

Artículo de revisión

Protección Radiológica en Radiología Dental

*Proteção Radiologica em Radiologia Dentária**Radiation Protection in Dental Radiology*Jorge Homero Wilches-Visbal¹ , Midian Clara Castillo Pedraza² , Helen Jamil Khoury³ 

1. Doctor en Física Aplicada a la Medicina y Biología. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Colombia

2. Doctora en Rehabilitación Oral. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Magdalena, Colombia.

3. Doctora en Física Nuclear. Departamento de Energía Nuclear. Universidade Federal de Pernambuco, Brasil.

Fecha correspondencia:

Recibido: abril de 2020.

Aceptado: octubre de 2020.

Forma de citar:

Wilches-Visbal JH, Castillo Pedraza MC, Khoury HJ. Protección Radiológica en Radiología Dental. Rev. CES Odont 2021; 34(1): 52-67.

Open access

© Derecho de autor

Licencia creative commons

Ética de publicaciones

Revisión por pares

Gestión por Open Journal System

DOI: [http://dx.doi.org/10.21615/](http://dx.doi.org/10.21615/cesodon.34.1.6)

cesodon.34.1.6

ISSN 0120-971X

e-ISSN 2215-9185

Resumen

El uso de rayos X juega un papel esencial en el diagnóstico y planificación de tratamientos dentales. Los avances tecnológicos de los equipos de rayos X han contribuido al mayor uso de este tipo de radiación en la práctica odontológica. Aunque la exposición a la radiación es baja en estos procedimientos, todavía existe un riesgo que debe reducirse al mínimo necesario a fin de obtener una imagen adecuada para el diagnóstico y a la vez evitar efectos nocivos para el paciente y el personal involucrado. Debido al alto y creciente número de radiografías dentales, el hecho de que niños y adolescentes sean el foco de la mayoría de estas, la subestimación de la cantidad de exámenes radiológicos reportados y la supuesta baja conciencia de estudiantes y profesionales de la odontología sobre los peligros del uso indiscriminado de los rayos X, es necesario adoptar medidas de protección radiológica para mitigar los efectos biológicos radioinducidos. Este artículo tiene como objetivo revisar los principios básicos de la radioprotección que deben considerarse en la práctica dental, con el fin de garantizar el menor daño posible a trabajadores ocupacionalmente expuestos, pacientes y miembros del público.

Palabras clave: radiobiología, radioprotección, dosis, riesgo, radiología dental.

Resumo

O uso dos raios X desempenha um papel essencial no diagnóstico e planejamento de tratamentos dentários. O avanço tecnológico nos equipamentos de raios-X tem contribuído para o aumento do uso deste tipo de radiação na prática odontológica. Embora a exposição à radiação seja baixa nestes procedimentos, ela representa um risco e deve ser reduzida ao mínimo valor necessário para se obter a imagem adequada para o diagnóstico, evitando efeitos nocivos ao paciente e ao pessoal envolvido. Devido ao elevado e crescente número de radiografias odontológicas, ao fato de crianças e adolescentes serem o foco de grande parte delas, a subestimação do número de exames radiológicos notificados e a suposta baixa conscientização de estudantes e profissionais da odontologia sobre os perigos dos uso indiscriminado de raios-x, é precisa a adoção de medidas de radioproteção para mitigar o risco de efeitos nocivos radioinduzidos. Este artigo tem como objetivo revisar

os princípios básicos da radioproteção a serem considerados na prática odontológica, a fim de garantir o menor prejuízo possível para trabalhadores ocupacionalmente expostos, pacientes e membros do público.

Palavras-chave: radiobiologia, radioproteção, dose, risco, radiologia dentária.

Abstract

The use of X-rays plays an essential role in the diagnosis and planning of dental treatments. Technological advances in X-ray equipment have contributed to the increased use of this type of radiation in dental practice. Although radiation exposure is low in these procedures, there is still a risk. The reduction of the risk to the minimum value possible is necessary to obtain an adequate image for the diagnosis and avoiding harmful effects on the patient and the personnel involved. Due to the high and growing number of dental X-rays, the fact that children and adolescents are the focus of most of them, the underestimation of the number of radiological examinations reported and the supposed low awareness of dental students and professionals about the dangers the indiscriminate use of X-rays, it is necessary to adopt radioprotection measures to mitigate the risk of harmful radioinduced effects. This article aims to review the basic principles of radioprotection to be considered in dental radiology, in order to ensure the least possible damage to occupationally exposed workers, patients and public members.

Keywords: radiobiology, radiation protection, dose, risk, dental radiology.

Introducción

En odontología, exámenes radiográficos son esenciales en el diagnóstico y planificación de tratamientos, así como en el monitoreo y seguimiento de lesiones de la cavidad oral y tejidos adyacentes (1–3). En particular, la radiografía es un medio efectivo para obtener imágenes de estructuras dentales y maxilofaciales, identificar caries, disturbios en el crecimiento de los dientes, alteraciones en las estructuras de soporte, patologías pulpares y otros problemas orales (4–6).

En la actualidad, los odontólogos disponen de una amplia variedad de sistemas imagenológicos basados en rayos X, los cuales pueden ser usados dependiendo del problema clínico (3,5,7,8). Problemas clínicos simples se abordan con radiografías intra (periapicales/oclusales) o extraorales (panorámicas/cefalométricas P-A), los más complejos podrían exigir tomografía computacional de haz cónico (CBCT en inglés) (8–11). Para confirmar un diagnóstico preliminar, podría requerirse la combinación de varias técnicas radiográficas (3), lo que puede aumentar la exposición a la radiación.

Debido a la creciente demanda de estudios radiográficos dentales (12); que los odontólogos son los profesionales que más usan los rayos X diagnósticos (13,14); que el riesgo es proporcional a la dosis recibida (aumentando con la frecuencia de exposición) (15) y a la baja consciencia de estudiantes, odontólogos y pacientes sobre el uso correcto y efectos nocivos de la radiación (16–21), medidas de protección radiológica deben ser cuidadosa elaboradas y constantemente revisadas (3).

El uso de radiación ionizante implica el cumplimiento de normas, procedimientos y recomendaciones, donde los beneficios de la exposición deben superar los potenciales detrimentos. Aunque las dosis individuales y los riesgos asociados a la radiología

dental sean considerados bajos, la dosis colectiva puede ser significativa dado el elevado número de exámenes realizados (15).

Las dosis recibidas por el paciente deben mantenerse tan bajas como sea razonablemente posible (ALARA en inglés). En radiología dental, esta dosis involucra factores relacionados con el equipo de rayos X (kV, tiempo de exposición y mA), el tamaño del campo de radiación, el receptor de imagen y el uso de elementos de protección. La optimización de estos factores ayuda a reducir sustancialmente la dosis.

Por tanto, el propósito del presente trabajo es revisar los principios básicos de la protección radiológica, las magnitudes dosimétricas más importantes, los daños biológicos potenciales de la radiación y las medidas o recomendaciones que deben adoptarse para asegurar la correcta aplicación de los rayos X diagnóstica en odontología.

Principios Básicos de Protección Radiológica

El objetivo de la protección radiológica es garantizar el uso de radiaciones ionizantes con el menor daño posible al ser humano. Las recomendaciones de Protección Radiológica están basadas en el conocimiento de los efectos biológicos (22,23).

En ese sentido, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP en inglés) propuso un sistema de protección radiológica basado en tres principios (1,7,15,24–27):

i) Principio de Justificación: cualquier decisión que implique usar radiación ionizante debe producir un beneficio neto positivo para el individuo y/o la sociedad.

Esto significa que todos los exámenes de rayos X realizados a un paciente deben estar debidamente argumentados sobre la base de que los beneficios para el paciente superan el potencial detrimento. Por tanto, una radiografía dental está justificada (15):

- Si añade una información que ayuda al manejo del paciente, es decir, una información que no puede ser obtenida por técnicas no-ionizantes.
- Si el estudio radiográfico se realiza luego de que la historia clínica y el examen convencional hayan sido ejecutados, ya que radiografías de rutina (por costumbre) son inaceptables.
- Si el odontólogo proporciona suficiente información clínica para que quien realiza la radiografía pueda justificarla.

ii) Principio de Optimización: una vez justificada la práctica médica es necesario garantizar que el procedimiento está optimizado, o sea, que produce una imagen de alta calidad con baja dosis al paciente.

En radiología, la optimización implica producir una imagen con visibilidad y nitidez de los detalles de las estructuras anatómicas de interés, con la menor dosis posible.

iii) Principio de Limitación de dosis: los límites de dosis son válidos para la exposición ocupacional y la exposición del público. No hay límite de dosis para pacientes. Para estos, se establecen niveles orientativos (o de referencia) para optimizar la protección radiológica. Un nivel orientativo es un valor derivado de un estudio de dosis de una población y representa el tercer cuartil en el rango de dosis observados (27,28).

Si se demuestra que estos niveles se superan sistemáticamente en los procedimientos radiográficos realizados en una institución, se deben volver a evaluar los procedimientos y/o equipos y, de ser necesario, tomar medidas correctivas.

Magnitudes y Unidades de las Radiaciones Ionizantes

Para caracterizar de forma cualitativa y cuantitativa la radiación y sus efectos, es necesario definir un conjunto de magnitudes con sus correspondientes unidades.

Dosis absorbida y dosis equivalente

La dosis absorbida, D , es la energía media depositada por la radiación ionizante en la materia, $d\bar{E}$, por unidad de masa, dm , (22),

$$D = \frac{d\bar{E}}{dm}. \quad (1)$$

Su unidad es el Julio/kilogramo (J/kg) o Gray (Gy). A pesar de que dosis absorbida es la dosis física básica, por sí misma, no da cuenta del daño biológico, pues diferentes tipos de radiación, entregando igual dosis, podrían generar diferente daño (29).

La dosis equivalente, H , es la dosis absorbida que tiene en cuenta la manera en que la radiación se distribuye a medida que a traviesa la materia (29), es decir, ponderada por el tipo de partícula radiante (22),

$$H = \sum_R w_R D_{T,R}, \quad (2)$$

donde w_R es el factor de ponderación de la radiación R y $D_{T,R}$ es la dosis absorbida media de la radiación R en el volumen de tejido irradiado TT . La sumatoria en R se ejecuta sobre todos los tipos de radiación incidentes (15). Su unidad es el Sievert (Sv).

Para la mayoría de las radiaciones usadas en salud (rayos X, γ, e^-), $w_R = 1w_R = 1$, por lo que, la dosis absorbida y la dosis equivalente son numéricamente iguales.

Dosis Efectiva

La exposición a la radiación de los diferentes órganos y tejidos corporales causa daños con distintas probabilidades y diferente gravedad. La combinación de probabilidad y gravedad recibe el nombre de "detrimento". Para reflejar el detrimento combinado de efectos estocásticos debidos a las dosis equivalentes en todos los órganos y tejidos del cuerpo, se multiplica la dosis equivalente en cada órgano y tejido por un factor de ponderación del tejido, w_T , sumándose los resultados para todo el cuerpo, para obtener así, la dosis efectiva, E .

La dosis efectiva, E , se define como la dosis equivalente ponderada por tipo de tejido (22),

$$E = \sum_T w_T \sum_R w_R D_{T,R}, \quad (3)$$

donde w_T es el factor de ponderación del tejido. La sumatoria en T se ejecuta sobre todos los tejidos irradiados. Su unidad es el Sievert (Sv). Valores de w_T y w_R pueden consultarse en Von Boetticher *et al.* (2008) (30).

El uso de la dosis efectiva para la evaluación de la exposición de pacientes tiene serias limitaciones que deben ser tomadas en cuenta. La dosis efectiva puede ser usada para comparar dosis de diferentes procedimientos diagnósticos (y en pocos casos especiales para procedimientos terapéuticos) y para comparar el uso de tecnologías y procedimientos similares en diferentes hospitales y países, así como, el uso de diferentes tecnologías para el mismo examen médico. Sin embargo, para planificar la exposición de pacientes y evaluar el riesgo-beneficio, la dosis en los órganos irradiados (o dosis equivalente) es la variable más relevante. Este es especialmente el caso cuando se pretende estimar el riesgo (15,38).

Medidas de dosis absorbida en tejidos pueden hacerse por medio de dosímetros inmersos en un fantoma antropomorfo (15,32). Cada dosímetro es ubicado en el correspondiente órgano de interés para estimar la dosis efectiva. Varios tipos de dosímetros, incluyendo el termoluminiscente (TLD en inglés) y el luminiscente por estimulación óptica (OSL en inglés) pueden ser utilizados (32,33). Otra forma de hallar la dosis efectiva es utilizar modelos computacionales basados en Monte Carlo (34,35).

Las dosis efectivas y probabilidades de riesgo de cáncer mortal en radiodiagnóstico dental se observan en la tabla 1.

Tabla 1. Dosis efectivas de equipos radiológicos dentales.

Estudio Radiográfico	Dosis Efectiva (μSv)	Referencias
Radiografía intraoral (periapical, aleta de mordida, oclusal)	0,65 – 9,1	(1,36)
Radiografía panorámica	3,85 – 38	(1,7,36)
Cefalometría	1,1 – 6	(1,7,36)
Tomografía Computacional de Haz Cónico	61 – 134	(7,37)

De la tabla 1 se observa una mayor dosis efectiva para equipos de imágenes tridimensionales (tomografías) que para los bidimensionales (intraorales y extraorales), implicando mayores medidas de seguridad en los primeros. Detalles e indicaciones de uso de estos equipos pueden encontrarse en Shah *et al.* (2014) (8) y Vandenberghe *et al.* (2014) (9).

Por otra parte, se ha calculado que la probabilidad de efectos estocásticos en toda la población es de 7,3%/Sv, discriminada en: 5,0%/Sv para cáncer mortal; 1,0%/Sv para cáncer no mortal y 1,3%/Sv para trastornos hereditarios. Estos últimos, considerados insignificantes en radiografía dental (1). El riesgo de efecto estocástico disminuye con la edad, siendo de 2 a 4 veces mayor en niños que en adultos (5,7,21,29) y mayor en mujeres que en hombres (40).

Efectos Biológicos de la Radiación Ionizante

La interacción de la radiación con el tejido humano puede producir la ionización de átomos de biomoléculas (enzimas, proteínas, etc.), y en consecuencia, acarrear alteración, desactivación o modificación de sus funciones (41). Alteraciones de las biomoléculas del material genético (ADN) son las más críticas ya que este contiene la información sobre el funcionamiento y reproducción de las células (41-43).

El detrimento al material genético ocurre de manera directa o indirecta (44). En la directa, la radiación entrega energía al material genético. En la indirecta, la energía es entregada mediante radicales libres, como en la Figura 1. La mayoría del daño biológico obedece a este efecto pues las células humanas se componen de un 70-80% de agua (42,45). Rayos X siempre interactúan de manera indirecta (45), dado que los fotones no poseen masa (46).

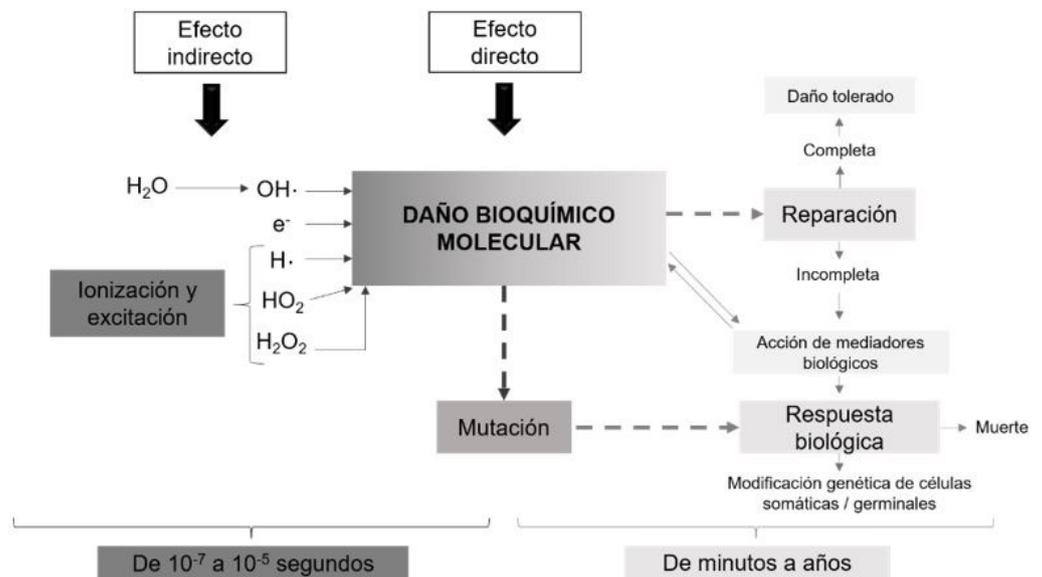


Figura 1. Efectos directos e indirectos y sus consecuencias biológicas. El mecanismo físico (interacción radiación-materia) se da en una fracción de segundo, el químico (modificación de biomoléculas) toma segundos, el biológico (modificación observable del tejido) puede tomar horas (muerte celular) o incluso años (carcinogénesis, anormalidad hereditaria). Adaptada de Domenech (2016) (41).

Los efectos biológicos de la radiación pueden ser estocásticos o determinísticos. Los determinísticos son efectos con umbral de aparición de cambios clínicos, cuya gravedad es proporcional a la dosis (7,13,44). Los estocásticos son efectos aleatorios cuya probabilidad es proporcional a la dosis, sin importar cuán baja sea, pero sin umbral de aparición (7,47). Por tanto, los estocásticos son efectos crónicos producto de mutaciones no reparadas, mientras los determinísticos, agudos, como consecuencia de la muerte de un sustancial número de células (7,41,42), como visto en la Figura 2.

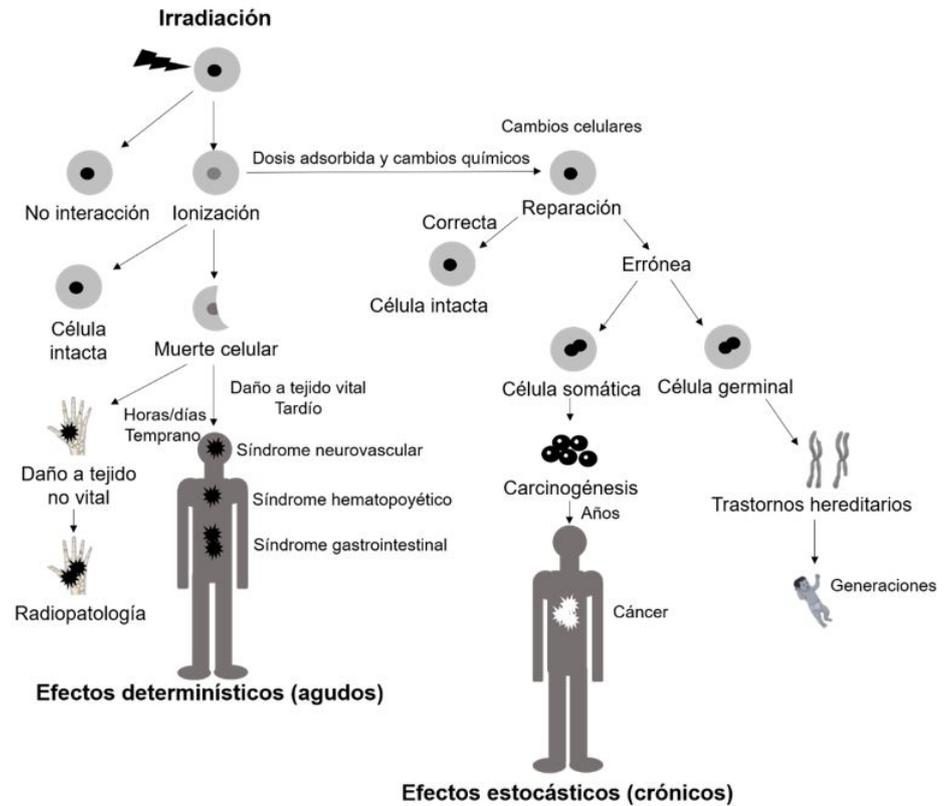


Figura 2. Efectos de la radiación en el tejido humano: efectos determinísticos (izquierda), efectos estocásticos (derecha). Los efectos estocásticos predominan en odontología (40,48). Adaptada de Domenech (2016) (41).

De este modo, un efecto estocástico puede acabar en carcinogénesis (7,41,45), mientras uno determinístico en daños irreparables de tejidos o incluso en la muerte temprana del individuo (7,44). La probabilidad de ocurrencia de efectos biológicos incrementa con la dosis absorbida (45) y la radiosensibilidad celular (41,42). La radiosensibilidad aumenta con la tasa mitótica y disminuye con el grado de diferenciación celular (41). En odontología, la aparición de efectos estocásticos es más probable que la de determinísticos puesto que equipos de rayos X dentales (1,49) entregan bajas dosis de radiación (40,48).

Con relación al tiempo de ocurrencia, los efectos determinísticos pueden clasificarse en inmediatos y tardíos (50).

Los efectos inmediatos aparecen entre algunas horas o semanas después de la irradiación. Estos efectos ocurren con altas dosis. Son efectos reversibles (llegan a desaparecer) y no progresivos. Entre estos: eritema, depilación, pigmentación, radiodermatitis seca y radiodermatitis húmeda.

Los efectos tardíos aparecen algunos meses después de la irradiación. Estos ocurren a dosis por encima del umbral, pero no tan alta como la de los inmediatos. Son irreversibles y, a veces, progresivos. Típicamente: edema, induración y fibrosis subcutánea, telangiectasias, ulceración y radionecrosis.

Guía de Protección Radiológica en Odontología

Recomendaciones Generales

Por lo expuesto en el capítulo anterior, leyes y regulaciones de protección radiológica son requeridas para cada exposición del paciente (51). En esa dirección, varios países han dispuesto guías para el uso seguro de los rayos X en la práctica odontológica (3,15). Algunas indicaciones encontradas son (52,53):

i) El equipo de radiografía intraoral es instalado en un ambiente espacioso que permita a los profesionales mantener una distancia prudencial de la fuente y observar/ escuchar al paciente mientras se hace la toma. Radiografías extraorales y CBCT deben estar en salas con las mismas exigencias de equipos médicos. Se deben colocar señalizaciones de advertencia en las puertas (26).

ii) La fuente de radiación es calibrada periódicamente, es decir, ajustada continuamente a las condiciones de fábrica (2,13). Cada país establece las exigencias y el periodo de calibración (usualmente 1-3 años) (2,54). Evaluar el número de radiografías rechazadas o repetidas, así como entrenar periódicamente al personal, reduciría la dosis en los exámenes (26).

iii) El voltaje del tubo de rayos X para odontología intra oral se encuentra entre 60-70 kV (15) y 1-7mA, ya que por debajo de 60 kV se sobrepone al paciente (13) y por encima de 80 kV no se aprovecha la sensibilidad óptima de la película (15) y tiempo de exposición $\leq 0,7$ s (55). Mantener el tubo lo más cerca de la piel del paciente (26). En panorámicas, 60 – 85 kV, 1 – 10 mA y tiempo de exposición 2 - 18 s (56). En CBCT, se sugiere 90 kV para menor dosis.

iv) El equipo debe tener filtración, es decir, eliminación de fotones de baja energía que aumentan innecesariamente la dosis efectiva. Filtro de aluminio de 1,5 mm de espesor para 60-70 kVp y de 2,5 mm para más de 80 kVp son recomendados (13,15,57). En CBCT, se recomienda reducir la corriente (mA) o la longitud del arco de exposición (7). Nunca usar igual tiempo de exposición, corriente y voltaje de adultos para pacientes pediátricos (26). En lo posible, usar equipos intraorales de control electrónico de tiempo sin sistema de retardo (26).

v) La colimación debe ser adecuada: el tamaño de campo del haz se ajusta a la región de interés. Usar colimadores rectangulares en lugar de cuadrados (2,13,15), en intraorales; sistemas automáticos de selección de campo en panorámicas y escogencia del menor campo de visión (FOV en inglés) compatible con la situación clínica, en CBCT (15,26,36), por ejemplo FOV $\approx 4 \times 4$ cm². Otras medidas en CBCT son el uso del control automático de exposición y de dispositivos de inmovilización (15). No usar FOV de adultos en niños (26). Asegurar correcto posicionamiento de cabeza del paciente es crítico en panorámicas y en CBCT (56).

vi) Escoger películas ISO velocidades E y F (15) o sensor digital (ideal) (7), en intraorales; sistemas receptores de imágenes basados en tierras raras con al menos una velocidad de 400, en extraorales (1,15,58). Usar portapelículas en intraorales (26).

vii) Las imágenes radiográficas se observan en condiciones adecuadas de iluminación para obtener la máxima información posible. Las radiografías de calidad reducen repeticiones innecesarias de exposición (2).

viii) El paciente debe usar dispositivos de protección. En intraorales, se aconseja el uso y correcto posicionamiento del collar de tiroides y delantal plomado de 0,25 mm – 0,5 mm de espesor (55), sobre todo en niños y embarazadas (2,15). En panorámicas, se recomienda el uso cuidadoso del collar para reducir la dosis en tiroides y esófago. Esto significa que la utilización del collar deberá ser evaluada según las características de cada paciente y equipo, por cuanto puede llegar a generar artefactos en la imagen u obstruir la visualización de estructuras importantes para el diagnóstico (56). En cefalometría y CBCT, se tiene que usar el collar cuando la colimación del haz no excluya a la tiroides (54). Nunca emplear elementos de protección de adultos en niños (26). En estudios extraorales y CBCT no suele ser necesario el delantal plomado, excepto cuando se trate de niños o mujeres embarazadas.

ix) Establecer niveles de referencia en función de la dosis de entrada en piel. Para intraorales: 0,65-3,7 mGy; para panorámicas: 0,66-4,2 mGy (3).

Más allá de las indicaciones anteriores, siempre será recomendable observar y guiarse, primeramente, por los protocolos de control de calidad de cada equipo generador de radiación ionizante y los que estén vigentes en la normatividad de cada país. En Colombia, la Resolución 482 de 2018 del Ministerio de Salud y Protección Social (60), reglamenta el uso de equipos generadores de radiación ionizante, el control de calidad de estos y la prestación de servicios de protección radiológica. En esta, se sugiere aplicar el control de calidad siguiendo el protocolo ARCAL 49 del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) (52).

Un aspecto relevante para la protección radiológica del paciente es que, aunque el detalle del examen radiográfico dependa del odontólogo, la decisión de la toma radiográfica debe garantizar: i) un beneficio anticipado para el paciente (no por costumbre, presión social o familiar); ii) la existencia de un consentimiento informado y iii) estar basada en la evidencia científica más actual (15,26).

Aunque la dosis recibida por los odontólogos es baja respecto a la de los pacientes, medidas de protección son necesarias para disminuir la exposición laboral (2,13,15). Para ello, se considera que existen tres tipos de radiación ocupacional: i) primaria (la del haz de radiación); ii) dispersada (proveniente del paciente) y iii) de fuga (la que escapa del tubo de rayos X (26,57). Ver Figura 3.

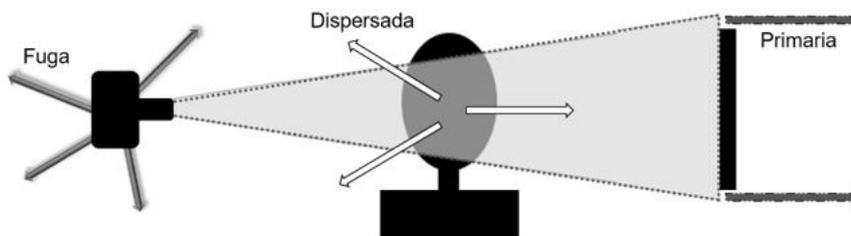


Figura 3. Radiación primaria, dispersa y de fuga. Adaptada de IAEA (55).

Existen tres medidas de radioprotección para trabajadores y el público, referentes a (22,55):

- Tiempo (disminuir al máximo la estancia cerca de la fuente de radiación).
- Distancia (mantenerse lo más alejado posible de la fuente).
- Blindaje (usar barreras, sobre todo, cuando los puntos anteriores sean difícilmente aplicables).

Aparte de la distancia, también importa la localización con respecto al paciente, pues la radiación dispersa no se distribuye homogéneamente alrededor de este (55), como visto en la Figura 4.

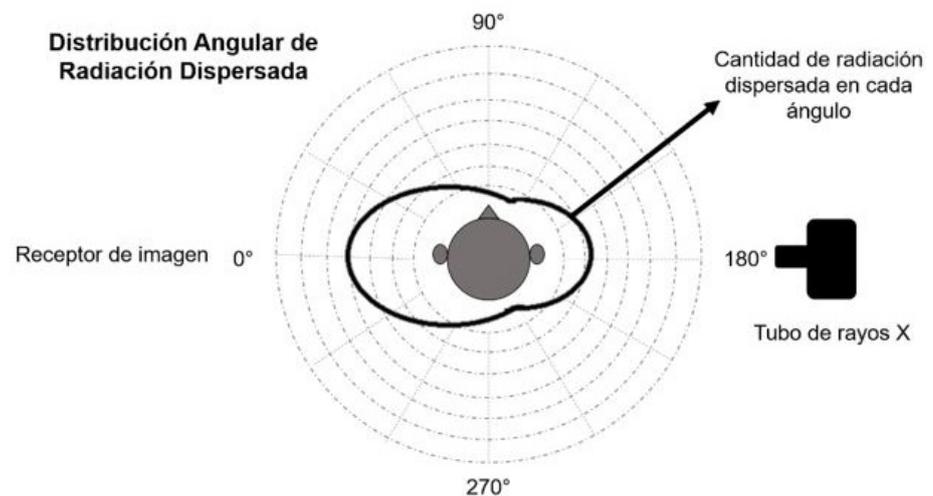


Figura 4. Distribución angular de la radiación dispersada para haz de rayos X de 60 kV. Zona de seguridad sugerida al operador del equipo: 90 - 135°. Adaptada de IAEA (55).

Para la protección ocupacional, se sugiere que el odontólogo:

- Nunca sostenga la película intraoral del paciente (26).
- Se mantenga a una distancia mayor o igual a 2 m de la fuente de radiación y a 90° – 135° con respecto al haz primario (26), evitando ubicarse en frente o detrás del tubo de rayos X y buscando que paciente actúe como barrera (55).
- Para CBCT y radiografías panorámicas, los equipos se encuentren en un recinto protegido (paredes de concreto, ventanas de vidrio plomado) y ubicarse en los extremos del eje longitudinal del paciente (55).
- Usar siempre el monitor individual de radiación (dosímetro personal) (26,55).
- Adquirir conocimientos sobre el funcionamiento de los equipos y cómo corregir los errores que se presentan por malas técnicas, es decir, recibir capacitaciones y actualizaciones sobre la toma de imágenes radiográficas, con la finalidad de disminuir el número de exposiciones.

En la Figura 5 se resumen las medidas de radioprotección a ser aplicadas en pacientes y al personal.



Figura 5. Resumen de medidas de radioprotección sugeridas en radiología dental. "No hay que temer nada en la vida, solo hay que entenderlo". Marie Curie.

Conclusión

El uso de rayos X suele ser importante en el diagnóstico y diseño del plan de tratamiento odontológico. Evitar el riesgo de efectos estocásticos en radiología dental implica adoptar normas de radioprotección que garanticen la mínima e inevitable exposición durante la práctica odontológica. Para asegurar un uso controlado de los rayos X dentales, el odontólogo debe cumplir a cabalidad con los principios de la radioprotección a fin de alcanzar un beneficio neto positivo del uso de la radiación para él, el paciente y la sociedad.

Referencias

1. Horner K, Rushton V, Walker A, Tsiklakis K, Hirschmann PN, van der Stelt PF, et al. European guidelines on radiation protection in dental radiology - The safe use of radiographs in dental practice [Internet]. European Commission. 2004. 1-120 p. Disponible en: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/ea20b522-883e-11e5-b8b7-01aa75ed71a1>
2. Praveen BN, Shubhasini AR, Bhanushree R, Sumsum PS, Sushma CN. Radiation in dental practice: Awareness, protection and recommendations. J Contemp Dent Pract [Internet]. 2013;14(1):143-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23579913>
3. Tsapaki V. Radiation protection in dental radiology – Recent advances and future directions. Phys Medica [Internet]. 2017;44:222-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28789933>
4. Bekas M, Waśniewska E, Wardziński A, Wieprzowski K. The assessment of the ionizing radiation dose received by patients during some diagnostic X-ray examinations carried out on the basis of the working procedures in the health care entities. Rocz Panstw Zakl Hig [Internet]. 2017;68(1):99-103. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28303708>

5. Chauhan V, Wilkins RC. A comprehensive review of the literature on the biological effects from dental X-ray exposures. *Int J Radiat Biol* [Internet]. 2019;95(2):107-19. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30496029>
6. Madan K, Baliga S, Thosar N, Rathi N. Recent advances in dental radiography for pediatric patients: A review. *J Med Radiol Pathol Surg* [Internet]. 2015;1(2):21-5. Disponible en: http://www.jmrps.net/eJournals/eJournals/11_REVIEW_ARTICLE.pdf
7. White SC, Mallya SM. Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. *Aust Dent J* [Internet]. 2012;57(1):2-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22376091>
8. Shah N. Recent advances in imaging technologies in dentistry. *World J Radiol* [Internet]. 2014;6(10):794. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4209425/>
9. Vandenberghe B, Jacobs R, Bosmans H. Modern dental imaging: A review of the current technology and clinical applications in dental practice. *Eur Radiol* [Internet]. 2010;20(11):2637-55. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20544352>
10. Kumar M, Shanavas M, Sidappa A, Kiran M. Cone beam computed tomography - know its secrets. *J Int oral Heal* [Internet]. 2015;7(2):64-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25859112>
11. Da Silva MBG, Sant'Anna EF. The evolution of cephalometric diagnosis in Orthodontics. *Dental Press J Orthod* [Internet]. 2013;18(3):63-71. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-94512013000300011
12. UNSCEAR 2008 Report. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR) 2008 Report [Internet]. Vol. I, United Nation. 2008. 187 p. Disponible en: https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2008_1.html
13. Singh G, Sood A, Kaur A, Gupta D. Pathogenesis, Clinical Features, Diagnosis, and Management of Radiation Hazards in Dentistry. *Open Dent J* [Internet]. 2018;12(1):742-52. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30369984>
14. Granlund C, Thilander-Klang A, Ylhan B, Lofthag-Hansen S, Ekestubbe A. Absorbed organ and effective doses from digital intra-oral and panoramic radiography applying the ICRP 103 recommendations for effective dose estimations. *Br J Radiol* [Internet]. 2016;89(1066). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27452261>
15. Okano T, Sur J. Radiation dose and protection in dentistry. *Jpn Dent Sci Rev* [Internet]. 2010;46(2):112-21. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1882761609000891>

16. Swapna L, Koppolu P, Takarji B, Al-Maweri S, Velpula N, Chappidi V, et al. Knowledge on Radiation Protection & Practice among Dental Students. Br J Med Med Res [Internet]. 2017;19(7):1-7. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Knowledge-on-Radiation-Protection-%26-Practice-among-Swapna-Koppolu/953fcc854df3c34afaccd43acd8c941a2847ee17>
17. Aravind BS, Joy ET, Kiran MS, Sherubin JE, Sajesh S, Manchil PRD. Attitude and awareness of general dental practitioners toward radiation hazards and safety. J Pharm Bioallied Sci [Internet]. 2016;8(1):S53-8. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27829748>
18. Furmaniak KZ, Kołodziejska MA, Szopiński KT. Radiation awareness among dentists, radiographers and students. Dentomaxillofacial Radiol [Internet]. 2016;45(8). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27404052>
19. Yurt A, Çavuşoğlu B, Günay T. Evaluation of Awareness on Radiation Protection and Knowledge About Radiological Examinations in Healthcare Professionals Who Use Ionized Radiation at Work. Molecular Imaging Radionucl Ther [Internet]. 2014;22(2):48-53. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4067876/>
20. Miqdadi M. Australian and Jordanian dentists' knowledge of ionising radiation [Internet]. Charles Sturt University; 2015. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Australian-and-Jordanian-Dentists'-Knowledge-of-Miqdadi/d19d7e918d8af2555224ccc89dd2d62deeca6593>
21. Miguel C, Barros FS, da Rocha ASPS, Tilly Junior JG, De Almeida CD. Evaluation of radiation protection conditions in intraoral radiology. Rev Bras Eng Biomed [Internet]. 2016;32(2):105-10. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2446-47402016000200105
22. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. Ann ICRP [Internet]. 2007;37(2-4):1-332. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18082557>
23. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Protección radiológica y seguridad de las fuentes de radiación: Normas básicas internacionales de seguridad [Internet]. Viena, Austria; 2016. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P1578_S_web.pdf
24. Do KH. General principles of radiation protection in fields of diagnostic medical exposure. J Korean Med Sci [Internet]. 2016;Suppl(1):S6-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26908991>
25. Moores BM, Regulla D. A review of the scientific basis for radiation protection of the patient. Radiat Prot Dosimetry [Internet]. 2011;147(1-2):22-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21846654>
26. Khoury HJ. Protección Radiológica al Paciente Odontológico [Internet]. [citado 8 de abril de 2020]. p. 67. Disponible en: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/tramites/autorizaciones-y-certificaciones/radiaciones-ionizantes/radiaciones-ionizantes-curso-cbct/3935-proteccion-radiologica-al-paciente-odontologico/file>

27. Hodolli G, Kadiri S, Nafezi G, Bahtijari M, Sylva N. Diagnostic reference levels at intraoral and dental panoramic examinations. *Int J Radiat Res* [Internet]. 2019;17(1):147-50. Disponible en: http://ijrr.com/browse.php?a_id=2467&slc_lang=en&sid=1&printcase=1&hbnr=1&hmb=1
28. Oliveira ML, Khoury H. Influência do procedimento radiográfico na dose de entrada na pele de pacientes em raios-X pediátricos. *Radiol Bras* [Internet]. 2003;36(2):105-9. Disponible en: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-39842003000200009
29. Martin JE. *Physics for Radiation Protection* [Internet]. Third Edit. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA; 2013. 670 p. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/9783527667062>
30. Von Boetticher H, Lachmund J, Looe HK, Hoffmann W, Poppe B. 2007 Recommendations of the ICRP change basis for estimation of the effective dose: What is the impact on radiation dose assessment of patient and personnel? *RoFo Fortschritte auf dem Gebiet der Rontgenstrahlen und der Bildgeb Verfahren* [Internet]. 2008;180(5):391-5. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18438741>
31. ICRP. Annual Report [Internet]. 2005. Disponible en: http://www.icrp.org/docs/2005_Annual_Rep_92_380_06.pdf
32. Qiang W, Qiang F, Lin L. Estimation of effective dose of dental x-ray devices. *Radiat Prot Dosimetry* [Internet]. 2019;183(4):417-21. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30169836>
33. Asha ML, Chatterjee I, Patil P, Naveen S. Dosimetry in dentistry. *Indian J Dent Res* [Internet]. 2015;26(2):118-25. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26096102>
34. Makarevich KO, Minenko VF, Verenich KA, Kuten SA. Using the Monte Carlo method for assessing the tissue and organ doses of patients in dental radiography. *Phys Part Nucl Lett* [Internet]. 2016;13(3):496-415. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1134/S1547477116030171>
35. Lee C, Park B, Lee SS, Kim JE, Han SS, Huh KH, et al. Efficacy of the Monte Carlo method and dose reduction strategies in paediatric panoramic radiography. *Sci Rep* [Internet]. 2019;9(1). Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-019-46157-0>
36. Li G. Patient radiation dose and protection from cone-beam computed tomography. *Imaging Sci Dent* [Internet]. 2013;43(2):63-9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23807928>
37. Pauwels R, Cockmartin L, Ivanauskaitė D, Urboniene A, Gavala S, Donta C, et al. Estimating cancer risk from dental cone-beam CT exposures based on skin dosimetry. *Phys Med Biol* [Internet]. 2014;59(14):3877-91. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24957710>

38. Ulsh BA. Are risks from medical imaging still too small to be observed or nonexistent? Dose-Response [Internet]. 2015;13(1):14-30. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26673121>
39. Thukral BB. Problems and preferences in pediatric imaging. Indian J Radiol Imaging [Internet]. 2015;25(4):359-364. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4693383/>
40. Scarfe WC. Radiation risk in low-dose maxillofacial radiography. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol [Internet]. 2012;114(3):277-80. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22862970>
41. Domenech H. Radiation safety: Management and programs [Internet]. First Edit. Cham, Switzerland: Springer; 2016. 332 p. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9783319426693>
42. Joiner, M; Van der Kogel A. Basic Clinical Radiobiology [Internet]. Fourth Edi. London, UK: A Hodder Arnold Publication; 2009. 375 p. Disponible en: <https://www.amazon.com/Basic-Clinical-Radiobiology-Albert-Kogel/dp/0340929669>
43. Alberts B, Bray D, Johnson A, Lewis J, Raff M, Roberts K, et al. Essential Cell Biolog [Internet]. Fourth Edi. New York, USA: Garland Science; 2013. 864 p. Disponible en: <https://wwnorton.com/books/9780393680362>
44. Abrahamson S. Adverse Reproductive Outcomes in Families of Atomic Veterans: The Feasibility of Epidemiologic Studies. Radiat Res [Internet]. 1995;144(2):248. Disponible en: <https://www.nap.edu/catalog/4992/adverse-reproductive-outcomes-in-families-of-atomic-veterans-the-feasibility>
45. Desouky O, Ding N, Zhou G. Targeted and non-targeted effects of ionizing radiation. J Radiat Res Appl Sci [Internet]. 2015;8(2):247-54. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687850715000333>
46. Kempner ES. Direct effects of ionizing radiation on macromolecules. J Polym Sci Part B Polym Phys [Internet]. 2011;49(12):827-31. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3105523/>
47. Grover SB, Kumar J. A review of the current concepts of radiation measurement and its biological effects. Indian J Radiol Imaging [Internet]. 2002;12(1):21-32. Disponible en: <http://www.ijri.org/article.asp?issn=0971-3026;year=2002;volume=12;issue=1;spage=21;epage=32;aulast=Grover>
48. Geleijns J, Broerse JJ. Risico's van straling in de tandheelkunde en de geneeskunde. Ned Tijdschr Tandheelkd. 1995;102(12):484-7.
49. Hwang S-Y, Choi E-S, Kim Y-S, Gim B-E, Ha M, Kim H-Y. Health effects from exposure to dental diagnostic X-ray. Environ Health Toxicol [Internet]. 2018;33(4):1-6. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6341170/>
50. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Ionizing Radiation, Part 1: X- and Gamma (γ)-Radiation, and Neutrons [Internet]. Lyon; 2000. Disponible en: <https://publications.iarc.fr/93>

51. Hoogeveen RC, Sanderink GCH, Van Der Stelt PF, Berkhout WER. Reducing an already low dental diagnostic X-ray dose: Does it make sense? Comparison of three cost-utility analysis methods used to assess two dental dose-reduction measures. *Dentomaxillofacial Radiol* [Internet]. 2015;44(9). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5083903/>
52. Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). Protocolos de control de calidad en radiodiagnóstico (ARCAL 49) [Internet]. Viena, Austria; 2001. Report No.: 7. Disponible en: <http://www.proteccionradiologica.cl/wp-content/uploads/2016/08/PROTOCOLO-ARCAL-XLIX.pdf>
53. SEFM-SEPR-SERAM. Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico [Internet]. Madrid, España; 2011. Report No.: 2. Disponible en: https://www.seram.es/images/site/protocolo_2011.pdf
54. Iannucci J, Howerton L. Dental Radiography-E-Book: Principles and Techniques [Internet]. Fourth Ed. Saint Louis: Saunders; 2013. 112 p. Disponible en: https://books.google.com.co/books/about/Dental_Radiography_E_Book.html?id=w8v-sAAQBAJ&redir_esc=y
55. International Atomic Energy Agency (IAEA). Protection of Workers and Public in Dental Radiology [Internet]. [citado 8 de abril de 2020]. p. 39. Disponible en: <https://slideplayer.com/slide/14672526/>
56. International Atomic Energy Agency (IAEA). Radiation Protection in Dental Radiology: Optimization of Protection of Patients in Dental Radiology [Internet]. 2017 [citado 11 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.iaea.org/file/2017/rpop-dental-radiologyzip>
57. California T, Control R, Safety R, Program P. Radiation Safety In Dental Practice [Internet]. Sacramento; 2013. Disponible en: https://www.cda.org/Portals/0/pdfs/practice_support/radiation_safety_in_dental_practice.pdf
58. Martínez Beneyto Y, Alcaráz Banos M, Pérez Lajarin L, Rushton VE. Clinical justification of dental radiology in adult patients: a review of the literature. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* [Internet]. 2007;12(3):E244-51. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17468724>
59. Hoogeveen RC, van der Stelt PF, Berkhout WER. Anatomically shaped cranial collimation (ACC) for lateral cephalometric radiography: a technical report. *Dentomaxillofacial Radiol*. enero de 2014;43(1):1-7.
60. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 482 de 2018 [Internet]. Bogotá, Colombia; 2018. Disponible en: [https://www.minsalud.gov.co/NormatividadNuevo/Resolución No. 482 de 2018.pdf](https://www.minsalud.gov.co/NormatividadNuevo/Resolución%20No.%20482%20de%202018.pdf)