



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA PROFESIONAL DE ESTOMATOLOGÍA**

**“MÉTODOS PREVENTIVOS QUE SE USAN PARA DISMINUIR LA
EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN EN ODONTOLOGÍA:
UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA”**

**Tesis para optar el título de:
SEGUNDA ESPECIALIDAD EN RADIOLOGÍA BUCAL Y
MAXILOFACIAL**

Presentado por:

C.D. CINDY LORENA CLAROS RAMÍREZ

Asesor:

MG. GUSTAVO ADOLFO FIORI CHINCARO

Lima – Perú

2019

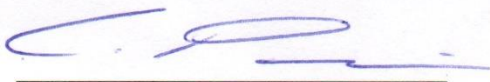
	Reglamento de Grados y Títulos	Código: SG-RE-001-V2	Emisión: junio 2015	Vigencia 25/06/15
---	--------------------------------	-------------------------	---------------------------	----------------------

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lima, a los **16** días del mes de **ABRIL** del **2019**, siendo las 9:10 horas, con la asistencia del Jurado de Tesis, Presidido por el **MG. CLAUDIO PEÑA SOTO**, los miembros del Jurado **ESP. HUGO AGUAYO OLIVARES** y **DR. LUIS ARRIOLA GUILLÉN** y el Asesor de la Tesis **MG. GUSTAVO FIORI CHINCARO**, la **C.D. CLAROS RAMÍREZ CINDY LORENA**, autora de la tesis Titulada: **“MÉTODOS PREVENTIVOS QUE SE USAN PARA DISMINUIR LA EXPOSICIÓN A LA RADIACIÓN EN ODONTOLOGÍA: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA”**, con el fin de optar el Título de Segunda Especialidad en **RADIOLOGÍA BUCAL Y MAXILOFACIAL**.

Concluida la exposición, se procedió a la evaluación y deliberación por parte del Jurado correspondiente, habiendo sido APROBADA con el calificativo de MUY BUENA (16).

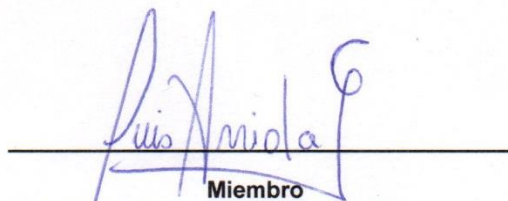
Se extiende la presente acta en tres originales y siendo las 9:50 horas, se da por concluido el Acto Académico de Sustentación.



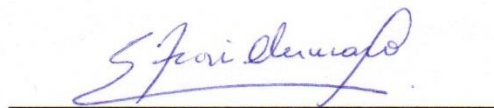
Presidente
MG. CLAUDIO PEÑA SOTO
DNI: 40734662



Miembro
ESP. HUGO AGUAYO OLIVARES
DNI: 07728473



Miembro
DR. LUIS ARRIOLA GUILLÉN
DNI: 40990364



Asesor
MG. GUSTAVO FIORI CHINCARO
DNI: 07845764

Dedicatoria

A Dios por darme una oportunidad de avanzar en mi profesión y a mi familia por el apoyo incondicional.

Agradecimientos

A la Universidad Científica del Sur por sus aportes educativos y a mi asesor Doctor Gustavo Fiori por su contribución de conocimiento para la realización de la revisión de la literatura.

Al Doctor Alejandro Hidalgo por su apoyo incondicional en el desarrollo de este trabajo.

RESUMEN

Objetivo: Conocer la literatura actualizada de los métodos preventivos que se usan para disminuir la exposición a la radiación en odontología.

Metodología: Mediante la revisión bibliográfica, se evalúan aspectos relacionados con radiaciones electromagnéticas y los efectos que puede tener una persona. Cuando está expuesta a radiación ionizante por un determinado tiempo y a cierta dosis determinada los cuales pueden ocasionar hasta la muerte. Por esta razón se debe llevar a cabo un protocolo para protección radiológica que se base en los principios básicos sobre los que se debe trabajar como lo es la justificación, optimización y limitación de la dosis. y tener en cuenta medidas preventivas para la sala donde está el equipo de rayos X. Para los operadores del centro radiológico y para los pacientes que se van a irradiar.

Conclusiones: En esta revisión de la literatura se definen términos de los lineamientos en protección radiológica que deben tener las salas de los centros radiológicos. Los operadores y los pacientes ya que es responsabilidad de toda el área de radiología poner en práctica los protocolos que se llevan a cabo para minimizar el riesgo. El mantenimiento de los equipos de rayos x, los dispositivos de protección y elección de receptores. Se debe tener en cuenta que el riesgo que tenga el paciente no se acepta si no tiene un beneficio para la persona.

Palabras clave: Radiación ionizante, protección radiológica, efectos determinísticos, efectos estocásticos, blindaje, dosis de radiación

ABSTRACT

Objective: To know the updated literature of preventive methods used to reduce exposure to radiation in dentistry.

Methodology: Through the literature review, aspects related to electromagnetic radiation are evaluated and the effects that a person can have when exposed to ionizing radiation for a certain time and at a certain dose which can lead to death. For this reason, it must be carried out a protocol for radiological protection based on the basic principles on which to work, such as the justification, optimization and limitation of the dose and take into account preventive measures for the room where the x-ray equipment is located, for the operators of the radiological center and for the patients who are going to irradiate.

Conclusions: This review of the literature defines terms of guidelines for radiological protection that radiological rooms, operators and patients should have as it is the responsibility of the entire radiology area to implement protocols that are carried out performed to minimize the risk. Maintenance of x-ray equipment, protection devices and choice of receivers. It must be taken into account that the risk the patient has is not accepted if it does not have a benefit for the person.

Key words: Ionizing radiation, radiological protection, deterministic effects, stochastic effects, shielding, radiation dose.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 1895 a los 14 días que se dan a conocer los rayos x por el físico alemán Wilhelm Conrad Röntgen, el señor Friedrich Otto Walkhoff toma la primera radiografía dental. Posteriormente, en 1896 informó los signos y síntomas como pérdida de cabello a las personas que tuvieron exposición a los rayos X. Desde entonces se reportan los efectos que tiene la radiación en el cuerpo humano, también se evalúan los casos de personas que tuvieron una exposición directa a los rayos X y presentaron alguna afectación como eritemas, alopecia, problemas de piel, inflamación, quemaduras, disminución del crecimiento de las uñas, entre otros.¹⁻³

Una persona que tenga una exposición directa con los rayos X que supere cierto umbral de dosis de radiación podría tener signos y síntomas característicos. Éstos se verán reflejados en un periodo de tiempo corto llamados efectos determinísticos. También los efectos de la radiación se pueden mostrar con los años por medio de patologías graves. No todas las personas expuestas manifiestan signos y síntomas sino que dependen del azar llamados efectos estocásticos. Entre todas las personas que se someten a radiación artificial, la población médica es de las más afectadas.⁴

El personal ocupacionalmente expuesto debe estar capacitado para el desarrollo de guías que garanticen una adecuada prestación del servicio por parte de los empleados. Y así garantizar la seguridad para los pacientes que se realizan las radiografías. El personal ocupacionalmente expuesto debe cumplir con las medidas de protección personal como el uso de dosímetros que miden la radiación a la que son expuestos.⁵

La infraestructura debe cumplir con ciertos requisitos como la distancia a la que debe accionar el equipo y demás procedimientos que garanticen una mínima exposición anual para el operador. Además se debe realizar y aplicar un protocolo para la disposición final

de los residuos en el centro radiológico como los líquidos de revelado, placas de acetatos y las láminas de plomo. Con el fin de evitar contaminación a la población en general.^{6 7-9}

Se hace necesario conocer y aplicar la protección en radiación para prevenir a la población expuesta de la radiación ionizante de presentar un riesgo a su salud. Un paciente que se realiza un examen radiográfico, por sencillo que sea, debe tener los elementos básicos de protección. Entre estas se encuentran: el uso de delantal plomado o protectores tiroideos de acuerdo al examen que se realice.

Existen entidades responsables tanto de vigilar como de controlar que se cumpla con la normatividad que tiene cada país con el fin de proteger a las personas de una excesiva exposición a radiación ionizante y evitar cualquier tipo de riesgo. La Comisión Internacional de Protección Radiológica CIRP (International Commission on radiological protección) trabaja con todos los aspectos relacionados de la seguridad del personal expuesto a las radiaciones ionizantes. Se enfoca en la prevención y medidas que se deben tomar con el fin de evitar al máximo cualquier alteración en salud de las personas, como son los efectos determinísticos y estocásticos.¹⁰⁻¹⁴

Desde el siglo XXI ha habido un aumento en los procedimientos de radiología dando lugar a muchos beneficios para la salud de los pacientes. Pero también este aumento lleva consigo un incremento en la exposición de rayos X. Por lo tanto deben ser respetados los principios básicos de protección radiológica teniendo en cuenta que la toma de un examen radiográfico implica un potencial de riesgo para el paciente. Por lo tanto el beneficio debe ser superior a este riesgo para que justifique el examen. Y controlar el aumento injustificado en el número de exposiciones a la radiación ionizante que se hacen. El personal ocupacionalmente expuesto debe trabajar con el concepto de la mínima dosis de radiación posible sin que se altere la calidad de la imagen.^{15, 16}

En odontología los rayos X se usan tanto para el diagnóstico como para la elaboración del plan de tratamiento la evaluación de estructuras anatómicas y de patologías. Es importante el uso de las radiografías ya sea en las técnicas extraorales o intraorales de acuerdo a las necesidades del profesional. Y aunque la dosis de radiación es baja las radiografías para cavidad oral se realizan con mucha frecuencia. Sin embargo cualquier riesgo por pequeño que sea no es aceptado si no tiene un beneficio para el paciente por lo tanto. Son suficientes para justificar la atención de las entidades responsables de la protección en radiología. El objetivo principal de estas entidades es verificar se apliquen las normas y medidas de protección que disminuyan la exposición a los pacientes.¹⁷⁻²¹

En algunos casos los dueños de centros radiológicos no llevan a cabo un programa de radioprotección que pueda prevenir riesgos. Ya sea para el paciente como para el personal ocupacionalmente expuesto o para cualquier persona relacionada a la radiación. Es por esto que esta revisión científica brinda la información básica necesaria para tener en cuenta en la prevención de exposición a la radiación ionizante.

El propósito de la presente investigación fue conocer y actualizar los métodos de protección radiológica en odontología. A través de una búsqueda bibliográfica actualizada.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer la literatura actualizada de los métodos preventivos que se usan para disminuir la exposición a la radiación en odontología.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Enunciar los posibles efectos de la radiación ionizante en la salud humana.
2. Describir las medidas de protección radiológica reportadas para las salas de centros radiológicos orales.
3. Reconocer las medidas que se implementan para proteger al paciente de la radiación ionizante.
4. Reconocer las medidas que se implementan para proteger al operador de la radiación ionizante.

TEMAS DE REVISIÓN

RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

La radiación electromagnética es la energía emitida por fuentes naturales o artificiales que se distribuye por el espacio hacia la materia y que puede ocasionar modificaciones en la estructura del átomo o dejarlo intacto de acuerdo con el tipo de radiación. Las radiaciones electromagnéticas se clasifican de acuerdo a su poder de penetración y su longitud de onda. Éstas actúan en las moléculas y átomos de acuerdo a la cantidad de energía. Se encuentra de manera natural (el sol, el cosmos, la tierra) o artificial (equipos fabricados por el hombre).

Entre las radiaciones electromagnéticas está la radiación gama, que tiene muy alta frecuencia, la cual está presente en la vía láctea y rayos cósmicos impulsados por el sol, las galaxias o isótopos radiactivos en minerales y rocas. Éstas poseen alto poder de penetración por lo cual puede causar daño al núcleo de las células, es por esto que su principal uso es para el proceso de esterilización.^{22, 23}

Las radiaciones electromagnéticas tienen múltiples aplicaciones a nivel mundial en las áreas de la salud, agricultura e industria. Se clasifican en radiación ionizante o no ionizante. La radiación no ionizante, está compuesta por ondas que producen excitaciones eléctricas, pero no modifican los electrones en los átomos de la materia, dependiendo de su frecuencia en las células se puede generar descomposición de calor, como por ejemplo los rayos ultravioletas, microondas e infrarrojos. La luz ultravioleta es un tipo de radiación que emite el sol, tiene varias utilidades en la medicina y sus ondas van desde 4 a 40 nanómetros (nm). También se encuentran las ondas microondas, cuyas longitudes de onda

están entre 1 mm a 30 cm, se usan para aparatos electrónicos, telecomunicaciones y armamentos. Mientras que las ondas de radio tienen longitudes de onda largas desde 1 m a 10 km.²³

La radiación ionizante puede modificar la estructura normal del átomo ocasionando daños a nivel celular, cambios en la división celular anormal o muerte de la célula. En este tipo de radiación se encuentra los rayos X, beta, gamma y alfa. Los rayos x se usan en el área de la salud para la toma de imágenes diagnósticas, de forma terapéutica, entre otras. No son perceptibles por el ojo humano, debido a su corta longitud en las ondas, ésta se encuentra entre 0,1 y 10 nanómetros (nm). Tienen la capacidad de atravesar los tejidos blandos en el cuerpo humano, pero no los huesos, ya que estos absorben este tipo de radiación y por esto se puede observar la imagen radiopaca en la radiografía. El límite de la dosis de radiación ionizante para el público en general es de 1 milliSievert por año (mSv/año) y del personal que labora en dicho campo es de 100 mSv/año durante un período consecutivo de cinco años, sujeto a una dosis efectiva máxima de 50 mSv en cualquier año oficial (Anexo 1 figura 1).²⁴

LA RADIOPROTECCIÓN

Desde el año 1896 se inició el reporte de los efectos que pueden producir los rayos X cuando las personas se exponen por periodos de tiempo prolongado. Cuando los niveles de radiación superan una determinada dosis son capaces de perjudicar a los seres humanos, se pueden presentar enfermedades malignas, daños en los tejidos y demás. Por esta razón es importante el cumplimiento de las normas básicas para radioprotección, realizadas por entidades a nivel nacional e internacional, encargadas de dar a conocer los riesgos de la radiación ionizante cuando es mal utilizada o se supera el límite de las dosis.

También estas entidades fomentan la prevención dirigida al mínimo riesgo de salud para el personal relacionado o expuesto a la radiación, ya que esta exposición solo se puede limitar en una mínima dosis permitida, pero no eliminarse completamente.²⁵

EFFECTOS DE LAS RADIACIONES IONIZANTES EN LA SALUD HUMANA

El personal ocupacionalmente expuesto debe seguir los parámetros establecidos por los entes internacionales con el fin de disminuir al máximo cualquier efecto, ya sea determinísticos o efectos estocásticos en las personas.

Efectos determinísticos: actualmente llamados reacciones tisulares, cuando la dosis de radiación aumenta y al poco tiempo la persona genera cambios inmediatos como procesos agudos, náuseas, eritema. Una lesión inducida por radiación ionizante se caracteriza por presentar endotelitis proliferativa en pequeños vasos. Estos efectos se pueden dar desde una dosis aproximada de 100 miliGray (mGy), bien sea por una dosis única pero aguda o en una exposición anual baja pero cotidiana. Las células se pueden ver afectadas en su función o la interacción entre ellas, que sobreviven en las diferentes líneas o se produce la muerte de estas.²⁶

Para un feto humano el umbral se encuentra entre 100 a 200 mGy para efectos determinísticos, y si hay una exposición igual o mayor a 500 mGy durante las 3 a 15 semanas podría haber riesgo de daño al sistema nervioso central o anomalías como retardo en el crecimiento. La incidencia de estos casos es muy baja. En el último trimestre del embarazo hay menor evidencia de malformaciones o retardo mental aunque si un riesgo carcinogénico pero falta evidencia científica para este tema.^{27, 28}

En una radiografía de aleta de mordida la radiación es de 0,005 mSv valor muy reducido para causar lesiones al organismo incluso con dosis menores a 100 mSv los efectos en la salud son valores muy bajos, sin embargo, existen los efectos estocásticos, que no dependen de la dosis sino del azar.⁷⁻⁹

Efectos estocásticos: Una persona que se exponga a la radiación ionizante (100mSv o menos) durante varios años podría presentar un efecto estocástico, carcinogénico o también denominado efecto heredable. Estos efectos son tardíos, al azar y están directamente relacionado con los siguientes cambios: se pueden presentar en las células, ya sea nivel del ácido desoxirribonucleico (ADN), en las bases de los nucleótidos, por roturas a nivel de monocatenario o en la doble cadena. En cualquiera de estos casos las células intentan reparar el daño en el ADN. En su gran mayoría logran remediar el deterioro, pero cuando la lesión no puede ser reparada la célula sufre una necrosis en unas pocas divisiones celulares, por lo tanto, el daño del ADN no se remediará completamente, inestabilizará el gen, lo que ayudaría a el progreso del cáncer.²⁹

Los efectos estocásticos también se pueden presentar en diversas lesiones a nivel del sistema circulatorio, como la insuficiencia cardiaca congestiva, accidente cerebrovascular o infarto de miocardio. Del mismo modo patologías que se desarrollan de acuerdo a la capacidad de respuesta que tenga cada persona, las condiciones de salud en las que se encuentre, el estilo de vida del paciente, hábitos, y la edad del mismo, el género y la sensibilidad genética.^{30, 31}

Los tejidos con mayor grado de renovación celular presentan mayor sensibilidad ante los rayos X tales como glándula tiroides, órganos reproductores, medula ósea y epitelio intestinal. La radiosensibilidad de los órganos se mide de acuerdo a la acción celular que

presenten. Los tejidos u órganos que se renuevan menos tienen más resistencia a la radiación (Anexo 2, Tabla 1).³²

PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Con el fin de prevenir la exposición innecesaria de rayos X para pacientes y del personal que labora en los centros radiológicos, se utilizan diferentes métodos de protección. Estos métodos incluyen los equipos, la infraestructura y el protocolo de obtención de toma de las radiografías, que ayudan a que la exposición al haz de radiación no penetre los tejidos más susceptibles o que si hay exposición a los tejidos sea lo menos posible para el cuerpo humano.

En las radiaciones ionizantes, el profesional debe analizar cada situación teniendo en cuenta los principios para protección radiológica establecidos por la Comisión Internacional de Protección Radiológica: justificación, optimización, limitación de dosis.

a) Justificación, en cualquier práctica de salud que exponga al paciente a radiación ionizante el profesional debe evaluar el riesgo/beneficio. Si hay un caso de exposición a la radiación que no tenga beneficio para la salud en una persona no vale la pena someterlo a un posible riesgo. Este principio se usa con el fin de proteger al paciente. Aun cuando los niveles de radiación son bajos, los odontólogos deben seleccionar específicamente la radiografía de acuerdo a cada caso. Si el paciente es remitido o consulta por primera vez el profesional de salud oral deberá hacer un intento de obtener información, esto incluye indagar por imágenes diagnósticas recientes con el profesional anterior del paciente. Solo se realizarán exámenes radiográficos cuando lo amerite el historial del paciente, examen o hallazgos de laboratorio.³³⁻³⁵

b) Optimización, prestar un servicio en el cual se garantice disminuir la dosis absorbida siempre y cuando sea posible cumplir el propósito del diagnóstico para beneficio del paciente. Se debe tener en cuenta que el manejo y cambio de dosis se realiza con el fin de realizar tomas e imágenes de buena calidad con la mínima dosis posible ya sea en niños o adultos jóvenes. Para disminuir al máximo cualquier tipo de riesgo para la salud del paciente, sin que se pierda la información para el diagnóstico.

La directiva 97/ 43 de la Comunidad Europea de la Energía Atómica (EURATOM) del consejo el 30/06/1997 introdujo el concepto ALARA es el acrónimo de “as low as reasonably achievable”, que habla de la reducción al mínimo de la dosis que se puede lograr. Establece los límites de dosis, para las personas que se relacionan con la radiación ionizante y recomienda una progresiva disminución de las dosis máximas permisibles.³⁶

37

c) Limitación de dosis: este principio se hace con el fin de proteger al operador si el procedimiento ya está justificado y optimizado, la dosis debe ser tan mínima como sea posible sin que altere sus intenciones.

Para la prevención de accidentes en radioprotección el equipo médico debe contar con capacitaciones y entrenamiento de una adecuada calificación para protección radiológica, y tener un sistema que controle e incentive a las buenas prácticas y corrija los errores.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA REPORTADAS PARA LAS SALAS DE CENTROS RADIOLÓGICOS ORALES

En radioprotección existen tres medidas básicas que se deben tener en cuenta para la parte operacional, que son el blindaje, la distancia y el tiempo.

El blindaje: es la barrera física que protege y se usa para disminuir un daño. Este reduce el área de radiación entre la persona y la fuente, si la distancia es menor se debe proporcionar una barrera física de protección, para realizarlo se usan materiales con buena capacidad de absorción como, por ejemplo, el concreto y el plomo.

La distancia: definida como el trayecto espacial que separa dos objetos, es de las medidas más prácticas y económicas que existen. Donde se reduce la exposición en un área de radiación. Así al doblar la distancia entre la fuente de emisión y persona se disminuye la dosis de exposición hasta una cuarta parte. Lo que explica La ley inversa del cuadrado de la distancia que se da en los fenómenos físicos. Cuando la intensidad del rayo es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que va del centro de donde proviene la radiación en el equipo y a mayor distancia menor es la capacidad del rayo a penetrar el tejido. Esta propiedad se da en casos como la luz, el sonido, campos eléctricos y radiación ionizante. El personal ocupacionalmente expuesto debe estar a 2 metros de distancia mínima partiendo de la cabeza del tubo^{38, 39}. Para una radiografía intraoral la distancia no debe ser menor 40 cm.⁴⁰ (Anexo 3, figura 2.)

El tiempo: entre menos tiempo está expuesta una persona a los rayos x, recibe menos exposición a la radiación. Siempre se debe tener en cuenta la disminución del tiempo para reducir la exposición a la radiación y así mismo una menor dosis absorbida sin que se altere la calidad del examen radiográfico.

Los tipos de radiación se clasifican en primarios (es la radiación que se orienta directo desde el tubo del equipo de rayos X al paciente) y secundarios (radiación que se dispersa), para protegerse de los rayos X se deben tener en cuenta tres reglas básicas como lo son:

a) Disminuir la carga de trabajo en la radiografía por medio de la reducción en la exposición de la toma y de los factores de exposición. b) Uso de materiales para la protección que eviten o disminuyan la penetración del rayo X. c) Conservar una distancia que evite la fuente de los rayos X⁴¹. Una persona común recibe alrededor de 100 rem o 1 mSv en radiación natural al año. Como este valor es mínimo, las medidas de protección radiológica se realizan para la radiación hecha por el hombre y no para la radiación natural.

También se deben tener en cuenta para protección radiológica, los equipos que manejen y su nivel energético, de acuerdo a esto se debe mantener un espacio de trabajo y la instalación de estos para lograr así la disminución de las dosis de exposición del personal que labora en el centro radiológico.⁴²

Para la instalación de los equipos de rayos X, su rendimiento y la forma de usar los equipos, se deben establecer protocolos de manejo, mantener el kilovoltaje y miliamperaje tan bajo como sea posible, así se disminuyen las exposiciones tanto del paciente como de los empleados.

Teniendo en cuenta que la protección del paciente y la mínima exposición posible es lo que se debe buscar al momento de la toma de una radiografía y/o tomografía se debe tener en cuenta que en el mercado existen dos tipos de equipos. Los que tienen un haz de rayos X constante y los que tienen un haz de rayos X pulsado. Estos últimos disminuyen la dosis que se aplica para el paciente sin alterar la calidad de la imagen, por esta razón es mejor utilizar un equipo de radiación pulsado como medida de protección.⁴³

UNIDADES Y MEDIDAS RADIOLÓGICAS

Dentro de las unidades tradicionales establecidas por el sistema internacional de unidades existen el Röntgen haciendo alusión al científico que produjo los rayos X Wilhelm Röntgen. Es una unidad de medida tradicional que mide la radiación en el aire antes de que entre en el cuerpo. El rad que también es una unidad de medida tradicional y ahora es conocido como el Gray mide la energía absorbida por el cuerpo llamada dosis absorbida. Y el rem es una unidad internacional reemplazada ahora por el Sievert es la unidad que mide los efectos biológicos de los diferentes tipos de radiación en el cuerpo de una persona llamada dosis efectiva.

El sievert tiene una subunidad llamada milisievert que es la milésima parte del sievert (mSv) y otra subunidad del sievert que es el microsievert la millonésima parte del sievert (1 μ Sv). La radiología odontológica maneja dosis de radiación anual para el paciente aproximadamente 0,02mSv al año (0,5%) sin embargo se debe tomar medidas preventivas.⁴⁴

En 1950 fueron establecidas las unidades y medidas radiológicas por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (CIPR) y la Comisión Internacional de Unidades y Medidas Radiológicas (CIUMR). Puesto que identificaron que las dosis aumentadas de radiación ionizante generaban lesiones a nivel de piel, ojos, sangre, alteraciones en la fecundidad y enfermedades malignas a las generaciones siguientes de personas que estaban irradiadas. Por esto tomaron restricciones en la dosis de 0,3 Röntgen por semana para personas que trabajaban con radiación ionizante.

En 1953 la CIUMR aconsejó que la dosis de energía absorbida debería ser tomada en cuenta e implementó la que mide la de una persona denominada RAD. Un año más tarde

se implantó el Röntgen Equivalente Humano (REM) como la dosis que se absorbe al cuerpo y se distribuye.

En 1966 agregaron los límites permitidos de rayos X durante una semana para los órganos más susceptibles tales como, piel, órganos hematógenos, ojos y gónadas, lo admitido fueron 0,6 expresados en Röntgen. En 1959 para trabajadores mayores a 18 años se estableció un rango de 0,1 a 3 REM en 13 semanas seguidas y para empleados no expuestos 1,5 REM al año. Para pacientes 0,5 REM, con esta medida las personas no tendrían lesiones aunque estuvieran expuestas al límite de la dosis por años (Anexo 4 Tabla 2)⁴⁵.

En 1970 se iniciaron estudios acerca de la susceptibilidad a la radiación del feto humano. En 1975 la Comisión Internacional sobre Protección a la Radiación (CIRP) planteo una cantidad de dosis de radiación, para examinar el deterioro de la salud por la exposición a dosis bajas de radiación ionizante. En 1977 se habló por primera vez de los efectos probabilísticos y estocásticos, por último, en 1978 la dosificación para un empleado expuesto a radiación era de 5 REM equivalente a 50 miliSievert (mSv).^{46, 47} En 1990 Antes conocida como dosis equivalente y después llamada dosis efectiva.

DOSIS LÍMITE

Las dosis límite es la mínima dosis que hay donde la probabilidad al daño en el cuerpo humano muy reducida. En el año las dosis límite son diferentes para el personal que labora en radiología o distinto en los límites de dosis para mujeres en edad de engendrar o mujeres en embarazo o menores de edad o personal practicante. O de acuerdo al área anatómica de acuerdo a la radiosensibilidad de cada parte del cuerpo⁴⁸. Cuando la mujer se encuentra en embarazo y hace parte del personal ocupacionalmente expuesto, se debe garantizar que el feto o embrión no reciban más de 1 mSv hasta el final de su embarazo.

Según la CIPR de 2007, las dosis efectivas para las radiografías son, radiografía panorámica es 13 μSv , radiografía cefalométrica 1-3 μSv , radiografía periapical 1-8 μSv , la radiografía oclusal 8 μSv . En la tomografía computarizada de haz cónico, existe una dosis aumentada al paciente en comparación con una radiografía panorámica por un factor de 5-16.⁴⁹⁻⁵¹

La dosis máxima permisible para pacientes es de 1 mSv, para el personal ocupacionalmente expuesto es de 20 mSv y para el personal relacionado al centro radiológico es de 6 mSv. Y la dosis máxima permisible para público en general donde sea cercano a la radiación es de 1 mSv, para niños o embarazadas es de 1 mSv.⁵²

LAS BARRERAS FÍSICAS

Las barreras físicas son las que atenúan el haz de radiación. Es responsabilidad del personal directivo de cada institución que previamente deben ser asesorados por las autoridades reguladoras para que cumplan con los requisitos que indican. Partiendo de la base ética de reducir al máximo cualquier riesgo para el paciente y personal ocupacionalmente expuesto⁴⁵. Las barreras físicas se clasifican en primarias y secundarias.

BARRERAS DE PROTECCIÓN PRIMARIA

Toda estructura que disminuye la radiación es considerada barrera primaria. Las barreras de protección primaria deben tener la aprobación del personal calificado que certifique que la distribución, ubicación y calidad de la sala se encuentre en las mejores condiciones.

Las barreras de protección primaria Garantizan la seguridad del personal

ocupacionalmente expuesto para que no reciba una dosis efectiva superior a 100mSv cada 5 años aproximadamente 20 mSv por cada año y no más de 50 mSv por año para empleados. Y para pacientes una dosis efectiva de 1mSv en un año. Entre las barreras primarias que se deben tener en cuenta para una sala de rayos X está: el blindaje de puertas y marcos, el vidrio plomado, el acrílico plomado, y el piso.

Blindaje de las puertas como de los marcos: Deben tener en su interior láminas de plomo para evitar fugas de radiación.

Vidrio plomado: Se usa para que no pasen los rayos x al otro lado de la sala el cual cuenta con una medida específica en milímetros de plomo equivalente a un kilovoltaje en especial. por lo tanto el grosor del vidrio debe ser proporcional al kilovoltaje que se maneje.

Ventanas en acrílico plomado: Se usan con diferentes medidas de grosor y cantidad de plomo de acuerdo a la cantidad de radiación que se vaya a usar.

El piso: Existen varios tipos de materiales como el concreto o el hormigón este es normalmente usado para construcciones con una densidad de $2,4 \times 10,3 \text{ kg m}^3$. También se puede conseguir hormigón de menor densidad por lo tanto más liviano. El espesor de la pared evitara el paso de los rayos X en la sala de toma de imágenes, debe ser de 45 mm para que dé un factor de atenuación de 0,1 si se usa 150 kV. Inclusive existen materiales que tienen un mejor resultado cuando se habla de atenuar los rayos.

Es importante que las barreras de protección primaria de toda la sala no tengan cañerías o conductos de ventilación por donde pueda haber fuga de radiación. Entre las características de los metales que sirven como barrera primaria para las radiaciones ionizantes se debe considerar su número atómico el cual debe ser alto por ejemplo el

plomo que tiene 82 unidades.⁵³⁻⁵⁵ También existen materiales como el concreto, la barita y el hormigón. Éstos deben cumplir con características específicas para que el blindaje sea eficaz. Se pueden evaluar las curvas de transmisión del haz que se usan para identificar la eficiencia en el blindaje del haz de radiación para cada material y las propiedades de dichos elementos. Con el fin de conocer a fondo los materiales para blindaje y que se puedan usar para protección de paredes. El hormigón atenúa el haz de radiación y es económico se puede mezclar con otros materiales tales como. Granos de hematita o acero para aumentar sus propiedades de blindaje además de favorecer su manipulación.^{54, 56}

También existen materiales con nanotecnología como las nanopartículas de bismuto con una matriz polimérica. Que tiene la propiedad de bloquear el rayo x esto se da por el empaquetamiento cerrado de las nanopartículas y la distribución de estas dentro del polímero cuando entra el haz de radiación.^{57, 58}

Paredes interiores: de las áreas donde la radiación ionizante es baja se encuentra el yeso o la madera sobre el cual se puede apoyar una placa de plomo. El yeso o la madera se utilizan por economía y sirven de acuerdo a la carga laboral es más fácil y rápido de trabajar. Estas planchas de plomo son puestas entre láminas de yeso o madera y se deben atornillar para que se soporte el peso y dejar bien justas una lámina de otra y deben tener una superposición de no menos de 1 centímetro. Para evitar fugas en la radiación. También se usan ladrillos o bloques de concreto para evitar el paso de los rayos X. La altura del blindaje debe ser como mínimo de 2,1 metros pero este valor puede cambiar de acuerdo al tamaño del equipo o de las salas, de acuerdo a la normatividad vigente para cada país.^{54, 59}

Además del plomo se han investigado otros elementos metálicos que atenúan los rayos X tales como, bismuto, tungsteno, cadmio, indio, estaño, gadolinio, cerio, cesio, bario, antimonio. También se han evaluado compuestos con dichos elementos como el sulfato de bario, para sustituir las láminas de plomo. Lo fundamental es que el material atenuador se posicione adecuadamente para mejorar la eficacia del blindaje. Hay mezclas como silicio, caucho, bario, tungsteno, bismuto, silicio, molibdeno de un grosor que equivale a 0,3 mm de plomo que ofrecen un blindaje aceptable con porosidad mayor a 20% y empaquetamiento de 30%. Cuando se ha evaluado la disminución de la intensidad de los rayos X se ha encontrado que el bario tiene mayor atenuación que el plomo desde 38 KeV hasta los 85 KeV. Los materiales atenuadores se mezclan con plomo en la mayoría de las veces y este es un material altamente toxico. Es por esto que se hace importante reemplazarlo por materiales que generen efectos de atenuación de rayos X. Entre los obstáculos para elegir estos materiales esta su alto costo.⁶⁰

BARRERAS DE PROTECCIÓN SECUNDARIAS

Las barreras secundarias son consideradas todas aquellas medidas para disminuir la exposición a la radiación dispersa (es la parte de la radiación que interactúa con el objeto y rebota en otras direcciones) y la radiación de fuga (salida de radiación por otros lugares, ya sea por falla en el blindaje de los equipos o defecto de antigüedad de los mismos) y como:

Ubicación del equipo: En la sala de rayos X es fundamental, se deben evaluar aspectos como la dirección del haz de radiación, la distancia del equipo y la cantidad de tubos.

Manejo de dosis de los equipos: Se realiza con el fin de obtener tomas e imágenes de calidad con la mínima dosis posible ya sea en niños o adultos, para así disminuir al máximo cualquier tipo de riesgo en la salud del paciente. De la misma manera, para que un equipo de rayos X emita una dosis de radiación baja se debe disminuir el kilovoltaje y miliamperaje en el menor tiempo posible, así se disminuirá la radiación dispersa y de fuga.⁶¹⁻⁶³

Cabeza del tubo: No puede tener oscilaciones debe estar libre de averías que puedan ocasionar una disminución de la calidad de la imagen o repetir la toma de la radiografía. Además el operador nunca debe sostener la cabeza del tubo durante el proceso de exposición ya que puede tener una dosis de radiación innecesaria. Si se trata de un paciente no colaborador se debe pedir la ayuda a un familiar que contribuya a sostener la placa o mantener quieto al paciente y facilitar el proceso de la toma de la radiografía. y la distancia entre la fuente y el receptor debe ser la más reducida posible.

Receptor de imagen: para radiografías intraorales como la película D no es aconsejable ya que tiene una velocidad lenta y requiere más tiempo de exposición. Por el contrario, se acepta una película de velocidad rápida que no requiera más tiempo de radiación. Se aconsejan la película de velocidad E o los receptores digitales o películas de velocidad F. Las películas de velocidad lenta no son recomendadas porque aumentan la dosis absorbida de los rayos X en la piel del paciente. Es por esto que se recomienda una película de pantalla de alta velocidad desde 400 ISO o superior. Estas películas contienen cristales haloideos de plata en la emulsión más grandes lo que permite reducir la exposición a la radiación en 20% a 60% aproximadamente si lo comparamos con una película de velocidad E o D. También existen los sistemas de imágenes digitales que

proporcionen más agilidad al proceso. El personal de la salud debe considerar el uso de la modalidad digital de las imágenes diagnósticas para la reducción de dosis de radiación y facilidad del proceso de almacenamiento, recuperación, y transferencia de información.⁴⁰

Colimador de forma rectangular: De acuerdo al Consejo Nacional de Protección y Medición de la Radiación para eliminar la radiación dispersa. Se debe usar un colimador. Éste es un dispositivo plomado ubicado en el cilindro del equipo de radiografías intraorales (periapicales, interproximal y aleta de mordida) el cual hace que el rayo X quede al tamaño preciso de la imagen del receptor. Es por esto que el diseño del equipo es importante.⁶⁴⁻⁶⁸

El haz de rayos X para la tomografía computarizada de haz cónico debe colimarse de tal forma que la dimensión vertical no sea mayor que la requerida para exponer el área clínica a estudiar. En ningún caso debe ser más grande la ventana del receptor de imagen, se debe considerar una tolerancia del 2% de distancia de la fuente al receptor⁶⁹ (Anexo 5, figura 3).

Cálculo del blindaje: Aconseja realizarlo en la sala de toma de rayos X de acuerdo a la distancia en la que se encuentra el equipo (Anexo 6, Tabla3). Dichas medidas aseguran la disminución de la exposición a radiaciones ionizantes para los pacientes que se realizan el examen radiográfico y para el personal que se encuentra relacionado cerca de la sala.

Filtros: Pueden disminuir la dosis de radiación hasta en un 14% sin que se altere la calidad de la imagen, en los equipos disponibles en el mercado se encuentran diferentes materiales como el cobre, aluminio o combinados. La filtración del haz se da por medio de la absorción de fotones con una menor energía de rayos X. Estos tienen menos valor

al momento del diagnóstico. También reduce la dosis de radiación a la piel, pero baja el contraste.

El filtro absorbe las radiaciones a tejidos blandos antes de que lleguen al cuerpo y las radiaciones útiles que son las más duras pasan a través del paciente y se produce la imagen en el receptor. Cuando los equipos se les retira el filtro, los rayos x son absorbidos por el cuerpo, produciendo una bruma difusa en la película, y causan daños biológicos (Anexo 7, Figura 4).

Blindaje del tubo: La carcasa le da mayor protección al operador contra la radiación de escape ⁷⁰ (Anexo 8, Figura 5). Se aconseja una filtración de 2,0 mm de aluminio para equipos que manejen 65kVp ya que no se pierde contraste a la imagen de la radiografía y se disminuye la dosis de radiación en un 24%. ⁷¹

MEDIDAS QUE SE IMPLEMENTAN PARA PROTEGER AL PACIENTE DE LA RADIACIÓN IONIZANTE.

Los odontólogos utilizan las radiografías como medio de diagnóstico para patologías a nivel de cavidad oral, seguir un tratamiento o evaluar el estado del paciente. Es por esto que las radiografías de la zona de los maxilares se consideran de las más comunes en todo el mundo y que usa niveles bajos de radiación. En comparación con una radiografía médica.⁷² La calidad de una radiografía es directamente proporcional a la magnitud de la dosis y a otros factores como posición del paciente y tiempo de exposición.

En radiología dental se usa el chaleco plomado para ciertos casos específicos como en un examen extraoral para un paciente en estado de embarazo, o para un familiar que este ayudando en la toma de la radiografía y que no tenga otro tipo de blindaje o protección

o para radiografías intraorales. La necesidad de la utilización del chaleco plomado dependerá de acuerdo a cada caso. Estos chalecos utilizan diferentes grosores de acuerdo al campo de radiación y el más convencional es el espesor de 0,25mm de plomo. Estos elementos de radioprotección deben tener un cuidado especial con el fin de aumentar su vida útil y su eficacia. Como, por ejemplo, mantener colgados los chalecos plomados cuando no se estén usando evitando el doblar, cambiar cada 2 años de acuerdo al uso y desinfectar y secar.^{73,74}

La utilización de delantales plomados no indica que nunca haya una exposición a los rayos X. No hay evidencia que indique la dosis de radiación al usar el delantal plomado a nivel abdominal o gonadal sea estadísticamente menor siempre y cuando se lleven a cabo todas las recomendaciones de toma de la imagen diagnóstica.⁷⁵

En el caso del uso del collar tiroideo en un examen panorámico no se ha mostrado un efecto de protección significativo. Ya que los nuevos equipos contienen colimadores de haz verticales con el fin de proteger la glándula tiroidea del haz primario de radiación.⁷⁶ Estudios demuestran el uso del collar tiroideo en niños, para tomografías de volumen grande disminuye la dosis absorbida en la glándula tiroidea, para una tomografía de volumen pequeño no es necesario el uso del collar tiroideo, por la acción del colimador en el equipo.⁷⁷

En el cuerpo se encuentran órganos más radiosensibles que otros y por lo tanto deben estar más protegidos. Como es el caso de la glándula tiroidea para un examen de tomografía computarizada de haz cónico o radiografías intraorales. El paciente debe tener una posición adecuada con el fin de exponer lo menos posible el haz primario de radiación y solo estar expuesto a radiación dispersa. Así la dosis absorbida en tiroidea es mínima si se compara otras estructuras anatómicas radiosensibles como cerebro o glándulas

salivales. Aunque la dosis efectiva en la glándula tiroides es importante por su radiosensibilidad y es por esto que el diseño del collar influye en el grado de la disminución de la dosis de radiación cuando se realicen tomografías de tamaño grande. El grosor de dicho collar tiroideo puede ser de 0,25mm o 0,50mm de plomo ya que se evidencia un blindaje similar en cada grosor.⁷⁸

A los pacientes que han sido expuestos a radiación ionizante ya sea de tipo odontológico o médico no se les lleva a cabo un seguimiento de la cantidad de radiación a la cual han sido expuestos. Sin embargo existen autores que señalan que es posible que estas dosis se acumulen dando lugar a una posible alta cantidad de radiación efectiva acumulada durante su vida y de acuerdo a su historial clínico. Diversos autores señalan que sería recomendable un programa específico que realice el seguimiento de la radiación que va llevando un paciente a lo largo de su vida. De esta manera se podría detectar cuando una persona ya está sobre un límite de radiación permitida o si sobrepasa los niveles y tomar medidas correctivas que prevengan un riesgo a la radiación.^{24, 79}

Los delantales plomados disminuyen la dosis absorbida que recibió el paciente cuando hay una exposición a la radiación sin blindajes de por medio. Se utilizan para pacientes o trabajadores expuestos o para familiares y generalmente se usan para estos delantales 0,25mm de grosor de plomo.⁷⁸ Los niños y jóvenes son una población más radiosensible y más aún en áreas como la tiroides que es uno de los órganos más susceptibles a la radiación y deben ser cuidados con protectores tiroideo. Algunos estudios mencionan que la dosis de radiación es disminuida por el uso del collar tiroideo.

También se debe tener en cuenta que cuando se realiza un examen de tomografía computarizada de haz cónico se debe disminuir el tamaño del campo de visión en lo

posible. Es decir que quede lo estrictamente necesario para lo que se va a evaluar de esta manera no se altera la calidad de la imagen y se reducen las dosis de radiación.⁸⁰

MEDIDAS QUE SE IMPLEMENTAN PARA PROTEGER AL OPERADOR DE LA RADIACIÓN IONIZANTE

De acuerdo con la normativa expuesta por el Consejo Nacional de Protección y Medición de Radiación en Europa donde expone el método de cálculo de blindaje. Como primera medida es importante determinar qué áreas de la institución son blindadas o cuáles no. De acuerdo a la ubicación del paciente o de empleado y el equipo que genera radiación ionizante. Estas áreas se clasifican en áreas controladas (se encuentra la sala de rayos X) y áreas no controladas (se encuentran cercana al equipo, pero son independientes. Por ejemplo baños, área administrativa, sala de espera) (Anexo 9, Tabla 4).⁸¹

Se ha demostrado que la predisposición del personal que realiza la toma radiografías al cambiar los parámetros de exposición de Kv, Ma, o tiempo para disminuir el ruido en una radiografía panorámica digital y tomografía es lo que ocasiona sobre exposición.^{79, 82}

Es importante implementar la señalización del área de exposición a los rayos X. y la advertencia de no exposición a la radiación para mujeres en embarazo que informe de una manera clara y específica a los pacientes el riesgo del área y advertencia de emisión de radiaciones.

Se debe contratar personal especializado en protección radiológica que determine las características adecuadas del blindaje de las salas de rayos X de acuerdo cada caso en

específico. Y que el personal ocupacionalmente expuesto no se exponga a la radiación de fuga o dispersa.

el personal que labora en el centro radiológico debe tener en cuenta el uso del dosímetro con el fin de llevar a cabo un control de dosis de radiación ionizante. Y tener una evaluación de la dosis efectiva que ha recibido durante un periodo de tiempo establecido. Ninguna persona ocupacionalmente expuesta debe tener una dosis efectiva mayor a 5 rem o 50mSv en un año.

Se deben realizar capacitaciones constantes donde se socialice acerca de la seguridad en radiología y que se ponga en práctica por parte de los operadores. Además expertos en el área que certifiquen las medidas de seguridad, blindaje y que garantice una mínima exposición de los rayos X. Se recomienda el uso del dosímetro para monitoreo de exposiciones ocupacionales individuales, lo ideal es que no superen una dosis efectiva anual de 1mSv y este mismo valor para empleadas en estado de embarazo. Se debe tener puesto el dosímetro cada vez que el personal ocupacionalmente expuesto este en una zona donde exista la presencia de radiaciones ionizantes, no exhibir el dosímetro al calor para que no cambien los resultados, y almacenarlos en un lugar oscuro y fresco, libre de radiaciones, cambiar el dosímetro en las fechas estipuladas por el proveedor.

DISCUSIÓN

En la presente revisión bibliográfica se exponen los efectos de la radiación ionizante . En concordancia con autores como Poppe, et al en su revisión científica donde aclararon que los efectos de la radiación dependerán de varios factores, no sólo, del tiempo de exposición sino de la magnitud de ésta, además el estudio realizado por Ludlow, et al, que concluyó acerca de la predisposición de las personas al daño biológico depende del género, edad, y sensibilidad genética, estos efectos no son predecibles ni cuantificables.^{31, 83, 84}

De acuerdo con Christner, et al, las dosis de radiación en odontología comparadas con las usadas en medicina son menores por la localización de la región que se irradia y al corto tiempo de exposición, pero su frecuente uso hace que el examen de diagnóstico para el área maxilofacial tenga gran relevancia.⁸⁵ Además del estudio de Ramos, et al, que comenta que cualquier riesgo por bajo que sea es inaceptable si no trae un beneficio mayor al paciente.¹⁷ Del mismo modo, Hans en el 2012 demostró que las dosis de radiación al ser modificadas no traen diferencias significativas a la calidad de la radiografía. Por lo tanto, se podría evaluar el caso con el fin de trabajar con las mínimas dosis de radiación posible cuando se realice una radiografía extraoral y así cumplir con los principios básicos de protección radiológica realizados por la CIPR sin que se altere la calidad de la imagen diagnóstica.^{33, 34}

Shetty et al, coinciden y discuten que existen factores relacionados con la distancia a la fuente de radiación, la temporalidad y protección del operador a la exposición, así como el correcto manejo del equipo utilizado, con su mantenimiento correspondiente.⁸⁶ Alonso et al, expusieron que la distancia desde la fuente de radiación al operador para la toma de una radiografía extraoral debe ser mínimo dos metros para evitar la exposición de la radiación dispersa.³⁹ Esta recomendación previene una exposición innecesaria a la

radiación ionizante. En un reporte realizado por Mupparapu en el 2003 indicó que la distancia entre el paciente y el foco para la toma de una radiografía intraoral debe ser como mínimo 40 cm.⁴⁰

Archer, et al, reportaron las propiedades de atenuación de diferentes materiales como el plomo, la madera, el yeso, acero y acrílico que son usados frecuentemente como barrera a la radiación primaria o secundaria, y que están disponibles en el mercado, además de la cobertura que pueden ofrecer de acuerdo con su alto número atómico o sus propiedades químicas⁵⁴. En un estudio realizado por Costa, et al, analizaron el concreto, la barita y el hormigón, encontraron más eficiente el concreto con granos de acero para el blindaje que otros materiales para las paredes y techo de los centros radiológicos.⁵⁶ Por lo tanto es importante elegir un material que asegure la no exposición a la radiación. Cada vez los materiales van evolucionando con respecto a sus propiedades, como muestra un estudio realizado por Li, et al. donde se analizaron las propiedades de las nanopartículas de bismuto con una matriz polimérica para bloquear el haz de radiación.⁵⁸

Tsapaki, discute el uso del delantal plomado de cobertura completa para el área odontológica, bajo el argumento de, una baja exposición a la radiación, lo que se considera interesante frente a la posible generación de imágenes fantasmas u otros artefactos, cuando se usa el delantal plomado convencional. Se sugiere sólo el uso del collar tiroideo (especialmente en jóvenes y niños).⁸⁷ Nortje, et al realizó un estudio de la eficacia de collar tiroideo y de delantal plomado con respecto a sus propiedades de blindaje en el cual reportan una mayor absorción de radiación cuando son utilizados que cuando no se usan.⁸⁸ Por otro lado, Wood, et al. y Bruce. et al. en sus respectivos estudios sugieren que un delantal de plomo con un grosor de 0,25mm es permeable a una prueba

de exposición directa.⁸⁹ Es posible que los niños tengan niveles de exposición más grandes que los adultos por lo tanto el uso del collar tiroideo es recomendado para esta etapa de la vida.⁹⁰

Kircos, et al, se refieren a los beneficios de la colimación rectangular y una buena velocidad de la película como lo es la velocidad E en una radiografía periapical. para una disminución en la dosis de radiación para el paciente como se menciona en la presente revisión bibliográfica.⁹¹ ⁴⁰ Por otro lado Christopher aconseja una filtración de aluminio con un espesor de 2,0 mm cuando de manejen equipos de 65kVp y no baja la calidad de la imagen en cuanto al contraste y con este tipo de filtración ayuda a disminuir las dosis de radiación.⁷¹

Por último, hay consideraciones que no se deben pasar por alto en ninguno de los casos tales como la no exposición de mujeres en estado de embarazo (menos 1mSv) ya que de acuerdo a un estudio realizado por Philippe, et al. En el cual se analizaron 1.117 mujeres en embarazo y que tuvieron una exposición a rayos x dentales por 0.4 miligray (mGy) de los cuales aproximadamente 336 tuvieron bajo peso al nacer ⁹². Contrario a lo que reportan Díaz, et al. En su estudio pues indico que las dosis de radiación en odontología son bajas para ocasionar daño al feto, sin embargo de debe usar el chaleco plomado por prevención y mayor seguridad.²⁸

Se espera que la presente revisión de la literatura sea útil para que el personal ocupacionalmente expuesto tenga una orientación generalizada en los principales temas de prevención en radiología.

CONCLUSIONES

1. Es responsabilidad de toda el área de radiología poner en práctica los protocolos que se llevan a cabo para minimizar el riesgo que trae una alta dosis de radiación. Como lo son efectos a corto plazo (mareos, náuseas, eritema quemazón en piel) o que se dan con el tiempo (como cáncer, enfermedades crónicas o heredables). Por esto se debe tener en cuenta que el riesgo que tenga el paciente al tomar un examen radiográfico maxilar no se acepta si no tiene un beneficio para la persona.
2. Es importante resaltar, qué áreas de la institución son blindadas o cuales no de acuerdo con la ubicación de paciente o de empleado y el equipo que genera radiación ionizante. Estas áreas se clasifican en áreas controladas (se encuentra la sala de rayos X) y áreas no controladas (se encuentra cercana al equipo, pero es independiente por ejemplo baños, área administrativa, sala de espera. Dentro de la medida que se usan para salas encontramos Las barreras físicas son las que atenúan el haz de radiación y se clasifican en primarias (como el techo, las paredes, puertas) y secundarias (toda estructura que disminuye la radiación).
3. Para la protección del paciente debemos tener en cuenta los tipos de radiación como primaria que va desde el tubo del equipo a el cuerpo. Y la radiación secundaria que es el tipo de radiación que se dispersa. Se recomienda el uso del delantal plomado para casos especiales, o para examen radiografía intraoral. Y se aconseja más el uso del collar tiroideo en niños o jóvenes para tomografías de volumen grandes ya que protege la glándula tiroides que es una de las más radiosensibles del cuerpo. Para los pacientes se debe tener en cuenta que existen tres reglas básicas como lo son: la reducción en la exposición de la toma y de los factores de exposición. El uso de materiales para la protección que eviten o

disminuyan la penetración del rayo X. y conservar una distancia que evite la fuente de los rayos X

4. El personal ocupacionalmente expuesto debe tener en cuenta los principios para protección radiológica establecidos que incluyen: justificación, optimización, limitación de dosis. Se puede limitar en una mínima dosis permitida, pero no eliminarse completamente. Además, existen medidas de protección personal, como lo es el uso del dosímetro que informe acerca de la cantidad de radiación ionizante a la que ha sido expuesto el empleado por un periodo de tiempo determinado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sansare K, Khanna V, Karjodkar F. Early victims of X-rays: a tribute and current perception. *Dentomaxillofacial Radiology* 2011;40(2):123-25.
2. Horner K, Islam M, Flygare L, Tsiklakis K, Whaites E. Basic principles for use of dental cone beam computed tomography: consensus guidelines of the European Academy of Dental and Maxillofacial Radiology. *Dentomaxillofacial Radiology* 2009;38(4):187-95.
3. Holroyd J, Gulson A. The radiation protection implications of the use of cone beam computed tomography (CBCT) in dentistry—what you need to know. Health Protection Agency, Leeds, UK 2009.
4. Wrixon AD. New ICRP recommendations. *Journal of radiological protection* 2008;28(2):161.
5. Velázquez M, Pombo M, Unzué L, et al. Exposición de las cardiólogas intervencionistas a radiaciones ionizantes durante el embarazo. ¿Realmente representa un riesgo para el feto? *Revista Española de Cardiología* 2017;70(07):606-08.
6. Ignacio A. Cuantificación de la dosis absorbida por medio de dosimetría termoluminiscente en radiología dental. *Revista odontológica mexicana* 2010;14:231-36.
7. Tirado-Amador LR. Uso controlado de los rayos X en la práctica odontológica. *Revista Ciencias de la Salud* 2015;13((01)):99-112.
8. Protección Radiológica SE. Comisión Internacional de Protección Radiológica. In: ICRP-60, editor; 1990.
9. Arias CF. La regulación de la protección radiológica y la función de las autoridades de salud. *Revista Panamericana de Salud Pública* 2006;20:188-97.
10. Jodar S, Alcaraz M, Martínez-Beneyto. Manejo de las radiaciones ionizantes en instalaciones dentales españolas: intraorales y panorámicos. *Avances en odontoestomatología* 2005;21(1):361-70.
11. León Martínez N. Consideraciones de seguridad en el diseño de un consultorio odontológico. *Acta Odontológica Venezolana* 2009;47(3):31-36.
12. Ochoa Cerrón KM. Relación entre el nivel de conocimiento y la actitud hacia la aplicación de normas de bioseguridad en radiología de los estudiantes de la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Lima 2013. 2014.
13. Zubeldia FF. Protección en radiología odontológica: Edicions Universitat Barcelona; 2012.
14. Cole J, Platten D. A comparison of shielding calculation methods for multi-slice computed tomography (CT) systems. *Journal of Radiological Protection* 2008;28(4):511.
15. Arias C, Borrás C, Castellanos Robayo J, et al. Organización, desarrollo, garantía de calidad y radioprotección en los servicios de radiología: imagenología y radioterapia: Organización Panamericana de la Salud; 1997.
16. Claumarchirant MP, Vidal JM, Arroyo CO, Arqués PB, Navarro AM. Aplicación de los factores de ponderación de la Comisión Internacional de Protección Radiológica 103 en el cálculo de la dosis efectiva asociada a las exploraciones de Medicina Nuclear. *Revista Española de Medicina Nuclear* 2010;29(3):114-21.
17. Ramos N O, Villarreal U M. Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. *Revista chilena de radiología* 2013;19:5-11.
18. Ludlow JB, Davies-Ludlow LE, White SC. Patient Risk Related to Common Dental Radiographic Examinations. *The Journal of the American Dental Association*;139(9):1237-43.
19. Ramos O, Villarreal M. Disminución de la dosis de radiación en el radiodiagnóstico. *Revista chilena de radiología* 2013;19(1):5-11.

20. Preece JW. NCRP Report No. 145, Radiation Protection in Dentistry; Analysis of selected recommendations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics*;99(3):E27.
21. Watanabe H, Noto K, Shohji T, et al. A new shielding calculation method for X-ray computed tomography regarding scattered radiation. *Radiological Physics and Technology* 2017;10(2):213-26.
22. Mahajan A, Singh M. Human health and electromagnetic radiations. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)* 2012;1(6).
23. Zamanian A, Hardiman C. Electromagnetic radiation and human health: A review of sources and effects. *High Frequency Electronics* 2005;4(3):16-26.
24. Fazel R, Krumholz HM, Wang Y, et al. Exposure to low-dose ionizing radiation from medical imaging procedures. *New England Journal of Medicine* 2009;361(9):849-57.
25. Martin C. Effective dose: how should it be applied to medical exposures? *The British journal of radiology* 2007;80(956):639-47.
26. Cascón A. Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. *Revista argentina de cardiología* 2009;77(2):123-28.
27. Pérez MdRyG, P.A. La protección del embrión durante el embarazo. Mitos y verdades. In: Presentado en el 13° Congreso Argentino de Biología y Medicina Nuclear BA, Argentina., editor. *Autoridad Regulatoria Nuclear Argentina Las nuevas recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP-84)*; 2-4 noviembre 2001.
28. Rosa María Díaz Romero MCC, José Fernando Terrazas Ríos, Carlos Edgar Canales Martínez. Actitudes que influyen en la demanda de servicios odontológicos durante la gestación. *Revista ADM Marzo-Abril 2001; Vol. LVIII, No. 2*; pp 68-73.
29. Brooks SL. Radiation Doses of Common Dental Radiographic Examinations: A Review. *International Journal of Oral Sciences and Dental Medicine* 2008.
30. Rajaraman P, Hauptmann M, Bouffler S, Wojcik A. Human individual radiation sensitivity and prospects for prediction. *Annals of the ICRP*;0(0):0146645318764091.
31. Ludlow J, Timothy R, Walker C, et al. Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology* 2014;44(1):20140197.
32. Galimany Masclans J. Verifique sus conocimientos sobre radioprotección. *Nursing*, 2008, vol. 26, num. 1, p. 60-63 2008.
33. Han S, Lee B, Shin G, et al. Dose area product measurement for diagnostic reference levels and analysis of patient dose in dental radiography. *Radiation protection dosimetry* 2011;150(4):523-31.
34. Dento-maxilo-facial r. *Protección Radiológica*.
35. Galimany J. Verifique sus conocimientos sobre radioprotección. *Nursing (Ed. española)* 2008;26(1):60-63.
36. Edison P, Chang PS, Toh GH, et al. Reducing radiation hazard opportunities in neonatal unit: quality improvement in radiation safety practices. *BMJ Open Qual* 2017;6(2):e000128.
37. Farman AG. ALARA still applies. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 2005;100(4):395-97.
38. Dehkordi FJ, Rasuli B, Mahmoud-Pashazadeh A. An evaluation of deviation from the international atomic energy agency-international commission on radiological protection proposed equation for calculation of radiation dose rate emanating from the patients with differentiated thyroid cancer undergoing radioiodine (I-131) therapy. *World journal of nuclear medicine* 2017;16(2):150.
39. J. a. Alonso DLS, A. Maxwell, G. P. McGill, G. C. Hart. Scattered radiation during fixation of hip fractures is distance alone enough protection? Published online: <https://doi.org/10.1302/0301-620x.83b6.0830815> 1 Aug 2001.

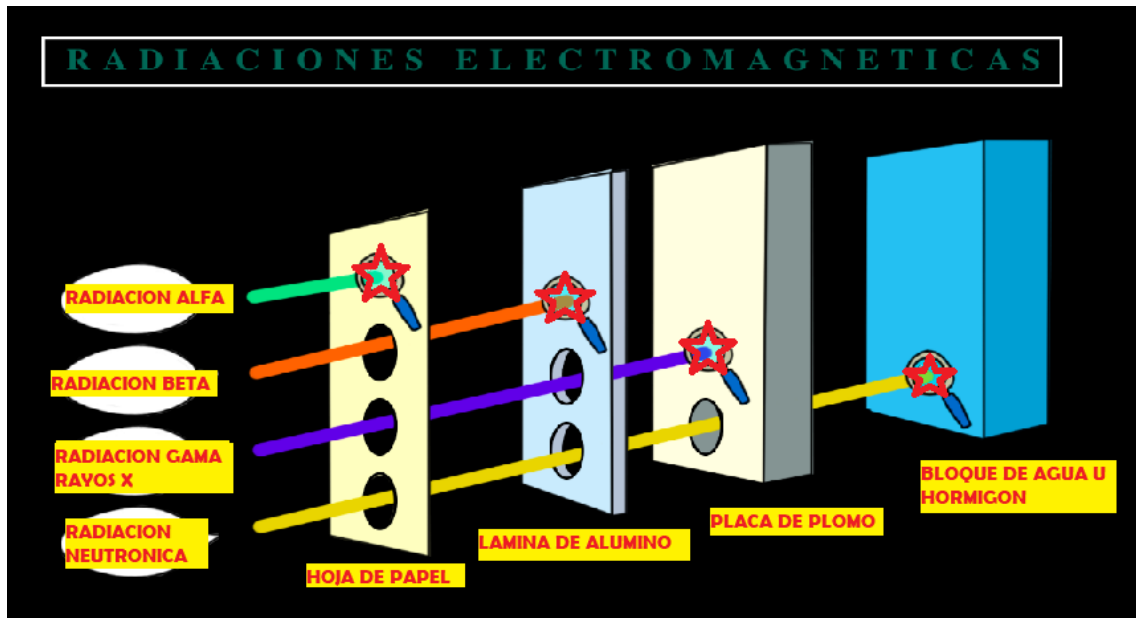
40. Mupparapu M. Radiation protection guidelines for the practicing orthodontist. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics* 2005;128(2):168-72.
41. Holroyd J. Measurement of scattered and transmitted x-rays from intra-oral and panoramic dental x-ray equipment. *Journal of Radiological Protection* 2018;38(2):793.
42. Delgado o fo, Leyton F, Rodríguez AM, Tagle S. Manual de protección radiológica y de buenas prácticas en radiología dento-máxilofacial. Ministerio de Salud. Instituto de Salud Pública.; 2008.
43. Alejandro Hidalgo¹ CT, Keith Horner³. Protección radiológica en tomografía computarizada. Cone-Beam en odontología [2013; 16: 23 - 32.
44. Cascón A. Riesgos asociados con las radiaciones ionizantes. *Revista argentina de cardiología* 2009;77(2).
45. Kang KW. History and organizations for radiological protection. *Journal of Korean medical science* 2016;31(Suppl 1):S4-S5.
46. Smith H. Informe temático La Comisión Internacional de Protección Radiológica: OIEA BOLETÍN; 1988.
47. Poston Sr JW. Fortieth Lauriston S. Taylor lecture: radiation protection and regulatory science. *Health physics* 2017;112(2):193-98.
48. Valentin J. The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection: Elsevier Oxford; 2007.
49. Roberts J, Drage N, Davies J, Thomas D. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *The British journal of radiology* 2009;82(973):35-40.
50. Sampayo Chacón CA, Vargas O, Giovany A. Estudio comparativo tomografía de haz en cono y tomografía helicoidal para escalas de densidad en unidades Hounsfield. 2017.
51. Hidalgo A, Theodorakou C, Horner K. Protección radiológica en tomografía computarizada. Cone-Beam en odontología. *Anuario de la Sociedad de Radiología Oral y Máxilo Facial de Chile*:25.
52. Tomohiro Okano JS. Radiation dose and protection in dentistry. Elsevier August 2010; *International Japanese Dental Science Review Gerontology Technology*.
53. Christodoulou EG, Goodsitt MM, Larson SC, et al. Evaluation of the transmitted exposure through lead equivalent aprons used in a radiology department, including the contribution from backscatter. *Medical Physics* 2003;30(6):1033-38.
54. Archer BR, Fewell TR, Conway BJ, Quinn PW. Attenuation properties of diagnostic x-ray shielding materials. *Medical physics* 1994;21(9):1499-507.
55. Preece J. NCRP Report No. 145, Radiation Protection in Dentistry—Analysis of selected recommendations. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology and Endodontics* 2005;99(3):E27.
56. Costa P, Vieira D, Naccache V, Ferreira K, Prizskulnik S. Evaluation of X-ray spectra transmitted by different concrete compositions. *Radiation Physics and Chemistry* 2015;116:349-54.
57. Nambiar S, Yeow JTW. Polymer-Composite Materials for Radiation Protection. *ACS Applied Materials & Interfaces* 2012;4(11):5717-26.
58. Li Q, Wei Q, Zheng W, et al. Enhanced Radiation Shielding with Conformal Light-Weight Nanoparticle-Polymer Composite. *ACS Applied Materials & Interfaces* 2018;10(41):35510-15.
59. McGinley PH, Miner MS. A history of radiation shielding of x-ray therapy rooms. *Health physics* 1995;69(5):759-65.
60. Betancourt MAM, Jiménez SEP, Salazar EC. Materiales libres de plomo para atenuación de radiaciones ionizantes en protección. *Ingenium* 2014;15(30):39-49.
61. Hidalgo Rivas JA, Horner K, Thiruvengatchari B, Davies J, Theodorakou C. Development of a low-dose protocol for cone beam CT examinations of the anterior maxilla in children. *The British journal of radiology* 2015;88(1054):20150559.

62. Zinsser D MR, Othman A. Reducción de dosis y manejo de dosis en tomografía computarizada. *Fortschr Röntgenstr* 2018;10.1055:0044-101261.
63. Frequency and doses of diagnostic and interventional Xray applications : Trends between 2007 and 2014. *Der Radiologe* 2017;57:555-62.
64. Fleitas I, Caspani CC, Borrás C, et al. La calidad de los servicios de radiología en cinco países latinoamericanos. *Revista Panamericana de Salud Pública* 2006;20:113-24.
65. Datz H, Ben-Shlomo A, Bader D, et al. The additional dose to radiosensitive organs caused by using under-collimated X-ray beams in neonatal intensive care radiography. *Radiation protection dosimetry* 2008;130(4):518-24.
66. Skinner S. Radiation safety. *Australian family physician* 2013;42(6):387.
67. Petrantonaki M, Kappas C, Efstathopoulos E, Theodorakos Y, Panayiotakis G. Calculating shielding requirements in diagnostic X-ray departments. *The British journal of radiology* 1999;72(854):179-85.
68. The use of dental radiographs: Update and recommendations. *The Journal of the American Dental Association* 2006;137(9):1304-12.
69. Manohar N, Jones BL, Cho SH. Improving x-ray fluorescence signal for benchtop polychromatic cone-beam x-ray fluorescence computed tomography by incident x-ray spectrum optimization: A Monte Carlo study. *Medical physics* 2014;41(10).
70. Palomo JM, Rao PS, Hans MG. Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* 2008;105(6):773-82.
71. Christopher wp, pardini lc, tamburus jr. espesor de la filtración adicional de aluminio en radiología odontológica: revista facultad de odontología universidad de antioquia 2016;8(1).
72. Lee G-S, Kim J-S, Seo Y-S, Kim J-D. Effective dose from direct and indirect digital panoramic units. *Imaging science in dentistry* 2013;43(2):77-84.
73. Kuipers G, Velders XL, de Winter RJ, Reekers JA, Piek JJ. Evaluation of the occupational doses of interventional radiologists. *Cardiovascular and interventional radiology* 2008;31(3):483-89.
74. McNitt-Gray MF. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in CT: radiation dose in CT. *Radiographics* 2002;22(6):1541-53.
75. Stenström B, Rehnmark-Larsson S, Julin P, Richter S. Radiation shielding in dental radiography. *Swedish dental journal* 1983;7(3):85-91.
76. Han G-S, Cheng J-G, Li G, Ma X-C. Shielding effect of thyroid collar for digital panoramic radiography. *Dentomaxillofacial Radiology* 2013;42(9):20130265.
77. Hidalgo A, Davies J, Horner K, Theodorakou C. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom. *Dentomaxillofacial Radiology* 2014;44(3):20140285.
78. Yaffe MJ, Mawdsley GE, Lilley M, Servant R, Reh G. Composite materials for X-ray protection. *Health physics* 1991;60(5):661-64.
79. Lee C, Lee S-S, Kim J-E, et al. A dose monitoring system for dental radiography. *Imaging science in dentistry* 2016;46(2):103-08.
80. Qu X, Li G, Zhang Z, Ma X. Thyroid shields for radiation dose reduction during cone beam computed tomography scanning for different oral and maxillofacial regions. *European journal of radiology* 2012;81(3):e376-e80.
81. Malone J, Zölzer F. Pragmatic ethical basis for radiation protection in diagnostic radiology. *The British journal of radiology* 2016;89(1059):20150713.
82. Pooya SMH, Hafezi L, Manafi F, Talaeipour AR. Assessment of the radiological safety of a Genoray portable dental X-ray unit. *Dentomaxillofacial Radiology* 2015;44(3):20140255.
83. Gaitan m. efectos de la radiacion. *Acta Médica Colombiana* 1982;7(5).

84. Vigabriel Poppe EV, Ayarde Romero G, Ocampo Rodríguez LK, Arí Zubieta W, Huarin H. Importancia de la radioprotección. *Revista medicina ciencia investigacion y salud* 2006;30.
85. Christner JA, Kofler JM, McCollough CH. Estimating effective dose for CT using dose-length product compared with using organ doses: consequences of adopting International Commission on Radiological Protection Publication 103 or dual-energy scanning. *American Journal of Roentgenology* 2010;194(4):881-89.
86. Shetty A, Almeida FT, Ganatra S, Senior A, Pacheco-Pereira C. Evidence on radiation dose reduction using rectangular collimation: a systematic review. *International dental journal* 2018.
87. Tsapaki V. Radiation protection in dental radiology – Recent advances and future directions. *Physica Medica: European Journal of Medical Physics* 2017;44:222-26.
88. Nortje CJ, Harris AM, Lackovic KP, Wood RE. Does the lead apron and collar always reduce radiation dose? *SADJ : journal of the South African Dental Association = tydskrif van die Suid-Afrikaanse Tandheelkundige Vereniging* 2001;56(11):502-04.
89. Wood RE, Harris AMP, van der Merwe EJ, Nortjé CJ. The leaded apron revisited: Does it reduce gonadal radiation dose in dental radiology? *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1991;71(5):642-46.
90. Whitcher BL, Gratt BM, Sickles EA. A leaded apron for use in panoramic dental radiography. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1980;49(5):467-70.
91. Kircos LT, Angin LL, Lorton L. Order of magnitude dose reduction in intraoral radiography. *The Journal of the American Dental Association* 1987;114(3):344-47.
92. Hujoel PP, Bollen A-M, Noonan CJ, Del Aguila MA. Antepartum dental radiography and infant low birth weight. *Jama* 2004;291(16):1987-93.

ANEXOS

Anexo 1, figura 1 Radiaciones electromagnéticas

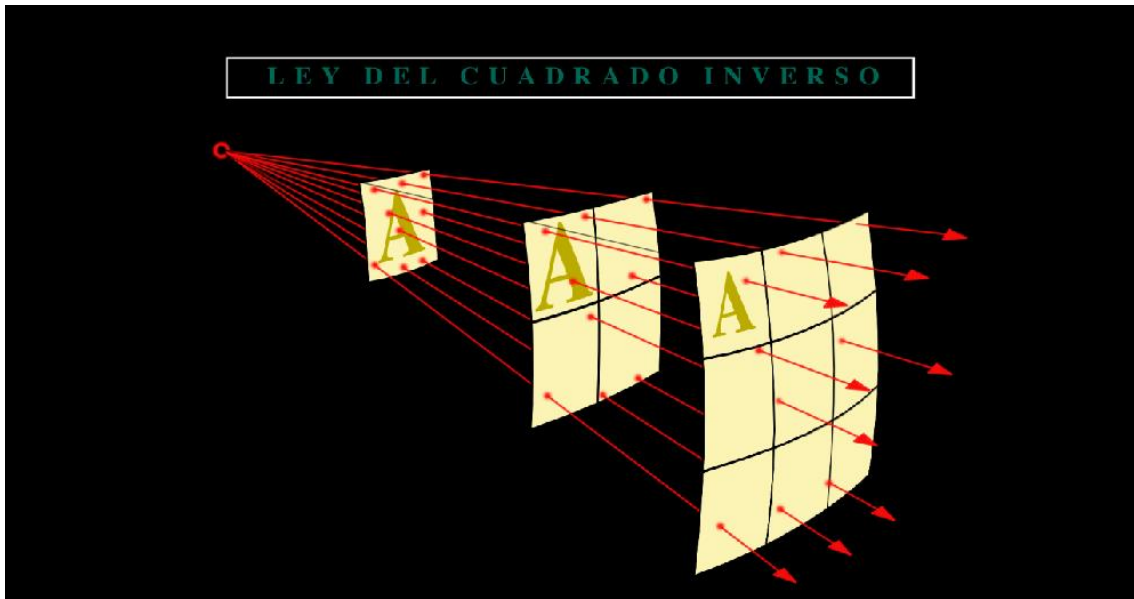


Autor

Anexo 2, Tabla 1. Células radiosensibles y células radioresistentes

Células radiosensibles	Células radorresistentes
Reproductoras femeninas y masculinas	Tejidos cartilaginoso
Células del epitelio intestinal	Tejidos conjuntivo
Células hematopoyéticas	Células musculares
Linfocitos	Neuronas

Anexo 3, figura 2. La ley inversa del cuadrado de la distancia.

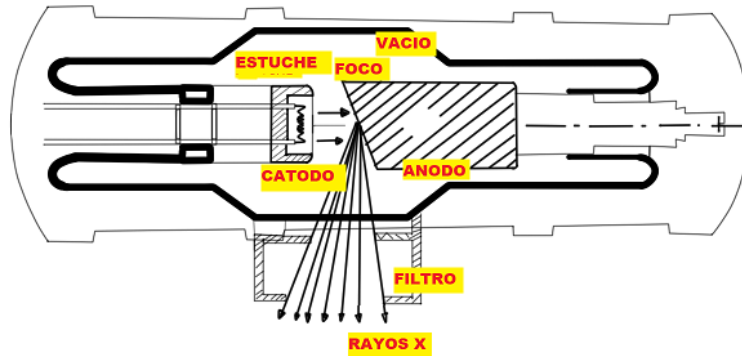


Anexo 4, Tabla 2. Las unidades de medida en radiología.

Dosis absorbida	Gray (gy) y miligray (mgy) 1 gy es 1000 mgy o 100 rad	Energía depositada por unidad de masa
Dosis equivalente	Sievert y el millisievert (mSv)	Efecto biológico o efecto sobre los tejidos vivos
Personal ocupacionalmente expuesto	20msv/año (100msv/5años no mayor de 50msv por año)	
Para público	1msv/año	

Anexo 5, figura 3. Tubo de equipos de rayos x.

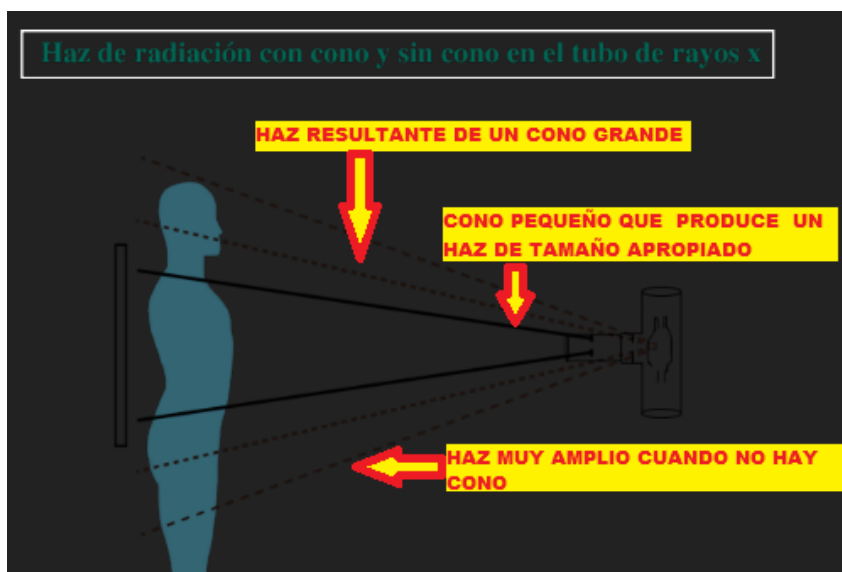
TUBO DE EQUIPO DE RAYOS X



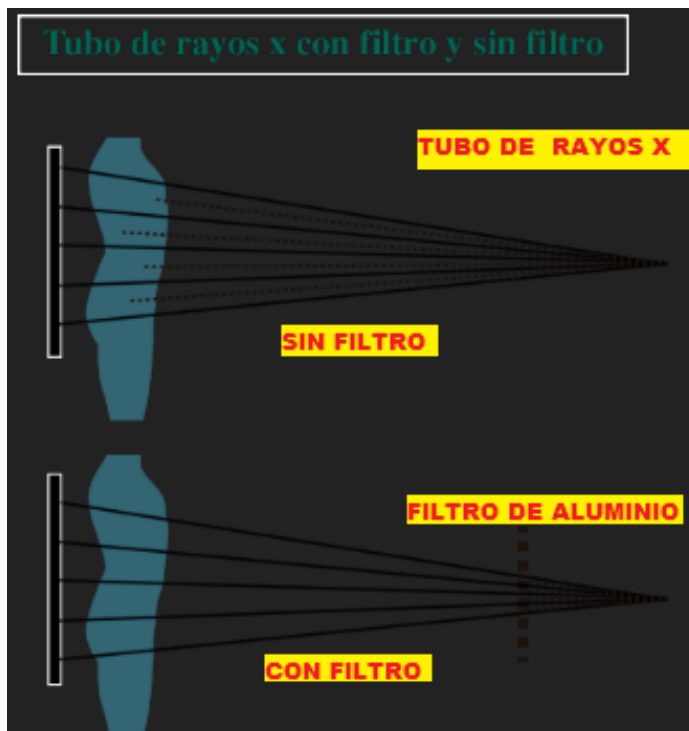
Anexo 6, Tabla 3. Referencias para calcular las medidas de blindaje y la distancia del equipo de rayos X.

MEDIDA BLINDAJE	DE	DISTANCIA PACIENTE	DEL	EQUIPO
0,15 uGy		1 Metro		Radiación dispersa de un equipo intraoral.
10 uGy		1 Metro		Radiación transmitida y dispersa de un equipo intraoral conjunto
1 uGy a		1 Metro		Radiación dispersa de un equipo panorámico.

Anexo 7, Figura 4. Haz de radiación con cono y sin cono en el tubo de rayos X)



Anexo 8, Figura 5. Tubo de rayos x con filtro y sin filtro.



Anexo

9, Tabla 4. Limitación de dosis de radiación de acuerdo al área:

Áreas controladas	20 mSv por año	100 mSv cada 5 años igual a 20 mSv por año y no más de 50 mSv en un año
Áreas no controladas	1 mSv por año	5 mSv cada 5 años o 0,1 mSv por año