado se evidencia que pueden existir y evaluarse otro tipo de barreras físicas, frente a las cuales la dosis recibida por el paciente en la toma de radiografías intraorales periapicales es suficiente.

El National Council on Radiation Protection (NCRP) y la Internacional Commission on Radiological Protection (ICRP) Pharoah (2009), describen que los delantales con plomo no son necesarios porque es mucho más importante que la protección del paciente haga hincapié en la reducción de la exposición. Investigaciones recientes han demostrado que los riesgos durante la exposición en la toma de radiografías dentales es mínima.

De acuerdo a estas barreras y al análisis de la muestra del estudio, las barreras tales como el corcho (CO) y la cartulina (CT) servirían como una segunda barrera de protección física.

Es interesante que el estudio continúe y logre avances que permitan determinar barreras de protección física alternativas, que por supuesto cumplan la función deseada.

5. CONCLUSIONES

Se valoró que las barreras tales como corcho (CO) y cartulina (CT), servirían como una segunda barrera de protección física, ya que la calidad de la imagen es semejante a la obtenida con el plomo.

Se analizó que el papel bond (PB) no funcionaría como barrera de protección física, ya que el rayo X dental atraviesa este, ocasionando riesgos en los tejidos.

Se verificó que el plomo es la barrera de protección física indicada, ya que el grado de contraste obtenido en la imagen es el referenciado en la literatura.

6. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar estudios que sigan parámetros más sólidos en cuanto a la evaluación de las barreras de protección física.

BIBLIOGRAFÍA

BENCHIMOL D, NASSTROM k, SHI XQ. Evaluation of automatic exposure control in a direct digital intraoral system. Dentomaxillofacial Radiology. 2009. Vol. 38, p. 407-12.

GIBILISCO J. Diagnóstico Radiológico en Odontología. 5 ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial Médica Panamericana, 1987. 5-15, 514, 515, 516, 517 p.

GOAZ W, WHITE S. Radiología oral: principios e interpretación. 4 ed. Madrid, España: Ediciones Harcourt, 2002. 14-15, 47, 48, 49 p.

JOEN I, HANSEN L. Radiología Dental principios y técnicas. 2 ed. México: McGraw Hill Interamericana, 2002. 3-9 p.

MILES D, VAN DIS M, RAZMUS T. Principios básicos de radiología oral y maxilofacial. México: Harcourt Brace Jovanovich, Inc, 1992. 40, 44, 46, 47 p.

RAMOS O, VILLAREAL M. Radiobiología 7. 2007.174-77 p.

SOTELO G, ACOSTA H. Radiología bucal y maxilofacial. México: Mc Graw- Hill; 2005. 2, 3, 4, 5 p.

STAFNE E, GIBILISCO J. Diagnóstico Radiológico en Odontología. México: Editorial Médica Panamericana, 1978. 452-53 p.

WHITE S, PHAROAH M. Oral Radiology Principles and Interpretation, 6 ed. E.U.: Editorial Mosby Elsevier, 2009. 32-36, 37, 38 p.

WHAITES E. Essentials of dental radiography and radiology, 4 ed. España: 2007. 25-60, 61-74, 65-70 p.

_____ Elsevier Masson, 2008. 87-98 p.

Disponible en Internet:

<http://www.redsalud.gov.cl/portal/url/item/7f2d789a9750153be04001011f012d29.pdf>.

Disponible en Internet:

http://www.ionizantes.ciemat.es/adjuntos_documentos/ManualRadioproteccion.pdf

Revisado Julio 15 de 2010

Disponible en Internet:

<http://www.tsid.net/radioproteccion/radioproteccion.htm>

Revisado Julio 15 de 2010

Disponible en Internet:

<http://www.tsid.net/radioproteccion/radioproteccion.htm>

Revisado Julio 25 de 2010

Disponible en Internet:

http://www.dib.unal.edu.co/promocion/etica_res_8430_1993.pdf

Revisado Julio 25 de 2010

ANEXOS

Anexo A. Instrumento de recolección de datos

DISTANCIA	20 cms			40 cms			60cms			80cms		
N° de tomas	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3
PLOMO (PL)												
CARTULINA(CT)												
PAPEL BOND (PB)												
CORCHO (CO)												

ANEXOS

Anexo B. Tabla de resultados

DISTANCIA	20 cms			40 cms			60cms			80cms		
N° de tomas	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 1	Toma 2	Toma 3
PLOMO (PL)	Regular	Regular	Regular	Regular	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala	Mala
CARTULINA(CT)	Buena	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
PAPEL BOND (PB)	Buena	Buena	Buena	Mala	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
CORCHO (CO)	Buena	Buena	Buena	Regular	Regular			Regular	Regular	Regular	Regular	Regular