



Clínica Odontológica
MANUAL DE RADIOPROTECCION



MANUAL DE RADIOPROTECCION SERVICIO DOCENTE ASISTENCIAL CLÍNICA ODONTOLÓGICA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

1. DISPOSICIONES GENERALES

Entre todas las prácticas que involucran radiaciones ionizantes, la aplicación en el campo de la salud, es la responsable de la mayor contribución de la exposición de la población. En la práctica odontológica la toma de radiografías intra y extraorales es fundamental para la determinación de gran parte de los diagnósticos, proporcionando información útil para la planeación del tratamiento que se dará a los pacientes.

Considerando los efectos nocivos de la radiación x sobre la salud, aun cuando estos representan un riesgo bajo en el área de la radiología diagnóstica odontológica, es necesario seguir protocolos que mantengan la exposición de pacientes, operadores y medio ambiente, tan baja como sea razonablemente posible, acorde con la filosofía vigente de la Radioprotección a nivel nacional e internacional, en aras de velar por las buenas prácticas y la salud de la población.

Organismos internacionales tales como la Comisión Internacional de Protección Radiológica, la Organización Mundial de la Salud, la Organización Panamericana de la Salud y el Organismo Internacional de Energía Atómica, proponen recomendaciones y normas básicas que sirvan de referencia, permitiendo una aplicación óptima de las técnicas radiológicas para un mayor beneficio de la sociedad con un riesgo mínimo por reducción efectiva de las dosis de exposición, ocupacional y de la población.

Para la implementación de estas recomendaciones, el Comité Internacional de Protección Radiológica (ICRP) y el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) recomiendan la aplicación de tres principios básicos, Justificación, Limitación de dosis y la Optimización de la práctica. Estos principios son aceptados por la comunidad internacional como los requerimientos básicos para la seguridad radiológica.

Servicio Docente Asistencial Clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena cuenta igualmente con un *Protocolo de Calidad de la Imagen* que contempla cada una de las técnicas radiográficas, para garantizar el correcto uso de los equipos de radiaciones ionizantes, y evitar sobreexposiciones innecesarias en los usuarios del servicio de radiología de la Facultad.

OBJETIVO

Establecer medidas de radioprotección relacionadas con los procedimientos para la toma de exámenes de radiología dental, tendientes a evitar efectos nocivos en las personas potencialmente expuestas de manera directa o indirecta a la radiación diagnóstica en la Clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena y de esta manera servir de guía en el área de la Seguridad y Protección Radiológica.

ALCANCE

Este manual está dirigido al personal potencialmente expuesto de manera directa o indirecta a la radiación diagnóstica en la Clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena: pacientes, estudiantes, docentes, personal asistencial y administrativo.

PRINCIPIOS GENERALES ASOCIADOS CON UNA BUENA PRÁCTICA EN LA OBTENCIÓN DE IMÁGENES:

1. Identificación de la Imagen

Identificación del paciente, fecha del examen, proyección, nombre de quien realiza el procedimiento, etc. Ubicado en el soporte de la película.

2. Control de Calidad en equipos de rayos X

Programas de Control y Garantía de calidad en equipos de rayos X.

3. Posicionamiento del Paciente

La correcta posición del paciente es determinante en el éxito de cualquier examen radiológico.

4. Limitaciones en el haz de rayos X.

La calidad de imagen es mejorada y la dosis al paciente es reducida.

5. Barreras y elementos de protección para propósitos de protección radiológica.

6. Condiciones de exposición radiográfica

Conocer y corregir el uso apropiado de las técnicas radiológicas (factores de exposición).

7. Sistema de captación de la radiación

Conocer la velocidad de sistema película pantalla análoga o del sensor digital alámbrico o inalámbrico (placas de fósforo fotoestimulable.)

9. Densidad óptica de la película o de la imagen en el sensor digital

El ennegrecimiento de la película (densidad óptica) influye fuertemente en la calidad de imagen. Conocer los rangos promedios de ennegrecimiento en una radiografía o en un sensor digital.

9. Exposición radiográfica por examen

Número de exposiciones radiográficas dentro de un examen y dosis absorbida por el paciente.

10. Revelado de la película

Controlar y optimizar el rendimiento y mantenimiento de las condiciones del proceso de revelado. En el caso de sensores digitales, controlar las herramientas de edición de imagen e impresión.

11. Condiciones de Visualización

Optimizar las condiciones de visualización de la imagen análoga o digital para la evaluación de la calidad de imagen y la exactitud de la información diagnóstica.

12. Tasa de repeticiones

Crear un registro de las películas repetidas y sus motivos para un posterior análisis e implementarlas acciones para su corrección.

DEFINICIONES

Equipo generador de radiación: Dispositivo capaz de generar radiación tal como rayos X, neutrones, electrones u otras partículas cargadas, que puede utilizarse con fines científicos, industriales o médicos (1).

Evaluación de la seguridad: Examen de los aspectos de diseño y funcionamiento de una fuente que son de interés para la protección de las personas o la seguridad de la fuente, incluido el análisis de las medidas de seguridad y protección adoptadas en las fases de diseño y de funcionamiento de la fuente, y el análisis de los riesgos vinculados a las condiciones normales y a las situaciones de accidente (1).

Exposición: Exposición de personas a la radiación o a sustancias radiactivas, la cual puede ser externa (irradiación causada por fuentes situadas fuera del cuerpo humano), o interna (irradiación causada por fuentes existentes dentro del cuerpo humano). La exposición puede clasificarse en normal o potencial; ocupacional, médica o del público; así como, en situaciones de intervención, en exposición de emergencia o crónica. También se utiliza el término exposición en radiodosimetría para indicar el grado de ionización producido en el aire por la radiación ionizante (1).

Exposición crónica: Exposición persistente en el tiempo (1).

Exposición de emergencia: Exposición causada como resultado de un accidente en el que se realizan acciones protectoras inmediatas (1).

Exposición del público: Exposición sufrida por miembros del público a causa de fuentes de radiación, excluidas cualquier exposición ocupacional o médica y la exposición a la radiación natural de fondo normal en la zona, pero incluida la exposición debida a las fuentes y prácticas autorizadas y a las situaciones de intervención(1).

Exposición médica: Exposición sufrida por los pacientes durante su diagnóstico o tratamiento médico o dental. Exposición sufrida de forma consciente por personas que no estén expuestas profesionalmente mientras ayudan voluntariamente a procurar alivio y bienestar a pacientes; asimismo, la sufrida por voluntarios en el curso de un programa de investigación biomédica que implique su exposición (1).

Exposición natural: Exposición causada por fuentes naturales (1).

Exposición normal: Exposición que se prevé se recibirá en las condiciones normales de funcionamiento de una instalación o una fuente, incluso en el caso de pequeños percances posibles que pueden mantenerse bajo control (1).

Exposición ocupacional: Toda exposición de los trabajadores sufrida durante el trabajo (1).

Exposición potencial: Exposición que no se prevé se produzca con seguridad, pero que puede ser resultado de un accidente ocurrido en una fuente o deberse a un suceso o una serie de sucesos de carácter probabilístico, por ejemplo, a fallos de equipos y errores de operación (1).

Fuente radiactiva: Cualquier cosa que pueda causar exposición a la radiación, ya sea emitiendo radiación ionizante o liberando sustancias o materiales radiactivos. Por ejemplo, las sustancias que emiten radón son fuentes existentes en el medio ambiente; una unidad de esterilización por irradiación gamma es una fuente adscrita a la práctica de conservación de alimentos por medio de la radiación; un aparato de rayos X puede ser una fuente adscrita a la práctica del radiodiagnóstico, y una central nuclear es una fuente adscrita a la práctica de generación de energía nucleoelectrónica (1).

Grupo crítico: Grupo de miembros del público razonablemente homogéneo con respecto a su exposición, para una fuente de radiación dada y una vía de exposición dadas, característico de los individuos que reciben la dosis efectiva o la dosis equivalente más alta (según el caso) por esa vía de exposición a causa de la fuente dada (1).

Instalaciones de irradiación: Construcciones o instalaciones en las que se alojan aceleradores de partículas, aparatos de rayos X o grandes fuentes radiactivas y que pueden producir intensos campos de radiación. Las construcciones correctamente diseñadas ofrecen blindaje y otra protección y están provistas de dispositivos de seguridad tales como enclavamientos, que impiden la entrada por inadvertencia en el campo intenso de radiación. Las instalaciones de irradiación comprenden las de radioterapia por haces externos, las de esterilización o conservación de productos comerciales, y ciertas instalaciones de radiografía industrial (1).

Licencia: Autorización concedida por la autoridad competente con base en una evaluación de la seguridad y el lleno de unos requisitos y condiciones específicos, en virtud de la cual su titular adquiere una serie de derechos

y deberes reconocidos en lo que respecta a la práctica o fuente respecto de la cual se otorga, especialmente en lo que atañe a la protección y seguridad (1).

Límite de dosis: Valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos por prácticas controladas, que no se deberá rebasar (1).

Protección y seguridad: Diversos procedimientos, medidas y dispositivos que se utilizan en caso de exposición a la radiación ionizante y a las sustancias radiactivas, para reducir las dosis y riesgos de las personas al valor más bajo que pueda razonablemente alcanzarse y mantenerlos por debajo de las restricciones prescritas de dosis relacionadas con las fuentes, así como los medios para prevenir accidentes y atenuar las consecuencias de éstos si ocurrieran (1).

Radiaciones ionizantes: Se define una radiación como ionizante cuando al interaccionar con la materia tiene suficiente energía para producir la ionización de la misma, es decir, origina partículas con carga eléctrica (iones). El origen de estas radiaciones es siempre atómico, se producen tanto en el núcleo del átomo como en los orbitales y pueden ser de naturaleza corpuscular (partículas subatómicas que se mueven a altas velocidades) o electromagnética, rayos X, rayos gamma (γ), caracterizada por tener una energía fotónica muy elevada (2).

Radioprotección: Disciplina científico-técnica que tiene como finalidad la protección de las personas y del medio ambiente frente a los riesgos derivados de la utilización de fuentes radiactivas, tanto naturales como artificiales, en actividades médicas, industriales, de investigación o agrícolas (3).

Vigilancia radiológica: Medición de la exposición, la dosis o la contaminación por razones relacionadas con la evaluación o el control de la exposición a radiación o a sustancias radiactivas e interpretación de los resultados (1).

Principales magnitudes y unidades utilizadas en el campo de la Protección Radiológica

MAGNITUD	DEFINICION	UNIDAD	EQUIVALENCIA
EXPOSICIÓN (X)	Es la cantidad de radiación en un punto específico en el aire. Sólo se define para Rx y Gamma	Actual: Coulomb/Kg (C/Kg) Antigua: Roentgen (R)	Equivalencia: $1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$
ACTIVIDAD (A)	Número de desintegraciones de un radio-núclido por unidad de tiempo.	Actual: Becquerel (Bq) Antigua: Curie (Ci)	Equivalencia: $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

MAGNITUDES DOSIS

DOSIS ABSORBIDA (Dt)	Energía absorbida por unidad de masa en un tejido u órgano.	Actual: Gray (Gy) Antigua: Rad (rad)	Equivalencia: $1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$
DOSIS EQUIVALENTE (Ht)	Se define a partir de la dosis absorbida pero teniendo en cuenta, tipo de radiación (W_r)	Actual: Sievert (Sv) Antigua: Rem (rem)	Equivalencia: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
DOSIS EFECTIVA (E)	Dosis absorbida en todo el cuerpo ponderada por la calidad de la radiación, teniendo en cuenta tipo de tejido (W_t)	Actual: Sievert (Sv) Antigua: Rem (rem)	Equivalencia: $1 \text{ Sv} = 100 \text{ rem}$
TASA O POTENCIA:	Es la magnitud que se esté aplicando por unidad de tiempo.	Unidad: Unidad magnitud / unidad tiempo Ejemplos: Tasa de exposición: R/hora o min. Tasa de dosis absorbida: mGy/hora o min.	

Instrumentos utilizados en el campo de la Protección Radiológica para la medición de las radiaciones ionizantes

Los instrumentos que se utilizan para “medir” las radiaciones ionizantes constan esencialmente de un detector y de un equipo electrónico asociado.

El detector es un dispositivo capaz de transformar la energía del campo de radiaciones ionizantes que detecta en otra, que pueda ser procesada por el sistema electrónico anexo.

El equipo electrónico anexo es el que analiza y procesa la energía convertida por el detector, mostrando de manera sencilla y útil la información al operador del instrumento.

Existen aspectos de suma importancia que hay que tener en cuenta a la hora de trabajar y realizar mediciones con estos instrumentos: Estado de calibración de los mismos, mantenimiento, el procedimiento de su uso, sus limitaciones, el riesgo a controlar, etc.

Los más utilizados son:

- Contador Geiger Muller.
- Cámara de ionización.
- Contador de centelleo.
- Contador proporcional.

Cada uno tiene sus funciones y especificaciones, algunos no discriminan tipo de radiaciones ni rango de dosis, otros sí, etc. Una de las magnitudes y unidades más utilizadas por estos instrumentos, es la de tasa o potencia de dosis de exposición, dada en múltiplos o submúltiplos de Roetgen, por ejemplo, miliRoetgen/hora (mR/h).

Existe toda una metodología bien establecida para realizar una evaluación en un ambiente donde haya exposición a las radiaciones ionizantes. Este proceder se conoce con el nombre de “levantamiento radiométrico”.

EQUIPOS DE RADIOLOGIA DE LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Equipo Periapical:

Los equipos periapicales de la Clínica Odontológica son marca FIAD FIRENZE referencia ELITY 70. El FIAD FIRENZE es un equipo de radiografía intraoral que cuenta con un timer que permite al usuario programar diferentes tiempos de exposición según el tipo de paciente y la cavidad a examinar lo que permite maximizar la eficiencia en la operación. Además, cuenta con una opción de "configuración secuencial", que permite configurar los parámetros de manera ordenada (tipo de diente, tipo de paciente, voltaje, tiempo de exposición, entre otros) permitiendo la grabación de esta configuración para ser usada posteriormente.

El sistema ELITY 70 consta de un transformador de voltaje, un tubo de rayos X, una pantalla táctil y un brazo mecánico. El equipo es de naturaleza Auto rectificado y permite reducir los niveles de radiación en el paciente y maximizar la eficiencia de la operación. Algunas de sus características son: punto focal de 0,8 mm, distancia foco-piel de 20 cm, diámetro del rayo de 6 cm y filtro inherente de 2,5 mm.

El sistema ELITY 70 ha sido diseñado para satisfacer las exigencias de radiografías dentales intraorales en el estudio odontológico, las características del sistema hacen que su uso sea sencillo.

VIGILANCIA DE EXPOSICION A RADIACIÓN DEL PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO

El departamento de Salud Ocupacional de la Universidad del Magdalena tiene contratado el servicio de dosimetría

personal (de película) para la Facultad de Odontología a través de la empresa DOSIMETRIX, encargada de realizar un registro periódico de exposición a radiación de los profesores y auxiliares del área de radiología.

En el campo de la Protección Radiológica, la vigilancia radiológica personal del trabajador expuesto ocupa un lugar relevante por cuánto ésta tiene como objetivo fundamental el registro, la evaluación, control e interpretación de la dosis que el operador va recibiendo y acumulando a través del tiempo por el desempeño de sus actividades. Esto permite tomar una conducta sanitaria específica cuando las dosis no se corresponden al tipo ni a la carga de trabajo en la que el trabajador se desempeña.

La técnica más empleada para estos fines es la dosimetría personal y dentro de ésta, una de las más utilizadas es la dosimetría fílmica, aunque de igual manera en los últimos años está tomando auge otras técnicas como las de TLD (termoluminiscente) y la de Infolight. La legislación que regula nacionalmente el uso de la dosimetría es el D.S. N° 03 del MINSAL del 3/1/1985 “Reglamento de Protección Radiológica de instalaciones radiactivas”.

¿Para qué sirve la dosimetría personal?

Para efectuar una eficaz vigilancia radiológica individual, obteniendo la información necesaria que permite calcular y estimar la dosis efectiva recibida por irradiación externa en un período de tiempo determinado.

Permite el registro, control y evaluación de la dosis que el operador va recibiendo y acumulando por su trabajo, teniendo en cuenta los límites de dosis establecidos y recomendados internacionalmente.

Permite detectar posibles casos con exposiciones inadecuadas y elevadas para las prácticas que realizan.

Permite realizar un análisis del nivel de exposición e indicar la necesidad de posibles modificaciones de las técnicas o procedimientos de trabajo.

Permite efectuar una efectiva vigilancia epidemiológica del personal expuesto y correlacionarla exposición con posibles efectos adversos a la salud.

Tipos de dosímetros personales:

- *Dosímetros fílmicos (películas fotográficas)
- *Dosímetros termoluminiscencia (de TLD).
- *Dosímetros de lapicero (de lectura directa).
- *Dosímetros digitales (de lectura directa).
- *Dosímetros infolight.

Características y cuidados generales en el uso del dosímetro:

El dosímetro es de uso personal e intransferible. Debe usarse permanentemente durante la jornada laboral y todos los trabajadores expuestos de un centro de trabajo, deben tener su propio dosímetro. Un mismo operador puede tener más de un dosímetro en dependencia, principalmente, del N° de centros de trabajo donde labore con distinto empleador.

El dosímetro es específico del centro de trabajo, por lo que al finalizar la jornada laboral se debe dejar en un lugar común, bien definido y apropiado, no expuesto a las radiaciones ionizantes. Cada centro de trabajo con fuentes o equipos emisores de radiaciones ionizantes, debe tener un personal responsable de la Seguridad y Protección Radiológica, el cual deberá velar por el uso adecuado, cuidado, cambio y reposición de los dosímetros de los trabajadores expuestos.

De igual manera, deberá llevar un control y registro de las dosis que cada trabajador va recibiendo y acumulando, de manera que cada funcionario conozca el nivel de exposición que va teniendo a través de su vida laboral.

El dosímetro no debe someterse, por sí solo, a irradiaciones directas e innecesarias ni a otras fuentes directas de energía, por ejemplo, calóricas. El protector de la película dosimétrica no debe abrirse ni tampoco ser dañado, perforado o eliminado, puesto que esto conlleva al velado de la película sensible por entrada de la luz. Se debe revisar sistemáticamente el estado físico de los porta-dosímetros y la tenencia en éstos de sus filtros respectivos. En caso de alguna alteración consultar con el proveedor del servicio para su reparación o reposición.

Se debe evitar el lavado del dosímetro o su contaminación por sustancias químicas como, por ejemplo, las del revelado. Esto puede traer consigo un daño irreparable de la película con la imposibilidad posterior de poder calcular la dosis de radiación a la que se ha estado expuesto.

¿Qué es el historial dosimétrico?:

Es un documento oficial que acredita un resumen de las dosis recibidas en un período de tiempo por una persona expuesta a las radiaciones ionizantes en su desempeño laboral.

RAYOS X

Son la radiación ionizante más conocida en el campo odontológico y a la vez herramienta útil de diagnóstico. Estos rayos se producen en forma natural en las estrellas, pero en la tierra aparentemente solo se generan de forma artificial por el hombre. En odontología la utilización de los rayos X con fines diagnósticos aportan una dosis muy baja en comparación con las que se reciben como consecuencia de la radiación natural. La exposición de un paciente al que se le toma un juego periapical completo de 21 radiografías con equipo convencional, colimación redonda equivale a la radiación que se recibe del medio ambiente durante cinco días. Esta dosis puede ser más baja al utilizar películas más sensibles mediante la utilización de equipos adquisición electrónica, sin perder información. La radiación en odontología es muy baja en comparación con la utilizada en otras áreas de medicina como fluoroscopia y tomografía computarizada. No existen estudios que demuestren, la relación entre las bajas dosis de radiación en el diagnóstico oral y las mutaciones genéticas u otros daños, claro que tampoco se puede asegurar que sean totalmente inocuas. Para que se produzca la emisión de rayos X, es necesario que se produzca una vacante electrónica, o ionización en una capa electrónica profunda, ya que los electrones de estas capas poseen una energía de ligadura muy alta. Por lo general, los rayos X se generan artificialmente en un tubo de vacío a partir de un material que no tiene radiactividad propia, por lo que su activación y desactivación tiene un control fácil e inmediato. La energía de los rayos X y su poder de penetración son proporcionales a la tensión eléctrica utilizada para su producción, alrededor de los 100 kV para los rayos X de diagnóstico y entre 15 kV y 50 kV en los equipos para análisis (3).

SISTEMA DE GENERACIÓN DE RAYOS X

El corazón del sistema de generación de Rayos X es el tubo de Rayos X. La radiación electromagnética en forma de Rayos X se produce cuando electrones de alta velocidad chocan contra materia. A partir de este principio se puede comenzar a visualizar las partes necesarias en el tubo de Rayos X para cumplir con las condiciones adecuadas para la producción de estos. Primero, se necesita de una cantidad abundante de electrones, para lo cual se emplea un filamento de **Tungsteno** (cuando este se calienta por medio de una línea de bajo voltaje, produce una nube de electrones), el cual está rodeado por una copa de **Molibdeno** (ambos forman el cátodo del tubo de Rayos X).

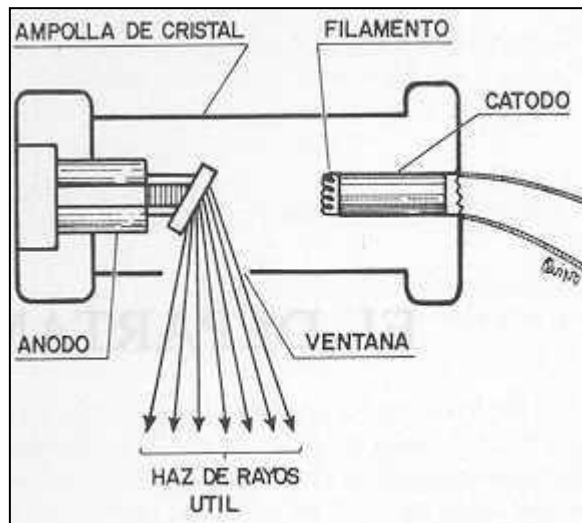
Opuesto al filamento de Tungsteno y cubriéndolo se encuentra una placa de **Tungsteno** pequeña y rectangular. Este es el **blanco** hacia el cual se dirigen los electrones de alta velocidad. El **blanco de Tungsteno** se encuentra incrustado en un vástago de cobre para facilitar la rápida conducción del calor a partir del blanco durante la generación de Rayos X (esta zona forma el ánodo del tubo de Rayos X). El área del blanco hacia el cual se enfocan los electrones del filamento y donde interactúan para generar los Rayos X se le llama **punto focal**.

El filamento y el blanco se colocan en lados opuestos de un tubo de vidrio al vacío de tal manera que los electrones del filamento viajen hacia el blanco sin la interferencia de los átomos del aire. El Tungsteno se usa tanto para la fuente de electrones como para el blanco del tubo de los Rayos X debido a su alto número atómico y a su resistencia a la fundición.

En la mayoría de las unidades, el tubo de Rayos X se sumerge en un baño de aceite para proporcionar aislamiento

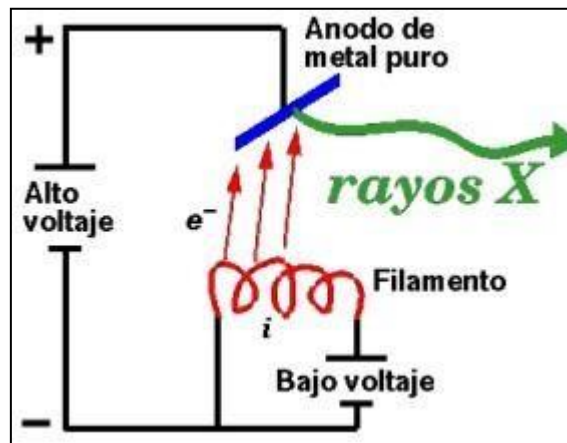
eléctrico y un medio para la dispersión del calor. Algunas unidades utilizan gas refinado en lugar de aceite (6).

MODELO DE UN TUBO DE RAYOS X



Muy cerca del tubo de Rayos X se encuentran dos transformadores. El primero es un transformador de bajada que proporciona una corriente de 3 a 5 volts al filamento de Tungsteno para que produzca la nube de electrones. El segundo es un transformador de subida que proporciona el voltaje necesario para producir una diferencia de potencial (55,000 a 100,000 volts) entre el cátodo y el ánodo esta diferencia de potencial es necesaria para impartir una rápida aceleración a los electrones del filamento (6).

ESQUEMA DE UN TUBO DE RAYOS X CON ZONAS DE VOLTAJE



Todos estos componentes están contenidos en un nicho de metal pesado fuertemente sellado: cabeza del tubo. Un brazo extensible permite que se mueva la cabeza del tubo hacia el paciente o bien para alejarlo de él.

El tablero de control tiene los dispositivos para regular la emisión de los Rayos X así como el interruptor de encendido – apagado y el botón de activación.

Los dispositivos de regulación son **el marcador de kilovoltaje pico (kVp)** (regula la corriente de alto voltaje, la

cual a su vez regula la velocidad de los electrones que viajan desde el filamento de Tungsteno hasta el blanco), **el marcador de miliamperaje** (mA) (determina la cantidad de Rayos X que se producen durante las exposiciones al controlar la temperatura del filamento de Tungsteno) y **el determinador de tiempo** (regula el tiempo en el cual el alto voltaje pasará a través del tubo de Rayos X)(6).

Esto es lo que sucede en el tubo de Rayos X durante la acción completa:

La corriente eléctrica que entra será alterada por los transformadores. Al presionar el botón de activación del aparato de Rayos X la primera cosa a notar es que el filamento de Tungsteno se calienta y comienza a resplandecer brillantemente. Este resplandor es ahora una nube de electrones agrupados alrededor del filamento los cuales son resultados del “cocimiento” por la aplicación de corriente de bajo voltaje. Esta liberación de electrones del filamento de Tungsteno toma una fracción de segundo. Inmediatamente después de esto se puede ver y oír la propulsión explosiva de los electrones del filamento hacia el blanco de Tungsteno con velocidad cegadora (la aplicación de alto voltaje). Entonces se puede observar como estos electrones se aplastan violentamente contra el blanco de Tungsteno. Las colisiones de electrones contra el blanco continúan sin interrupción tanto tiempo como se haya indicado en el tiempo de exposición.

Al presionar el botón de activación se escucharán dos chasquidos. El primero es el efecto del alto voltaje sobre el tubo. El segundo es la terminación del alto voltaje y el fin de la generación de los Rayos X. La longitud de tiempo entre ambos chasquidos depende del tiempo de exposición necesario para exponer adecuadamente la película (6).

Filtros y Colimador

Debido a que solo los Rayos X con longitudes de onda más cortas pasan a través de los tejidos, los Rayos X menos penetrantes no tienen un propósito útil y solo añaden radiación innecesaria al paciente. Los filtros (comúnmente discos circulares de aluminio) actúan para absorber o filtrar estos fotones inútiles de longitud de onda más larga.

El segundo dispositivo que se une a la cabeza del tubo es un colimador, el cual restringe el tamaño de la emisión primaria. El blanco objetivo del tubo de Rayos X los emite en todas direcciones. Muchos de estos rayos son absorbidos por la envoltura de vidrio y el aceite circundante. Un colimador es un diafragma de plomo, cuya abertura restringe aún más el área de exposición de los Rayos X en la parte final del cono.

Nótese pues que la emisión de Rayos X abandona la cabeza del tubo a través de un **cono**. El término cono se aplica al dispositivo de plástico cilíndrico, forrado con plomo (como factor de seguridad adicional) que se usa en los aparatos de Rayos X para delinear el área que los Rayos X van a cubrir. Estos conos (también llamados DIP “Dispositivos Indicadores de Posición”) también actúan para mantener una distancia constante entre el tubo de Rayos X y el paciente para las diversas exposiciones (6).

RADIOPROTECCIÓN

Es necesario primero establecer unas normas de trabajo que garanticen que no se producen daños inmediatos, daños de tipo determinista, manteniendo las dosis por debajo del umbral y en segundo lugar aplicar todas las medidas razonables para reducir al máximo la incidencia de los efectos biológicos estocásticos o probabilísticos. Las primeras normativas sobre protección radiológica datan de 1928 y fueron elaboradas por un organismo internacional independiente de cualquier autoridad denominado “Comisión Internacional de Protección contra los Rayos X y el Radio”, fundado con base a una decisión adoptada en el segundo Congreso Internacional de Radiología. En 1950 se reestructuró esta Comisión y pasó a denominarse “Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP)”, nombre con el que se la conoce en la actualidad. Hoy en día está generalizada la existencia de normas de protección radiológica basándose en las recomendaciones dictadas por la ICRP. Ello permite un elevado nivel de homogeneidad en los criterios de protección radiológica reflejados en la legislación de la mayoría de países (3).

La mayoría de los efectos adversos para la salud por exposición a la radiación pueden agruparse en dos

categorías generales:

- Efectos deterministas (reacciones tisulares nocivas) debidos principalmente a la muerte/defectos en el funcionamiento de las células tras dosis elevadas.
- Efectos estocásticos, es decir, cáncer y efectos heredables implicando, bien el desarrollo de cáncer en los individuos expuestos debido a la mutación de células somáticas o una enfermedad heredable en su progenie debido a la mutación en células reproductoras (germinales)(7).

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- Justificación
- 2- Optimización
- 3- Limitación

1-Justificación:

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 recomendada durante 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.

2-Optimización:

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

3-Limitación:

La dosis no debe superar los límites que tienen por objeto asegurar una protección adecuada aun para los individuos más expuestos (8).

MEDIDAS DE CONTROL PARA LOS EQUIPOS DE RADIOLOGIA

La protección frente a las radiaciones requiere en primer lugar entender la naturaleza del problema para tomar las precauciones adecuadas.

La dosis de radiación recibida por un individuo al permanecer en las proximidades de un emisor o generador de radiaciones ionizantes depende de tres factores: el tiempo de exposición, distancia a la fuente y blindaje.

Distancia a la fuente:

Ley de la inversa del cuadrado. La intensidad de la radiación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. La tasa de dosis disminuye con el cuadrado de la distancia a que se encuentra la fuente productora de radiación. Por ejemplo: si a un metro de distancia de una fuente, una persona estuviera expuesta a una tasa de dosis equivalente de 100 mSv/h, a dos metros la dosis sería de $100/4 = 25$ mSv/h y a tres metros de $100/9 = 11$ mSv/h; así sucesivamente (3).

Esta técnica es una de las más importante, segura, fácil de aplicar y menos costosa con la que se logra una disminución del nivel de exposición al campo de radiaciones dentro del ámbito de la radiología médica y dental (9).

Tiempo de exposición:

Esta técnica es importante para lograr una disminución de la dosis de exposición tanto del personal expuesto como la de los pacientes. Es directamente proporcional, o sea, a mayor tiempo de exposición a la radiación mayor será la dosis absorbida y viceversa; de aquí se deduce la importancia de utilizar en cada practica el menor tiempo posible de radiación sin afectar la calidad del estudio radiográfico (9).

Blindaje: Son barreras situadas entre el producto radiactivo y los usuarios que eliminan o atenúan la radiación. Las radiaciones ionizantes, al atravesar la materia pierden intensidad. En este hecho se basan los blindajes y/o pantallas protectoras contra las radiaciones ionizantes. La elección de la pantalla adecuada depende del tipo de emisión. Existen dos tipos de pantallas o blindajes, las denominadas barreras primarias (atenúan la radiación del haz primario) y las barreras secundarias (evitan la radiación difusa). La atenuación que sufre la radiación ionizante depende de su naturaleza, de su propia energía y de la naturaleza del material absorbente. Las partículas α son frenadas por una hoja de papel. Las partículas β necesitan filtros de aluminio o metacrilato, las de gran energía pueden precisar incluso filtros adicionales de algunos milímetros de plomo. Finalmente, las radiaciones gamma y los rayos X requieren filtros de diversos espesores de plomo (3).

Este método disminuye el campo de radiación entre la fuente y la persona o punto de interés específico, logrando así una disminución de las tasas de dosis de exposición, tanto de los trabajadores expuestos como del resto de la población.

Los materiales de absorción más eficaces y que más se utilizan es el plomo y el concreto. En muchas ocasiones, como es el caso de los equipos de R-x dental convencional, tan solo basta el blindaje que puede brindar una pared de ladrillos o concreto con un espesor normal, no obstante y a manera de resumen, todo dependerá del nivel energético de la fuente que se vaya a blindar y de las características de la instalación o área de trabajo (9).

Efectos biológicos por las radiaciones ionizantes:

Aspectos generales:

El efecto dañino a la salud por las radiaciones ionizantes depende, de la dosis absorbida, de su magnitud, distribución y del tiempo de exposición, pudiendo ser ésta de forma aguda, durante breves segundos o minutos (Ej., en radioterapia, accidentes, etc.) o crónica, continua o intermitente, a lo largo de meses o años (Ej., la exposición ocupacional).

El proceso de excitación y/o ionización en los tejidos suponen necesariamente, cambios en los átomos y moléculas de las células que las componen, aunque solo sea, de manera transitoria.

Si se producen daños celulares y no se reparan adecuadamente, puede ocurrir que las células afectadas mueran o que su reproducción se vea impedida, o bien, que se origine una célula viable modificada; todos estos cambios pueden tener serias implicaciones en su conjunto para el organismo.

Si la pérdida del número de células de un órgano o tejido es lo suficientemente elevada, se traducirá en un daño

susceptible de ser clínicamente observado, con pérdida del funcionamiento del tejido u órgano afectado. La probabilidad de que se produzcan tales daños oscila, desde nulo a dosis pequeñas a un aumento paulatino por encima de un determinado umbral de dosis, hasta poder llegar a una proporción de un 100% en dependencia de la dosis recibida.

Por encima del umbral aumentará, de igual manera, la gravedad del daño con el incremento de la dosis. Este tipo de efecto era conocido con anterioridad, como “efecto no estocástico”, actualmente, según las últimas recomendaciones de la ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica) en su Pub. N° 60 de 1990 y posteriormente en las del 2007, se denomina “efecto determinístico”. Estos son dosis dependiente.

El resultado puede ser muy diferente si en vez de producirse la muerte de la célula irradiada, ésta queda alterada. A pesar de la existencia de mecanismos de defensa altamente efectivos, un grupo de células resultantes de la reproducción de una célula somática viable, pero modificada por una irradiación, puede, tras un período de latencia variable y prolongado, dar lugar a la aparición de una condición maligna, un cáncer.

Si el daño se produce en una célula cuya función es transmitir información genética a generaciones posteriores (células germinales), el daño se expresará, entonces, en la descendencia de la persona expuesta con alteraciones genéticas. La probabilidad de aparición de estos efectos, cuya gravedad es independiente de la dosis, no existiendo un umbral, va en aumento en la medida que la exposición a las radiaciones ionizantes sea mayor. Estos efectos se denominan “efectos estocásticos”, es decir, son de naturaleza aleatoria, probabilística, dosis independiente.

Algunas consideraciones sobre las recomendaciones actuales internacionales en el campo de la Protección Radiológica:

La ICRP (Comisión Internacional de Protección Radiológica), mediante la aplicación actualizada de nuevos conceptos y novedosos modelos matemáticos aplicados en las evaluaciones anteriores realizadas en personas que han estado involucrados en accidentes con sobre exposición, ha determinado un aumento de la probabilidad de ocurrencia del efecto del factor de riesgo, principalmente con relación a un aumento de la tasa de inducción de cánceres, razón por la cual, dieron origen a los principales argumentos para modificar las recomendaciones emitidas con anterioridad en 1977 (ICRP, Pub. N° 26), con la reducción de los límites básicos de exposición y la emisión de nuevos conceptos y valoraciones.

Según la información científica de la que se dispone, un 3 % de todos los cánceres pueden tener un origen radiogénico dado por la exposición al fondo natural, mientras que el 97 % restante son por otras causas. El riesgo actual estimado a padecer de cáncer por la exposición a las radiaciones ionizantes es de 5×10^{-12} Sv.

Como se observa y a pesar de lo anterior, el riesgo a padecer de cáncer por las radiaciones ionizantes cuando las exposiciones están por debajo de los límites establecidos es mínimo e insignificante, prácticamente despreciable en comparación al riesgo que se tiene normalmente por otros factores.

Como consecuencia de lo antes expresado, las nuevas recomendaciones entregan mucho valor, dentro de los Principios de la Protección Radiológica, a los principios de la Justificación y el de la Optimización.

Es importante señalar que la ICRP considera que, con los límites actuales de dosis planteados en sus recomendaciones, no es necesario establecer ningún régimen especial (reducción de horario de trabajo, aumento de la periodicidad de las vacaciones, jubilación anticipada, alimentación especial, etc.) sobre los trabajadores expuestos secundario al factor de riesgo ocasionado por las radiaciones ionizantes, inclusive, para las embarazadas, si se cumple con garantizar el límite establecido al efecto, unos 2 mSv sobre la piel en la región inferior del abdomen durante todo el embarazo, no se plantea la necesidad de cambios ni condiciones especiales de trabajo; no obstante, en este último aspecto, de manera práctica, la legislación de la mayoría de los países, promueve e indica el cambio de puesto de trabajo durante este período a otro donde no haya exposición a las radiaciones, garantizando así los límites antes mencionados.

Tipos de irradiación asociadas a las personas

- **Irradiación externa:**

Es cuando el individuo se irradia a partir de una fuente emisora que se encuentra en el exterior, fuera del sujeto que la recibe.

- **Irradiación interna o contaminación:**

Es cuando la fuente emisora se encuentra en el sujeto.

Si está en la superficie (piel y faneras) se produce una contaminación superficial o externa. Si la fuente se encuentra en el interior del organismo, entonces se denomina una contaminación interna. En la contaminación siempre van a estar implicadas fuentes radiactivas, no así en la irradiación externa, donde pueden ser originados por éstas, pero también por otros tipos de fuentes como son los generadores de Rx. Por lo tanto y por principio básico, en la contaminación, el órgano o tejido del individuo afectado va a estar sometido a una exposición a las radiaciones ionizantes durante todo el tiempo que la fuente permanezca en el organismo de manera activa o hasta que se logre su eliminación o extracción, por lo que una contaminación radiactiva siempre va a constituir una urgencia médica, ya que mientras más temprano se logre extraer el elemento contaminante radiactivo, menor va a ser la dosis que reciba la persona y por ende, menor el daño. En la irradiación externa, la urgencia va a ser dosimétrica, no vamos a poder influir en la dosis total que recibe la persona; en este caso se hace necesario conocer la dosis a la que se expuso el sujeto para poder conocer, entonces, el cuadro clínico que desarrollará, los efectos que se presentaran y por ende, las medidas terapéuticas a implementar.

Clasificación de los efectos biológicos por las radiaciones ionizantes

Se han clasificado de varias maneras teniendo en cuenta distintas variables, pero en la actualidad la recomendada por las organizaciones internacionales tales como la UNSCEAR, la CIPR, el OIEA, OMS OPS es en efectos determinísticos y estocásticos:

-Efectos determinísticos: Existe un umbral de dosis para su aparición y hay una relación directa dosis efecto, tanto en las alteraciones como en la gravedad de las mismas. Ejemplos: Radiodermitis, radiocataratas, infertilidad temporal y permanente radioinducidas, alteraciones hematológicas radioinducidas, etc.

Si el efecto aparece sólo cuando mueren numerosas células en un órgano o tejido, el efecto será sólo observable clínicamente si la dosis de radiación está por encima de un valor umbral. La magnitud de ese umbral dependerá de la tasa de dosis (es decir, dosis por unidad de tiempo) y la transferencia lineal de energía de la radiación, el órgano o tejido irradiado, el volumen de la parte irradiada del órgano o tejido, y el efecto clínico de interés. Con dosis crecientes, por encima del umbral, la probabilidad de ocurrencia se elevará abruptamente al 100 % (es decir, cada persona expuesta mostrará el efecto) y la severidad de este aumentará con la dosis. La Comisión llama a estos efectos "deterministas" (reacciones tisulares) y un análisis minucioso e información sobre los efectos deterministas puede encontrarse en la ICRP (2007a). Tales efectos pueden ocurrir en la aplicación de la radiación ionizante en radioterapia, y en los procedimientos intervencionistas, en particular, cuando los procedimientos intervencionistas guiados fluoroscópicamente son complejos y requieren tiempos de radioscopia muy largos o la adquisición de numerosas imágenes.

-Efectos estocásticos: Es aleatorio, probabilístico, se asume la no existencia de un umbral de dosis para su aparición. No obstante, y es una realidad, que, al aumentar la dosis recibida, aumenta la probabilidad del riesgo de incidencia de estos efectos. Su severidad es independiente a la dosis. Dentro de estos efectos se encuentran, solamente, la carcinogénesis (cánceres radioinducidos) y los efectos genéticos radioinducidos.

Existe suficiente evidencia en la biología celular y molecular que el daño por radiación al ADN en una única célula puede conducir a una célula transformada, todavía capaz de reproducirse. A pesar de las defensas del cuerpo, normalmente muy efectivas, existe una pequeña probabilidad que este tipo de año, promovido por la influencia de otros agentes no necesariamente asociados con la radiación, pueda llevar a una condición maligna (efecto

somático). Como la probabilidad es baja, sólo ocurrirá en algunas de las células expuestas. Si el daño inicial es a células germinales en las gónadas, pueden ocurrir efectos hereditarios.

La probabilidad de un efecto estocástico atribuible a la radiación aumenta con la dosis y probablemente, a dosis bajas, sea proporcional a la dosis. A dosis y tasas de dosis más altas, frecuentemente la probabilidad aumenta con la dosis más abruptamente que con una proporcionalidad simple. A dosis aún más altas, cercanas al umbral de los efectos deterministas (reacciones tisulares), la probabilidad aumenta más lentamente, y aún puede comenzar a disminuir, debido al efecto competitivo de la muerte celular. Estos efectos, tanto somáticos como hereditarios, son llamados “estocásticos”. Cuando la radiación ionizante es utilizada en procedimientos médicos la probabilidad de tales efectos aumenta.

Aunque un único examen radiológico lleve sólo a un pequeño aumento de la probabilidad de inducción de cáncer en un paciente, en los países industrializados cada miembro de la población se somete, como término medio, cada año a tal examen; por lo tanto, el riesgo acumulado aumenta en consecuencia. Los cálculos realizados bajo la suposición de la acción de la radiación, según el modelo lineal sin umbral, estiman que la proporción de muertes por cáncer en una población en general y que podría ser atribuida a la exposición de procedimientos radiológicos, puede alcanzar un nivel de una fracción de uno hasta un valor de pocas unidades por ciento del total de la mortalidad por cáncer (NAS/NRC, 2006). Además, el riesgo no está distribuido uniformemente en la población. Algunos grupos de pacientes son examinados con mayor frecuencia debido a su estado de salud. También, algunos grupos muestran una sensibilidad más alta que la media para la inducción de cáncer (p. ej. Embrión feto, bebés, niños pequeños, aquellos con susceptibilidad genética). Así mismo, los cánceres que se manifiestan tempranamente en la vida causan una mayor pérdida de años de vida que los cánceres que se manifiestan a una edad mayor. Todas estas circunstancias indican que son principios indispensables de la protección radiológica en odontología una apropiada justificación del uso de la radiación y la optimización de la protección.

Un análisis pormenorizado e información sobre los efectos somáticos y hereditarios se encuentra en la ICRP (2007a) y la visión de la Comisión sobre el riesgo de cáncer a dosis bajas fue presentada en la Publicación 99 (ICRP, 2005c). No es factible determinar sólo sobre bases epidemiológicas si existe o no, un aumento del riesgo de cáncer para los miembros del público asociado con dosis absorbidas del orden o menor que 100 mGy. El modelo lineal sin umbral sigue siendo una base prudente para los propósitos prácticos de la protección radiológica a bajas dosis y bajas tasas de dosis.

La Comisión también ha examinado el tema de los individuos con susceptibilidad genética al cáncer y ha expresado, su visión preliminar en la Publicación 79 (ICRP, 1999a), que la información disponible es insuficiente para proporcionar un juicio cuantitativo significativo sobre esta cuestión. La Comisión seguirá supervisando este tema respecto a sus implicancias en la protección radiológica.

Efectos de la irradiación durante el embarazo

Existen riesgos relacionados con la irradiación del embrión/feto durante el embarazo, que están relacionados con el estadio del embarazo y la dosis absorbida por el embrión/feto. Más adelante son mencionados brevemente al tratar los temas de efectos letales, malformaciones, efectos en el sistema nervioso central, y leucemia y cáncer infantil. La Comisión ha evaluado los efectos de la irradiación prenatal, detalladamente, en la Publicación 90 (ICRP, 2003b).

-Efectos letales:

Existe sensibilidad embrionaria a los efectos letales de la irradiación en el período de pre-implantación del desarrollo embrionario. A una dosis por debajo de 100 mGy, tales efectos letales serán muy infrecuentes y no existe razón alguna para creer que después del nacimiento se expresarán riesgos significativos para la salud.

-Malformaciones:

Durante el período de órgano génesis principal, convencionalmente considerado desde la tercera a la octava semana después de la concepción, pueden producirse malformaciones, en especial, en los órganos en desarrollo en el momento de la exposición. Estos efectos tienen un umbral de alrededor de 100 mGy

-Sistema nervioso central

A partir de la 8a a la 25a semana después de la concepción, el sistema nervioso central es particularmente sensible a la radiación. A dosis fetales por debajo de 100 mGy, clínicamente, no puede ser identificada una reducción del cociente intelectual. Durante el mismo período, dosis fetales del orden de 1 Gy resultan en una alta probabilidad de retraso mental severo. La mayor sensibilidad es a partir de la 8a y hasta la 15a semana después de la concepción, y menor a partir de la 16a a la 25a semana de edad gestacional.

-Leucemia y cáncer infantil

Se ha mostrado que la radiación aumenta la probabilidad de leucemia y de numerosos tipos de cáncer tanto en adultos como en niños. Durante la mayor parte del embarazo, se supone que el embrión/feto tiene aproximadamente el mismo riesgo de efectos carcinogénicos potenciales que los niños (es decir, aproximadamente tres veces más que la población en su conjunto).

Es importante tener en cuenta los efectos antes mencionados cuando las pacientes embarazadas se someten a exámenes diagnósticos, procedimientos intervencionistas y a terapia con radiación usando radiación ionizante. Debe alcanzarse un equilibrio entre la atención médica u odontológica de la paciente y los potenciales de efectos perjudiciales para la salud del embrión/feto asociados al procedimiento radiológico específico.

Factores externos

Son ajenos al organismo, principalmente están dados por las características de la radiación. Entre los principales elementos de este tipo están:

Tipo de radiación ionizante: Principalmente aquí hay que tener en cuenta la transferencia lineal de energía (TLE), que no es más que la cantidad de energía que es capaz de ceder al medio el tipo de radiación ionizante que está interactuando con la materia. Además, hay que tener en cuenta su poder de penetración.

Ejemplos: Radiaciones con alta T.L.E.: Radiaciones Alfa y Beta con alto nivel de ionización cuando interactúan con el medio pero con poco recorrido en él (de 0.5 a 3 cms), por lo tanto, con poco poder de penetración. Por otro lado, están los Neutrones, que tienen, además de una elevada TLE (alto nivel de ionización), un gran poder de penetración (lámina 2).

Radiaciones con baja T.L.E.: Rayos X y Gamma, las que tienen poco nivel de ionización, pero pueden alcanzar grandes distancias, por lo que su poder de penetración es también elevado.

Dosis y potencia de dosis (tasa de dosis): Hay una relación directa entre la magnitud (cantidad) de la energía depositada en la materia por la radiación ionizante que interactúa con el organismo, con el tipo y la gravedad de la lesión, así como el tiempo de aparición de la sintomatología. Es innegable que los mecanismos adaptativos, reparatorios y compensatorios del cuerpo humano son mucho más efectivos a exposiciones a bajas dosis.

También es importante, en cuanto a la dosis, la forma de administración o como fue recibida la irradiación. El fraccionamiento hace que el efecto sumario total sea menor, ya que los mecanismos reparatorios se pueden manifestar de mejor manera. Una irradiación única, según la magnitud de ella, es más dañina.

En línea general y como dato práctico, todas las radiaciones (tanto las de alta o baja T.L.E.) que tengan una tasa de dosis (dosis en tiempo) menor a 0.05 Gy/min. Son bajas, mientras que tasas superiores a 0.5 Gy/min son consideradas como altas.

Área y localización de la irradiación: A mayor área irradiada, mayor es la dosis absorbida, por tanto, el daño también es mayor. Las manifestaciones clínicas varían enormemente según sea el tamaño y la localización del área irradiada, con alteraciones específicas atendiendo a esto último, dado por la diferencia de radiosensibilidad de los distintos tejidos del organismo.

La magnitud y la distribución de la dosis son factores fundamentales que influyen en el daño radiobiológico.

Factores internos

Estos dependen del propio sujeto. En este sentido son importantes los siguientes factores:

La edad: Las células de los organismos jóvenes (embrión, niños) son más radiosensibles, debido al promedio elevado de poblaciones celulares en división. Por otra parte, las personas de la tercera edad son también más radiosensibles, en este caso particular, por la disminución de las defensas y de los procesos reparativos del organismo.

Concentración de oxígeno: A una mayor concentración de oxígeno en los tejidos, mayor será también los efectos nocivos de las radiaciones (efecto oxígeno). La causa es por el aumento de la formación de radicales libres que son tóxicos para las células.

Metabolismo: Un aumento de éste, incrementa los efectos nocivos de las radiaciones, también es por un aumento de la formación de radicales libres, elemento muy dañino para el funcionamiento normal de las células (efecto oxígeno).

Radiosensibilidad: Como se conoce, no todos los seres vivos poseen igual radiosensibilidad y aunque las causas no están del todo esclarecidas, se plantea entre otros aspectos, que sea por las diferencias del metabolismo que pueden existir entre las distintas especies.

Dentro de ésta, se encuentra la radiosensibilidad individual, en la cual, además del metabolismo, es importante tener en cuenta otros factores como son, patologías o enfermedades de base, actividad cardiorrespiratoria, estado nutricional, stress, etc., del individuo o sujeto irradiado.

Sexo: Aunque no es categórico, se plantea que el sexo femenino es más radioresistente, esto es por la extrapolación de resultados de determinados estudios efectuados en animales de experimentación.

Interacción de las radiaciones ionizantes con la materia viva: La célula es la unidad del complejo sistema biológico. A grandes rasgos, se compone de un citoplasma donde abunda el agua y otros elementos y estructuras (mitocondrias, lisosomas, ribosomas, etc.); por otro lado, hay un núcleo con un contenido fundamental de macromoléculas de DNA (Acido Desoxirribonucleico) que conforman los cromosomas, con un número determinado y específico para cada especie; en el caso del hombre es de 46 cromosomas y el genoma humano está en el orden de los 30.000 genes. Los estudios han demostrado que el “blanco perfecto” para la acción de las radiaciones ionizantes es el DNA.

Los cromosomas portan la información genética responsable de su transmisión a las células descendientes y de un organismo a otro, regulando también todas las funciones, tanto en su diferenciación como en su actividad metabólica y la relación con las demás células. De lo anterior se deriva que el núcleo es esencial para el buen funcionamiento y vida de la célula, así como para su reproducción.

Por último, una membrana rodea al núcleo y otra, a su vez, a toda la célula, ambas con propiedades selectivas de permeabilidad, garantizando con ello, el buen funcionamiento de la unidad básica de la materia viva, la célula.

Los efectos dañinos y nocivos de las radiaciones ionizantes se originan por dos vías:

Por acción directa: Es originada por la acción primaria de ionización y excitación de los átomos y moléculas de las diferentes células que componen los tejidos, al absorber la energía de la radiación ionizante que interactúa con ellas. De esta manera, puede haber por ejemplo, cambios en la integridad estructural del DNA., cambios enzimáticos, etc. que afectan las funciones vitales de las células, las que pueden conducir a lesiones irreparables o hasta la muerte celular. En dependencia de la magnitud del daño y del número de células afectadas, serán las manifestaciones clínicas.

Por acción indirecta: Es producto de los cambios químicos ocurridos en la molécula de agua, principal elemento

en la composición de la estructura general del organismo; éstos originan, grupos oxihidrilos “OH”, el cuál es un gran agente oxidante, tóxico para la célula y tejido en general. Estos elementos son conocidos también como “radicales libres”.

La producción de agentes químicos muy activos, secundaria a la irradiación, desencadenan, a su vez, una serie de reacciones bioquímicas de importancia con el subsiguiente daño y alteración funcional y fisiológica de las células y de los tejidos.

A manera de resumen se concluye, que el efecto biológico de las radiaciones ionizantes ocurre por la integración, por la sumatoria de los efectos obtenidos por la acción directa e indirecta, al interactuar las radiaciones con la materia viva. Las células y tejidos proliferativos (ejemplo: las células germinales de las gónadas, el tejido hematopoyético, el SNC del feto, etc.) son más radiosensibles que aquellos tejidos compuestos por células diferenciadas no proliferantes (ejemplo: el tejido muscular, el SNC del adulto, el tejido óseo, etc.). Actualmente se plantea que el daño celular por el depósito de energía absorbida producto de una irradiación, es debido a la ruptura de una o ambas cadenas de la molécula del DNA, de la posibilidad o no, de ser reparada por los mecanismos enzimáticos existentes intracelulares. Investigaciones efectuadas han demostrado que cuando se fracciona una sola cadena del DNA, puede ser reparada en breve tiempo, tomando como patrón de referencia a su homóloga no afectada (“imagen en espejo”), pudiéndose restituir y restablecer así el código de información celular. Esto no sucede cuando se fracturan ambas cadenas del DNA al mismo nivel o en niveles muy próximos, ya que no existe la matriz disponible para poder realizar una reparación libre de error, con la subsiguiente afectación de las funciones o la muerte celular.

MANTENIMIENTO Y CALIBRACION DE EQUIPOS RADIOLOGICOS

La Clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena cuenta con dos equipos periapicales Marca FIAD FIRENZE INTRA OS 70 Serie 2306TK5791, a los cuales se les realiza mantenimientos preventivos cada 6 meses y correctivos cada vez que el equipo lo requiera, a fin de garantizar su óptimo funcionamiento. El mantenimiento está a cargo del personal de área técnica.

2. DIPOSICIONES RELATIVAS A LAS PRACTICAS RADIOLOGICAS

UTILIZACION DE ELEMENTOS DE PROTECCION PERSONAL

Son considerados dentro del blindaje. Deben ser usados cada vez que se exponga a un campo de radiaciones, tanto por el personal expuesto como por los acompañantes y hasta por los mismos pacientes si es necesario. Existen distintas alternativas o medios que van desde el uso de ropa exclusiva de trabajo, guantes plomados, lentes de seguridad, protección respiratoria, etc., hasta el uso de los delantales plomados y collarines que son los más conocidos y utilizados dentro de la radiología médica y dental. Estos últimos pueden tener diferentes espesores según el campo de radiación al que se expone; en el caso particular de la radiología clínica dental convencional el espesor es de 0,25 mm de Plomo. Hay que tener muy en cuenta que en muchas ocasiones el solo uso del delantal plomado no significa la no exposición a las radiaciones, por lo que hay que tener presente el cumplimiento de las otras medidas de protección operacional. Estos elementos de protección personal deben cuidarse y protegerse de manera adecuada para mantener su efectividad y prolongar su vida útil (9).

Los pacientes no deben sujetar las placas con sus dedos, se deben utilizar portapelículas. El odontólogo y demás personal deben comprender los peligros de la radiación y conocer las precauciones necesarias para manipular correctamente el equipo y los pacientes. Se debe controlar estrechamente la exposición del personal a la radiación, utilizando dosímetros de placa (10).

CHALECO PLOMADO



CUELLO TIROIDEO



PORTAPELICULAS



DOSIMETRO



NORMAS DE TRABAJO EN EL AREA DE RADIOLOGIA DE LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA

Técnica periapical

Una serie de etapas correctamente ejecutadas harán que el resultado sea exitoso y así protegeremos al paciente de ser irradiado innecesariamente.

1) Del ingreso del paciente al CUBÍCULO

- En el cubículo de toma de radiografías solo debe estar el paciente y el operador con la excepción de niños pequeños o pacientes que necesiten asistencia.
- Solicitar al paciente que se retire los elementos metálicos que tenga en la cara como piercing, lentes, prótesis removibles.
- Proteger al paciente con delantal con collar tiroideo, así como a su acompañante en caso necesario. Según la pieza o piezas dentarias a radiografiar, seleccionar la técnica y el tiempo de exposición adecuados.

2) De la posición del paciente en el sillón

- Explique brevemente al paciente el procedimiento radiográfico a efectuar.
- Siente al paciente derecho en el sillón, ajuste el sillón a una altura de trabajo cómoda.
- Si las piezas corresponden al maxilar superior, colocar al paciente con el plano sagital perpendicular al suelo y el plano tragus-ala de la nariz (de Camper) paralelo al piso. Si las piezas correspondieran al maxilar inferior, colocar el plano sagital perpendicular al piso y el plano tragus- comisura labial paralelo al piso.
- El paciente debe apoyarse en el cabezal de modo de evitar cualquier movimiento durante la toma radiográfica.

3) De la colocación de la película radiográfica en la boca del paciente

- El operador debe usar guantes.
- Doblar suavemente la película radiográfica, de modo de poder adosarla en la boca del paciente más fácilmente.
- Para realizar el examen de los caninos e incisivos superiores e inferiores se coloca la película radiográfica en forma vertical.
- Para premolares y molares ésta se adosa a la mucosa lingual o palatina en forma horizontal, dejando en ambos casos un borde libre de 0.5 cm. en incisal u oclusal.
- Las piezas dentarias para radiografiar deben estar centradas en la película radiográfica.
- Adosar íntimamente la película a la mucosa lingual o palatina según corresponda. Una vez puesta la película en boca, volver a posicionar al paciente correctamente si éste se hubiese movido.
- De ser posible, usar siempre películas retroalveolares de adulto (Nº 2) en pacientes infantiles.

4) De la ubicación del Cono Localizador

En el extremo del cono localizador hay grabadas dos líneas, que al proyectar las imaginariamente representan el haz central de R-x, estas líneas ayudarán al operador a ubicar correctamente el cono, tanto en el plano vertical como horizontal.

a) Angulación vertical:

- El haz de R-x será perpendicular a la mitad del ángulo (bisectriz) formado por la película y la pieza dentaria pasando por el ápice de ésta (Ley de Ciescinsky) teóricamente los ápices de las piezas dentarias superiores se ubican en una línea que va del tragus al ala de la nariz, exceptuando el canino que está 0.5 cm. por encima de ésta.
- Los ápices de las piezas inferiores teóricamente se ubican en una línea paralela a 1 cm del borde basilar. Existen angulaciones verticales sugeridas por los fabricantes de los equipos radiográficos, pero éstas varían en la práctica dependiendo de la profundidad del paladar del paciente. Si el ángulo dado fuese exagerado se obtendrá una imagen acortada o escorzada.
- Con ángulo mayor se produce acortamiento o escorzo. Si por el contrario, se diese una angulación menor, el resultado será una imagen elongada, ambas dificultarán o harán imposible el diagnóstico. Con ángulo menor se produce alargamiento.

b) Angulación horizontal:

- El haz de R-x debe ser perpendicular a la película radiográfica o seguir la inclinación del punto de contacto de la pieza dentaria a examinar, para evitar sobre proyección de las caras proximales.
- El haz de R-x debe cubrir totalmente la película para evitar zonas sin exposición.
- El cono localizador debe quedar muy cerca de la piel para evitar agrandar la superficie expuesta a la radiación.

- Para piezas superiores solicitar al paciente que sostenga la película en su lugar, contra el paladar con el dedo pulgar del lado contrario al que se está examinando.
- Para piezas dentarias inferiores, con el dedo índice del lado contrario en la zona lingual.
- En ambos casos el operador tomará la mano del paciente para llevar su dedo anular correcto de sujeción para asegurar que sea hecho en forma correcta.

5) De la exposición

- Una vez en posición el cono, se instruirá al paciente de mantenerse inmóvil y así la imagen obtenida será nítida.
- El operador tomará posición en la cabina de disparo, o detrás del biombo plomado en su parte media.
- Apretará el cronorruptor hasta que la chicharra del equipo deje de sonar, esto asegura que el tiempo de exposición fue el suficiente para obtener una imagen diagnóstica.
- Retirá la película de la boca del paciente.

Técnica de aleta mordible

Una serie de etapas correctamente ejecutadas harán que el resultado sea exitoso y así protegeremos al paciente de ser irradiado innecesariamente.

1) Del ingreso del paciente

- En el sitio de toma de radiografías solo debe estar el paciente y el operador con la excepción de niños pequeños o pacientes que necesiten asistencia.
- Solicitar al paciente que se retire los elementos metálicos que tenga en la cara como piercing, lentes, prótesis removibles.
- Proteger al paciente con delantal con collar tiroideo, así como a su acompañante en caso necesario.
- Según la pieza o piezas dentarias a radiografiar seleccionar el tiempo de exposición adecuado.

2) De la posición del paciente en el sillón

Explicar brevemente al paciente el procedimiento radiográfico. Siente al paciente derecho en el sillón, ajuste el sillón a una altura de trabajo cómoda. Ajuste cabecero del sillón de tal modo que el paciente al apoyarse, quede con plano sagital perpendicular al piso y arcada superior sea paralela al suelo.

3) De la colocación de la película radiográfica en boca

- El operador debe usar guantes.
- Es posible utilizar un soporte de película o una lengüeta para estabilizar la película.
- En caso de usar lengüeta, es recomendable doblar suavemente la película radiográfica de modo de poder adosarla en la boca del paciente más fácilmente.

- Se recomienda la siguiente secuencia de exposición para cada lado de la boca:

Exponer primero las películas de aleta mordible de premolares (es más tolerable por el paciente y menos probable que induzca el reflejo faríngeo) y exponer al final las películas de aleta mordible de molares.

En niños menores de 12 años se recomienda utilizar una película por lado.

Inserte la película en la boca del paciente, colocando la mitad inferior entre la lengua y los dientes.

Coloque la lengüeta mordible en el plano oclusal, cuidando que las piezas a radiografiar queden centradas en la película.

Pida al paciente que cierre lentamente, hasta ocluir.

Párese frente al paciente y examine curvatura posterior de la arcada, puede colocar dedo índice a lo largo del área de premolares o molares.

Alinee el cono de modo que quede paralelo a su dedo índice y dirija el rayo central hacia la línea oclusal, cubriendo completamente la zona a radiografiar para evitar zonas sin exposición.

Asegúrese que el paciente no haya cambiado de posición.

4) De la angulación del cono

Existen soportes de película para aleta mordida que incluyen un localizador de cono que determinan la angulación adecuada, sin embargo, cuando se utiliza una lengüeta, el radiólogo debe determinar las angulaciones.

a) Angulación Vertical: Se recomienda una angulación vertical de +10 grados.

b) Angulación Horizontal: El rayo central se dirige perpendicular al eje del block de piezas a radiografiar y a través de las áreas de contacto de las piezas.

5) De la exposición

Una vez en posición el cono, se instruirá al paciente de mantenerse inmóvil y así la imagen obtenida será nítida.

El operador tomará posición en la cabina de disparo, o detrás del biombo plomado en su parte media.

Apretará exposímetro hasta que el timbre del equipo deje de sonar, esto asegura que el tiempo de exposición fue el suficiente para obtener una imagen diagnóstica.

Retirá la película de la boca del paciente.

-La toma de radiografías se llevará a cabo por personal entrenado en técnica radiográfica radioprotección y bioseguridad (auxiliares de Odontología y profesores). En el caso de que sean los estudiantes quienes toman la radiografía, ellos deberán recibir una instrucción previa del procedimiento por parte del docente del área de radiología y en lo posible deberán ser supervisados. Deberá velarse por la calidad y eficiencia de los procedimientos técnicos y atención al paciente, a fin de reducir al máximo la repetición de radiografías.

- En caso de que el paciente a irradiar sea pediátrico ó si el estado de salud general física o mental del paciente lo amerite, deberá estar acompañado por un acudiente durante la exposición radiográfica. En estos casos el acudiente deberá usar igualmente chaleco plomado de protección.

-El área de radiología deberá estar demarcada y señalizada con los símbolos reconocidos como “zonas de radiación peligrosa para la salud” y “mujeres embarazadas deben evitar ser irradiadas”. El acceso a dichas áreas deberá restringirse a personal autorizado y pacientes que requieran exámenes radiográficos. Las puertas de los cubículos de radiología deberán estar completamente cerradas durante la exposición radiográfica. Las instalaciones deberán estar adecuadamente diseñadas en lo relacionado con distribución de áreas y blindaje, acorde con las recomendaciones de un radiofísico experto y certificado.

-El personal ocupacionalmente expuesto deberá estar inmerso en un programa de vigilancia epidemiológica, con seguimiento de exposición laboral a radiaciones ionizantes a través de dosimetría personal, así como exámenes médicos y de laboratorio periódicos.

-Los equipos de emisión de rayos x deberán tener un programa de mantenimiento preventivo y correctivo periódico a fin de asegurar su buen funcionamiento.

3. EXPOSICIONES OCUPACIONALES

PERSONAL OCUPACIONALMENTE EXPUESTO DEL ÁREA DE RADIOLOGÍA DE LA CLÍNICA ODONTOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA:

Son todas aquellas personas que manipulan equipos de radiología de la Clínica, y están en contacto permanente con radiaciones ionizantes y requieren un seguimiento a través de controles dosimétricos para no superar los límites de radiación y así evitar poner en riesgo su salud.

Para lo cual la Universidad del Magdalena, a través su Departamento de Salud Ocupacional, realiza exámenes médicos de ingreso para este personal, que incluyen muestras de sangre.

De igual manera al personal laboralmente expuesto, se le realiza lectura mensual de sus dosímetros a través de la empresa DOSIMETRIX, y exámenes médicos anuales.

Si por alguna razón los exámenes médicos anteriores arrojan algún resultado comprometedor o las dosimetrías muestran algún tipo de riesgo, se realizan exámenes médicos con mayor frecuencia, de acuerdo con las necesidades.

Es de aclarar que las personas que manipulan los equipos de radiología se encuentran capacitadas y cuentan con carnés de radioprotección vigentes, así mismo utilizan de manera individual y obligatoria un dosímetro durante su jornada laboral.

En cuanto al trabajador que estuvo o está expuesto a radiaciones ionizantes en otra institución, se debe aportar la información de su historial dosimétrico al Departamento de Salud Ocupacional de la Universidad.

LÍMITES DE DOSIS PARA TRABAJADORES EXPUESTOS

Para exposición ocupacional, el año se considera de 50 semanas, el trimestre de 13 semanas. Promedio mensual: 417milirem y promedio semanal: 100 milirem.

Tabla No. 1* Límites de dosis de referencia según la colección de normas de seguridad.

Área Corporal	Ocupacional
Para cada órgano o tejido	50 mSv / año
Para el cristalino	150 mSv
Para extremidades	50 mSv
Dosis efectiva	20 mSv/año
Dosis equivalente al cristalino	150 mSv/año
Dosis equivalente a las extremidades y piel	500 mSv/año

Cuando por algún incidente radiológico se presuma que la dosis de una persona ocupacionalmente expuesta sea superior o cercana a las dosis de radiación máximas establecidas por la colección de normas de seguridad del OIEA, el empleado deberá someterse a un control especial (cuadro hemático, recuento de plaquetas y valoración médica) y deberá ser reubicado de forma tal que se disminuya la dosis anual (10).

La exposición del personal debe ser tan baja como sea posible, constituyendo el principio de ALARA (As low as reasonable achievable). El personal que adopte correctamente este principio solo estará expuesto a una pequeña fracción límite legal (10).

PROTECCIÓN ESPECIAL DURANTE EN EL EMBARAZO Y LA LACTANCIA

Tan pronto como una trabajadora ocupacionalmente expuesta informe de su estado de embarazo, por escrito, la

protección del feto debe ser comparable a la de los miembros del público y, por ello, las condiciones de trabajo deberán ser tales que las dosis al feto desde la notificación del embarazo al final de la gestación no excedan de 1 mSv (10).

Este límite de dosis se aplica exclusivamente al feto y no es directamente comparable con la dosis registrada en el dosímetro personal de la trabajadora embarazada. Por ello, a efectos prácticos y para exposición a radiación externa, se puede considerar que 1 mSv al feto es comparable a una dosis de 2 mSv en la superficie del abdomen (10).

La declaración de embarazo no implica que las mujeres gestantes tengan que evitar el trabajo en presencia de radiaciones o que deba prohibirse su acceso a zonas controladas. No obstante, las condiciones en que se realiza ese trabajo deben ser cuidadosamente evaluadas, de modo que se asegure la no superación del citado límite (10).

Como recomendación se procurará destinar a la mujer gestante a puestos con exposición mínima, compatible con la legislación. Las mujeres en período de lactancia no desempeñarán trabajos que supongan un riesgo significativo de contaminación interna (10).

LÍMITES DE DOSIS PARA PERSONAS EN FORMACIÓN Y ESTUDIANTES

Los límites de dosis para personas en formación y estudiantes que deban manejar fuentes de radiación por razón de sus estudios serán los siguientes:

*Para estudiantes mayores de 18 años: los límites son los mismos que para los trabajadores expuestos por puesto de trabajo (10).

* Para estudiantes entre 16 y 18 años:

- El límite de dosis efectiva es de 6mSv por año oficial.
- Los límites de dosis equivalente para cristalino, piel, manos, antebrazos y pies son tres décimos de los límites establecidos para trabajadores expuestos (11).

*Para estudiantes menores de 16 años: los límites son los mismos que para los miembros del público. (Ver tabla No. 2)(11).

4. EXPOSICIONES AL PÚBLICO

MIEMBROS DEL PÚBLICO

Se consideran miembros del público aquellos que son:

- Trabajadores no expuestos.
- Trabajadores expuestos, fuera de su horario de trabajo.
- Los usuarios mientras no estén siendo atendidos como pacientes con fines diagnósticos o terapéuticos.
- Cualquier otro individuo de la población.

Como orientación general, se considerarán como trabajadores no ocupacionalmente expuestos al personal administrativo, y de servicios generales. A este tipo de trabajadores se les proporcionará la información en Protección Radiológica adecuada si su instalación específica y su puesto de trabajo lo requiere, también se les entregará el dosímetro personal si lo requiere (10).

CLASIFICACIÓN DE LAS ÁREAS

Las áreas se clasifican como controladas o supervisadas, de la siguiente manera:

Áreas controladas: Son aquellas donde la entrada de pacientes y público en general y donde lo establecido es que el nivel de dosis no sobrepase los 10 $\mu\text{Gy/h}$ o 10 $\mu\text{Sv/h}$ (1 mrad/h ó 1mrem/h). En nuestro servicio esta área corresponde a la sala de Radiología.

Áreas supervisadas: Son aquellas donde la dosis no es mayor de 0.5 $\mu\text{Sv/h}$ ó 0.05 mrem/h. Están representadas por la sala de espera externa, área administrativa o de la secretaria, pasillos y baños del servicio (10).

LÍMITES OPERACIONALES

La limitación operacional es la estimación de los valores operacionales de dosis, para todas las zonas de la instalación. Para dar cumplimiento a las medidas de protección, se han establecido límites primarios de dosis correspondientes a: 100 mSv promediados en 5 años sin sobrepasar 20 mSv en un año para el personal OCUPACIONALMENTE EXPUESTO (10).

TABLA DE LÍMITES ANUALES DE DOSIS EFECTIVAS Y EQUIVALENTES

Dosis equivalente efectiva:

Ocupacionalmente expuesto: 20 mSv año, 1.7mSv/mes ideal 0.7 mSv/mes Público general 1mSv/ año

Dosis equivalente.

Tabla 2. *Límites de dosis de referencia para personal ocupacional y miembros del público.

Área Corporal	Ocupacional	Público
Para cada órgano o tejido	50 mSv / año	500 mSv
Para el cristalino	150 mSv	15 mSv / año
Para extremidades	50 mSv	5 mSv / año

Determinación de límites y niveles de referencia

Un límite de dosis se define como: " El valor de la dosis efectiva o de la dosis equivalente causada a los individuos por prácticas controladas, que no se deberá sobrepasar"(10).

ACCESO A ZONAS CONTROLADAS

El acceso a las zonas controladas estará restringido a personas debidamente autorizadas, es decir, a trabajadores expuestos adscritos a ese lugar y con conocimiento de las normas a aplicar y el riesgo existente en el mismo.

Todas las áreas controladas del servicio están debidamente señalizadas y demarcadas, advirtiendo que es prohibido el acceso a personal no autorizado.

A los pacientes que deban ser objeto de pruebas diagnósticas se les dará toda la información y medios necesarios para que no se irradien accidentalmente por motivos ajenos al acto médico del que van a ser objeto (10).

CLASIFICACIÓN DE LOS ACCESOS Y SEÑALIZACIÓN

El riesgo de exposición a la radiación vendrá señalizado mediante su símbolo internacional: un "trébol" enmarcado por una orla rectangular del mismo color y de idéntica anchura que el diámetro del círculo interior del mismo.

Las señales se colocarán bien visibles a la entrada de las correspondientes áreas y en los lugares significativos de ellas (10).



PROTECCIÓN AL PÚBLICO EN GENERAL

Se entiende por público en general a todas aquellas personas que se encuentran en una institución, de radiología y reciban dosis de radiación como consecuencia de la misma. Estas personas reciben estas dosis de forma involuntaria y sin recibir nada a cambio, por lo que el riesgo permitido ha de ser menor que el del personal ocupacionalmente expuesto. El límite anual de dosis para este personal en la actual legislación es de 1 mSv/año oficial.

En circunstancias normales de trabajo, los miembros del público nunca estarán expuestos a una irradiación externa derivada de actividades laborales realizadas en áreas controladas. En general, los principales riesgos que pudiesen afectar a un miembro del público serían los derivados del uso de equipos de Rayos X móviles.

El control de la exposición externa se realizará mediante:

- Diseño de blindajes estructurales y no estructurales.
- Señalización de zonas (10).

PROTECCIÓN FAMILIARES Y PERSONAS PRÓXIMAS

Las personas ocupacionalmente expuestas velarán por el cumplimiento de las normas de radioprotección y bioseguridad, así mismo velarán por las del público en general.

El servicio de Radiología tiene sus ambientes de trabajo debidamente señalizados, donde dependiendo del sitio, las personas tienen total acceso o es restringido, en tal sentido encontramos zona controlada y zonas supervisadas.

Los responsables de los programas de garantía de calidad en la unidad asistencial de Radiología establecerán en dicho programa restricciones de dosis para las exposiciones de aquellas personas distintas de los profesionales, que consciente y voluntariamente colaboren con la asistencia y bienestar de los pacientes que están sometidos a diagnóstico o tratamiento médico según los casos.

En ningún caso se permitirá que colaboren, a los efectos del párrafo anterior mujeres embarazadas o menores de 18 años.

La colaboración de los familiares, personas próximas o voluntarios en la asistencia del paciente se pueden dar en diferentes casos, por ejemplo, en pediatría para la inmovilización durante la realización de toma de una radiografía. El riesgo asociado para este grupo de población es sobre todo de irradiación.

Con estas hipótesis, por grupos de población se admite que:

-Una dosis efectiva de 1 mSv es el límite de exposición que se acepta para un neonato durante el embarazo (desde la comunicación de este por parte de la madre) en el caso de una mujer trabajadora expuesta. Por ello, parece razonable aplicar este mismo límite a la exposición del útero debida a un paciente que actúa como fuente de radiación.

-Se supone que el riesgo para niños menores de 10 años es el mismo que el de los neonatos, por lo que se debe aplicar el mismo límite: 1 mSv.

-El riesgo para los niños mayores de 10 años y los adultos es de 2 a 3 veces inferior al de los menores de esta edad. Por ello, tras valorar las normas básicas de seguridad y tenido en cuenta la posibilidad de exposición de una persona a otras fuentes humanas durante su vida, parece aconsejable una restricción de dosis a 3 mSv.

-El riesgo para personas de 60 años es de 3 a 10 veces inferior al de la población en general y de 5 a 10 veces inferior para los mayores de 65 años. Por ello se considera razonable que la restricción de dosis sea a 15 mSv para las personas adultas mayores de 60 años.

-Dentro de las diferentes salas se provee de chalecos, cuellos de tiroides a los familiares que por alguna razón se vean expuestos a la radiación, solo para acompañamiento de pacientes con alguna discapacidad o niños a los cuales se tengan que sostener (10).

5. DISPOSICIONES FINALES

La Clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena, realiza un control diario de las radiografías tomadas y repetidas con el objetivo de controlar las exposiciones, como medio para evitar irradiar innecesariamente tanto a los pacientes como al personal potencialmente expuesto.

Donde se registra los valores de dosis absorbida por cada técnica de acuerdo al informe de determinación de niveles orientativos de dosis en las instalaciones destinadas a radiodiagnóstico en la clínica Odontológica de la Universidad del Magdalena del 18 de agosto de 2017, relacionada a continuación:

Tabla 3. *Valores de dosis absorbida por cada técnica radiológica (12).

EQUIPO	TECNICA	POTENCIAL (Kv)	CORRIENTE (mA)	TIEMPO (s)	DOSIS (mGy)
1	EXTRAORAL (HOMBRE)	74	10	12	5.5
1	EXTRAORAL (MUJER)	72	10	12	5
1	EXTRAORAL (NIÑO)	68	10	12	4.5
1	EXTRAORAL (NIÑA)	70	10	12	5.0
1	PERFIL (ADULTO)	74	6	0.8	0.8
1	PERFIL (NIÑO)	74	6	0.6	0.7
1	POSTERO-ANTERIOR	80	6	0.8	1.3
1	CARPOGRAMA	62	4	0.16	0.3
2	INCISIVO INFERIOR	70	7	0.5	2
2	INCISIVO SUPERIOR	70	7	0.63	3
2	MOLARES	70	7	0.8	4
1	INCISIVO INFERIOR	70	7	0.64	2.5
1	INCISIVO SUPERIOR	70	7	0.64	2.6
3	MOLAR SUPERIOR	70	7	1.0	3.5
3	MOLAR INFERIOR	70	7	0.8	4.5
2	INCISIVO INFERIOR	70	7	0.4	2.0
2	INCISIVO SUPERIOR	70	7	0.4	2.0
1	MOLAR SUPERIOR	70	7	0.5	3.0
1	MOLAR INFERIOR	70	7	0.64	4.0
1	INCISIVO INFERIOR	70	7	0.5	1.5
1	INCISIVO SUPERIOR	70	7	0.63	2.5
2	MOLARES	70	7	0.8	3.5

1	MOLAR INFERIOR	70	7	0.5	2.5
1	INCISIVO INFERIOR	70	7	0.63	3.5
1	MOLARES	70	7	0.8	4.5

6. REGISTRO DE MODIFICACIONES

Versión	Fecha	Ítem modificado	Descripción

No aplica la primera vez

7. REFERENCIAS

1. Reglamento de Seguridad Radiológica para la Universidad Nacional de Colombia. 2009.
2. Acosta J, Cañete S. Manual de Radioprotección de la Universidad de Malaga. 2005 Septiembre..
3. M, Mejia. Manual de Radioprotección Fundación Universitaria San Martín Sede Puerto Colombia. 2007 Septiembre.
4. Manual del Operador Gendex Orthoralix S. 1996 Diciembre
5. www.gendex.com. [Online].
6. www.radiologiauaa.wordpress.com. [Online].; 2012 [cited 2012 Septiembre 18].
7. Cancio D, Rudelli M, Brosed A, Arbor A, Cebrian D, Arias C, et al. Las Recomendaciones 2007 de la Comisión Internacional de Protección Radiológica. 2007. Sociedad Española de Protección Radiológica, Asociación de Profesionales de la Comisión Nacional de Energía Atómica y la Actividad Clear.
8. www.protecciondelradiologo.blogspot.com. [Online].; 2012 [cited 2012 Septiembre 18].
9. Delgado O, Olaya F, Leyton F, Rodríguez A, Tagle S. Manual de Protección Radiológica y de Buenas Prácticas en Radiología Dento-Maxilo-Facial. Gobierno de Chile. Ministerio de Salud. Instituto de Salud Pública de Chile.
10. Sierra N, Palacios S. Manual de Protección Radiológica Hospital Fontibón E.S.E. 2012 Julio.
11. Manual General de Protección Radiológica. Sociedad Española de Física Médica. 2002 Septiembre.
12. U, Chica. Informe de Determinación de Niveles Orientativos de Dosis en las Instalaciones Destinadas a Radiodiagnóstico en la Facultad de Odontología de la Universidad Nacional de Colombia. 2009 Septiembre 26.
13. Ministerio de Salud de Colombia. Resolución 482 de 2018 (Sección I, Art. 21). Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resoluci%C3%B3n%20No.%20482%20de%202018.pdf [Recuperado el 18/10/2019].

Elaboró <i>Equipo de trabajo Coordinación Administrativa Clínica Odontológica 24/10/2019</i>	Revisó <i>Yineth Pérez Torres Responsable Mejora Continua Sistema Gestión COGUI+ Grupo Gestión de la Calidad 25/10/2019</i>	Aprobó <i>Edwin Estévez Avendaño Director de Programa de Odontología Facultad de Ciencias de la Salud 28/10/2019</i>
--	---	--

ANEXOS

5.8 LICENCIA DE PRÁCTICA MÉDICA, EQUIPOS DE CATEGORÍAS I-II.

Para obtener el licenciamiento de equipos de rayos X, incluyendo los dentales, es mandatorio que se envíe a la entidad departamental de salud, lo siguiente:

1. Carta dirigida al secretario de salud departamental solicitando la licencia.
2. Anexo No 3 de la Resolución 482/2018 debidamente diligenciado.
3. Fotocopia del RUT (persona natural) y/o cámara de comercio si es persona jurídica.
4. Fotocopia de cédula (representante legal)
5. Fotocopia de cédula (encargado de manejar el equipo)
6. Diploma y acta de grado (encargado de manejar el equipo)
7. Certificado de Protección Radiológica.
8. Programa de capacitación en protección radiológica (anual).
9. Estudio y evaluación de la instalación de RX.
10. Planos ubicados de la unidad de RX.
11. Comprobante de consignación por cada equipo (ver valores (2019) en Fig. 2) a la cuenta de ahorro **No 518-105960 Banco BBVA** a nombre de la cuenta: **SUBCUENTA DE OTROS GASTOS EN SALUD INVERSION.**

EQUIPO	CATEGORIA	EQUIVALENTE SMSLV	VALOR EN PESOS
PERIAPICAL	I	10	\$ 276.038
DENSIOMETRIA OSEA	I	20	\$ 552.077
RADIOTERAPIA	II	20	\$ 552.077
TOMOGRAFO	II	20	\$ 552.077
TOMOGRAFO ODONTOLOGICO	II	15	\$ 414.058
ARCO EN C	II	20	\$ 552.077
CONVENCIONAL	II	20	\$ 552.077
FIJO	II	20	\$ 552.077
PORTATIL	II	20	\$ 552.077
PANORAMICO CEFALICO	II	20	\$ 552.077
MAMOGRAFO	II	20	\$ 552.077
FLUOROSCOPIO	II	20	\$ 552.077
LITOTRIPTOR	II	20	\$ 552.077
ACELERADOR LINEAL	II	20	\$ 552.077
ANGIOGRAFO	II	20	\$ 552.077

Figura 2. Valores del licenciamiento de diferentes equipos de RX.

Tener en cuenta que los equipos de radiografía periapical son de **Categoría I**, mientras que los de radiografía panorámica y tomografía orales son de **Categoría II**.

5.9 Licencia de Práctica Médica Categoría I (Ministerio de Salud)

El procedimiento **básico** para conseguir la licencia de práctica médica categoría I (radiografía periapical) es (13):

1. Para personas naturales: fotocopia de la cédula y del RUT del solicitante.

2. Para personas jurídicas: certificado de existencia y representación legal, cuya consulta la hará la entidad territorial correspondiente.
3. Fotocopia de la cédula y diploma del encargado de la protección radiológica, con el que deberá contar la correspondiente instalación.
4. Documento en el que conste la descripción de los blindajes estructurales o portátiles y el cálculo del blindaje.
5. Informe elaborado y suscrito por la persona natural o jurídica que haya obtenido la licencia de prestación de servicios de protección radiológica y control de calidad, en donde se establezcan los resultados de las pruebas de control de calidad aplicada a los equipos generadores de radiación ionizante. Para radiografía periapical tener en cuenta los protocolos de control de calidad del artículo 14 de la presente resolución.
6. Registros dosimétricos del último periodo de los trabajadores ocupacionalmente expuestos que incluya las dosis acumulativas.
7. Registro de los niveles de referencia para diagnóstico de la práctica radiológica periapical.
8. Plano general de las instalaciones de acuerdo con la resolución 4445 de 1996 del ministerio de salud. El plano debe contar con: áreas de trabajo de la práctica, listado de procedimientos en cada una de las áreas de trabajo, ubicación de los equipos de radiación ionizante, señalización de zonas (trébol magenta sobre amarillo).
9. Certificado de capacitación en protección radiológica de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, expedido por una IES o una IETDH. Si el trabajador ocupacionalmente expuesto ha adquirido este conocimiento durante su formación académica, este requisito se entenderá homologado siempre que presente la certificación.
10. Programa de capacitación en protección radiológica ofrecido por el prestador de servicios al personal involucrado en la práctica médica categoría I. El programa deberá ser dirigido por el encargado de protección radiológica, con periodicidad anual y en los términos del anexo 5 de la presente resolución.
11. Procedimiento de mantenimiento de los equipos de acuerdo con las normas del fabricante.
12. Documento suministrado por el instalador del equipo que contenga los resultados de las pruebas iniciales de caracterización y puesta en marcha del equipo, donde se incluya, además, el control de calidad.
13. Documento que contenga el Programa Institucional de Tecnovigilancia para la identificación de incidentes o efectos adversos, asociados con las prácticas médicas de acuerdo con la Resolución 4816 de 2008.
14. Documento que contenga el programa de protección radiológica donde se incluyan las responsabilidades de la institución y los procedimientos documentados para la realización de la práctica.

La licencia de práctica médica categoría I tiene vigencia de **5 años**. Para mayor detalle, consultar la referencia (13).