

Niveles de Referencia de Dosis (DRL) en estudios radiológicos para la obtención de imágenes intraorales digitales. Valores preliminares para Costa Rica.

Dose Reference Levels (DRL) in radiological studies for digital intraoral images. Preliminary values for Costa Rica.

Oscar Alberto Sáenz Rosales¹, Fredys Santos Gutiérrez², Lourdes Salvador Hernández³, Manuel Gavarrete Chaves⁴

1 Químico y físico médico, Departamento de física, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. Docente de la Escuela de Química de la UCR, San José, Costa Rica.

2 Ingeniero Nuclear y Físico Médico, Jefe de área de Control de Calidad y Protección Radiológica, CCSS, San José, Costa Rica.

3 Ingeniera Nuclear y Físico Médico, Jefe de su- área de Control de Calidad y Protección Radiológica, CCSS, San José, Costa Rica.

4 Imagenólogo de la sub-área de Control de Calidad y Protección Radiológica, CCSS, San José, Costa Rica.

✉ Contacto de correspondencia: Oscar Alberto Sáenz Rosales oscarsaenz_17@hotmail.com

RESUMEN

El establecimiento de DRLs para estudios de radiología diagnóstica es un proceso clave en la optimización de la protección radiológica de los pacientes al permitir ajustes en los protocolos establecidos para un mismo tipo de estudio. A pesar de las recomendaciones de establecer DRLs para prevenir dosis innecesarias al paciente, en Costa Rica no se cuenta con valores de DRLs para la práctica odontológica. El presente estudio busca establecer valores de DRLs preliminares para protocolos de obtención de imágenes radiológicas intraorales digitales. El método de determinación de los DRLs se basó en la recopilación de los valores de la dosis calculada (mGy) en controles de calidad realizados con 93 equipos de 85 servicios de odontología de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). El método estadístico empleado consistió en la obtención del tercer cuartil en la distribución de las medianas de los valores de la dosis calculada (mGy). El DRL obtenido fue de 1,54 mGy, lo cual se sitúa por debajo del recomendado por la NCRP 172 del 2012 (1,6 mGy, Ka,e) y es ligeramente superior al valor recomendado por Michigan Department of Community Health en la NCRP 172 (1,5 mGy, Ka,e). Se sugiere revisar los servicios de odontología de la CCSS cuyas mediciones de dosis sean mayores a 1,54 mGy, de manera que se verifique si en estos servicios odontológicos se requiere realizar acciones correctivas en el desempeño del equipo de rayos X intraoral o en los protocolos del examen radiológico.

Cómo citar:

Sáenz Rosales, O. A., Santos Gutiérrez, F., Salvador Hernández, L., & Gavarrete Chaves, M. Niveles de Referencia de Dosis (DRL) en estudios radiológicos para obtención de imágenes intraorales digitales. Valores preliminares para Costa Rica. Revista Ciencia Y Salud/10.34192/cienciaysalud.v7i1.571

Recibido: 24/Oct/2022

Aceptado: 03/Feb/2023

Publicado: 16/Mar/2023

Palabras clave: DRL, protección radiológica, radiografías intraorales, radiaciones ionizantes, kerma.



ABSTRACT

The establishment of DRLs for diagnostic radiology studies is a key process in optimizing the radiological protection of patients by allowing adjustments to the protocols established for the same type of study. Despite the variety of recommendations regarding the importance of establishing these DRLs to prevent unnecessary doses to the patient, in Costa Rica, there are no DRL values for a dental practice. The present study seeks to establish preliminary DRLs values for digital intraoral radiological imaging protocols in adult maxillary molars in the fin-bite configuration. The method for determining the DRLs was based on the compilation of the values of the calculated dose (mGy) in quality controls carried out on 93 teams in 85 dental services of the CCSS (Costa Rican Social Security Fund). The statistical method used consisted of obtaining the third quartile of the distribution of the median values of the calculated dose (mGy). The DRL obtained in the study was 1,54 mGy, which is below the value recommended by NCRP 172 of 2012 (1.6 mGy, Ka,e) and is slightly higher than the value recommended by the Michigan Department of Community Health at NCRP 172 (1,5 mGy, Ka,e). It is recommended to establish a review of the dental services of the CCSS whose dose measurements are greater than 1,54 mGy, to verify if these dental services require corrective actions in the performance of the intraoral X-ray equipment or in the radiological examination protocols. compounds that can help provide a better quality of life in these patients. The objective of this review is to summarize the latest information pertinent to this syndrome and provide the clinician with key elements for its recognition and management.

Keywords: DRL, radiological protection, intraoral radiographs, ionizing radiation, optimized radiation, kerma.

INTRODUCCIÓN

La protección radiológica sigue siendo uno de los mayores desafíos en la aplicación de radiaciones ionizantes en la medicina, sin embargo, es indiscutible el beneficio de las radiaciones ionizantes presentes en el diagnóstico y la terapia, por lo que se requiere de un enfoque equilibrado, que asegure al mismo tiempo minimizar los riesgos al paciente (1, 2).

En la Conferencia Iberoamericana de Protección Radiológica en Medicina celebrada en Madrid, en octubre de 2016, uno de los ejes temáticos principales tratados fue el diagnóstico y protección radiológica dental, cuyo énfasis fue el establecimiento de niveles de referencia diagnóstico (DRLs) ante la falta de acciones de optimización, la carencia de recomendaciones y guías de buenas prácticas sobre protección radiológica (PR). Para dichos procedimientos intervencionistas se propone utilizar, como un indicador de buenas prácticas de PR de un país o región, el número de países con DRLs implementados, así como la cantidad de DRLs establecidos por modalidad y procedimiento (2).

Según la Comisión Internacional de Protección Radiológica, un nivel de referencia diagnóstico es un valor utilizado en imagenología médica con radiación ionizante para indicar si, en condiciones de rutina, la dosis al paciente o la actividad administrada de un procedimiento específico es inusualmente alta o baja (3). Estos DRLs se han establecido para optimizar los métodos de diagnóstico y reducir la dosis de radiación durante los exámenes radiográficos (4-8). El objetivo de establecer un DRL es que los centros se esfuercen por mantener dosis medias para los exámenes realizados en pacientes de tamaño promedio por debajo del DRL determinado, pero no demasiado por debajo, ya que esto podría comprometer la calidad diagnóstica. Si la dosis medida excedió o estuvo significativamente por debajo de estos valores estándar, se debe procurar una mayor optimización y una revisión de técnica (4). El concepto de DRL fue desarrollado por la Comisión

Internacional de Protección Radiológica (1996) para cumplir tal función y su uso es obligatorio en muchos países y en estándares de seguridad básica (8).

Los DRLs se establecen en términos de cantidades que se miden fácilmente y evalúan la cantidad de radiación ionizante utilizada para realizar un procedimiento de imágenes médicas en un hospital. La Comisión Internacional de Protección Radiológica recomienda que los DRLs sean establecidos determinando el percentil 75 de la distribución de valores de las medianas para exámenes en instalaciones individuales en todos los centros de un país y cuando dos modalidades de imagen son involucradas en un mismo procedimiento, los valores de DRLs para cada modalidad deben establecerse de forma independiente (8).

Dado que los DRL se derivan de datos de dosis agregados para obtener imágenes que los radiólogos u odontólogos han considerado aceptables para el diagnóstico, los niveles de dosis pueden considerarse como valores que deberían ser alcanzables en cualquier instalación (8). Estos valores de DRL inevitablemente dependerán del estado de la práctica y la tecnología disponible en el momento en que se derivaron, por lo tanto, los valores nacionales de DRL deben revisarse a intervalos regulares (3 a 5 años según recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección Radiológica).

La radiología dental utiliza la tecnología de rayos X para diagnosticar y diseñar el tratamiento de diversos problemas clínicos relacionados con la cavidad oral y los tejidos circundantes. A medida que la tecnología evoluciona rápidamente, existen numerosas modalidades de rayos X para las que se utilizan diferentes herramientas en un intento de obtener la mejor imagen para tratar de manera eficiente las enfermedades, trastornos y otras condiciones clínicas relacionadas (5).

En el período 1997-2007 cubierto por el informe del Comité Científico de las Naciones Unidas para el Estudio de los Efectos de las Radiaciones Atómicas del 2008, la dosis efectiva colectiva anual de la población mundial, a partir de exámenes médicos y dentales de diagnóstico, se estimó en 4.000.000 Sv hombre con un aumento en dicho periodo de aproximadamente 1.700.000 Sv hombre, debido a un aumento en la frecuencia anual de exámenes radiológicos médicos y dentales de diagnóstico (6). Solo en Estados Unidos se estima que se realizaron más de 325 millones de procedimientos que involucraron imágenes dentales, de los cuales 300 millones fueron intraorales, 20 millones panorámicas y 5 millones por “cone beam” con una dosis colectiva de 14000 Sv hombre (9).

Los DRLs en radiografía intraoral generalmente se determinan utilizando medidas libres en el aire, donde el kerma en aire de la superficie de entrada ($K_{a,e}$) es el más usual y se puede estimar a partir de mediciones de kerma en aire incidente ($k_{a,i}$) y el uso de factores de retrodispersión (BSF)(1-10,11). Los valores internacionalmente establecidos indican que dicho factor se encuentra entre 1.1 y 1.2 para radiografía intraoral como recientemente fue comprobado por Paixao, Oliveira y Viera (2021), los cuales a partir de exhaustivas simulaciones de Montecarlo demostraron que en el caso de adoptar un valor único para estimar K_e , el uso de BSF igual a 1.2 sobrestima los valores de $K_{a,e}$ en menos de un 3% en comparación con la calculada por Montecarlo, mientras que un valor de 1.1 puede subestimar los valores de $K_{a,e}$ hasta en un 12% (1).

Las mediciones de $K_{a,i}$ se pueden realizar en configuraciones estándar con un detector calibrado adecuado, colocado al final del cono espaciador del equipo de rayos X (12). Un método conveniente para establecer valores DRL y evaluar la dosis del paciente para la radiografía dental es hacer mediciones en configuraciones estándar, cuya radiografía intraoral está determinada por la configuración de la máquina de rayos X, seleccionada en términos del tipo de diente y vinculado al tiempo de exposición, ya que las unidades generalmente tienen corrientes y potenciales de tubo fijos. Según lo anterior, es posible lograr una reducción de la dosis ajustando el tiempo de exposición del equipo, de cuyos resultados de los DRLs obtenidos se pueden hacer recomendaciones sobre cambios en la configuración del equipo (11) y (13).

Los procedimientos intraorales comprenden las radiografías aisladas de los dientes y se realizan colocando la película o detector radiográfico dentro de la boca del paciente. Las categorías de exámenes intraorales

son tres: proyecciones periapicales, proyecciones de aleta mordida o “bitewing” y proyecciones oclusales (14). El bitewing es la técnica de radiografía intraoral que muestra en una película la imagen de las coronas de los molares o premolares superiores e inferiores y se utiliza comúnmente para saber si hay presencia de caries entre los dientes, caries bajo obturaciones, ajustes de restauraciones, sarro y reabsorciones óseas leves y moderadas. Durante el procedimiento, el odontólogo coloca dos placas (una por cada lado) en las muelas y premolares y el paciente debe morder una pequeña aleta (15), como se muestra en la **Imagen 1** a continuación:

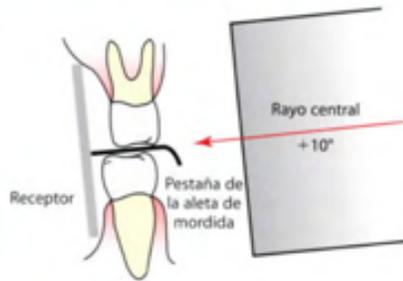


Imagen 1. Técnica de bitewing en radiografía intraoral. Fuente: Radiografía Dental: Técnica de Aleta de Mordida Y Técnica de Le Master (16).

La AAPM en 1999 estableció valores de 2,3 mGy como DRLs dentales en la modalidad de mordida de aleta o “bitewing” como se le conoce comúnmente en (70 KVp,E) (11). En la NCRP 172 del 2012, el DRL para aleta de mordida recomendado por la Evaluación Nacional de Tendencias de Rayos X, fue de 1,6 mGy como Ka,e y es ligeramente superior al valor recomendado por el Departamento de Salud Comunitaria de Michigan de 1,5 mGy, Ka,e para el mismo año. Más recientemente, la NCRP 177 del 2019, actualizó su recomendación con base en una encuesta de NEXT de radiología dental a 1,5 mGy. Estos valores no son, en muchas ocasiones, fácilmente alcanzables y prueba de esto es que en el año 2020 Japón, el cual se encuentra a la vanguardia del establecimiento de DRLs y PR, reportó un DRL para radiografía intraoral en molar como ka,i de 2,0 mGy, por lo que utilizando un BSF de 1,2 sus ka,e sería de 2,4 mGy (17).

El presente estudio tuvo como objetivo establecer un DRL institucional como dato preliminar para Costa Rica mediante la recopilación de los valores de la dosis calculada (mGy) en controles de calidad realizados en los servicios de odontología de la CCSS para equipos de radiografía intraoral en la configuración de mordida de aleta (T4, molar superior en adulto).

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Centros odontológicos

Se utilizaron datos recopilados de 93 equipos pertenecientes a 83 centros de salud de la CCSS en los que se realizaron radiografías intraorales con equipos Belmont. Los centros de salud y equipos (enlistados en la Tabla 1) se seleccionaron por la fiabilidad de los datos, al encontrarse dentro del plan de control de calidad del año 2021, del cual fue responsable el departamento de protección radiológica de la CCSS.

Tabla 1. Centros de salud y cantidad de equipos a los que se les realizaron mediciones de kerma en aire incidente en condiciones de mordida de aleta (60 KV y 6 mA) como parte de las pruebas de control de calidad anual de la CCSS en el año 2021.

Centro de salud	Número de equipos	Centro de salud	Número de equipos	Centro de salud	Número de equipos
Clínica del Carmen Montes de Oca	1	Clínica de Hatillo	1	Ebais Pocara	1
Clínica de Cartago	1	Clínica Valle la estrella	1	Ebais San Juan 11	1
Clínica de Curridabat	2	Clínica de Cartago	1	Ebais San Mateo	1
Clínica de San Juan-San Diego-Concepción	2	Ebais Barreal	1	Ebais San Miguel	1
Clínica de Buenos Aires	1	Ebais Cachi	1	Ebais San Rafael Abajo	2
Clínica de Aguas Zarcas	1	Ebais Cariari	1	Ebais Santa Rosa de Turrialba	1
Clínica Aserri	1	Ebais Cervantes	1	Ebais Siquirres	1
Clínica Atenas	1	Ebais Cóbano	1	Ebais Tarbacia	1
Clínica Barranca	1	Ebais el Mora	1	Ebais Tirrases	1
Clínica de Zapote	3	Ebais Guácimo	1	Ebais Tucurrique	1
Clínica Chacarita	1	Ebais Guadalupe Oeste	1	Ebais Venecia	1
Clínica Coronado	1	Ebais Guápiles	1	Hospital Calderón Guardia	3
Clínica Esparza	1	Ebais Guararí	1	Hospital Los Chiles	1
Clínica Grecia	1	Ebais Guayabo de Mora	1	Hospital de Niños	1
Clínica de la Cruz	1	Ebais Home Creek	1	Hospital de la Anexión	1
Clínica de la Fortuna	1	Ebais Jicaral	1	Hospital doctor Fernando Escalante Pradilla	1
Clínica Monteverde	1	Ebais Juan Viñas	1	Hospital Nacional Psiquiátrico	1
Clínica Oreamuno	1	Ebais La Aurora	1	Hospital San Carlos	1
Clínica Palmares	1	Ebais La Suiza	1	Hospital San Vito	1
Clínica Paquera	1	Ebais Llanos de Santa Lucía	1	Hospital Tony Facio	1
Clínica Pavas	1	Ebais Los Chiles	1	Hospital Dr. William Allen	1

Clínica Ricardo Moreno Cañas	1	Ebais los Guidos	2	Hospital de Upala	2
Clínica San Isidro Heredia	1	Ebais Nuevo Arenal	1	Clínica San Isidro de Heredia	1
Clínica San Juan de los Cocos Limón	1	Ebais Orosi	1	Área de Salud Montes de Oca	1
Clínica San Rafael Heredia	1	Ebais Palmichal	1	Hospital Calderon Guardia	2
Clínica Santa Cruz	1	Ebais Paraíso	1	Ebais Upala	1
Clínica Santa Rosa Pocosol	1	Ebais Páramo	1	Hospital de Upala	1
Clínica Santo Domingo	1	Ebais Poasito	1		

Fuente: Elaboración propia (2023).

1.1. Criterios de inclusión

- a) Equipos de radiografía intraoral de centros de la CCSS.
- b) Equipos Belmont modelos Belray II y Phot-XIIS.
- c) Mediciones realizadas para molar superior en adulto en T4 (mordida de aleta).

1.2. Criterios de exclusión

- a) Equipos cuyas mediciones no se realizaron en condiciones de mordida de aleta (60 KV y 6 mA).
- b) Piezas dentales que no corresponden a mordida de aleta (Periapical central pediátrico, molares inferiores adulto).

1.3. Criterios de eliminación

- a) Equipos Belmont cuyas mediciones no se realizaron en condiciones de uso clínicas.

2. Obtención de datos

Se coloca el cono a 2 cm del multímetro para tener una distancia foco-superficie de entrada de 22 cm (20 cm de cono), como se observa en la Imagen 1, y se realizaron 3 mediciones del kerma incidente en aire en el modo T4 (60 KV y 6 mA) (**Imagen 2**), el cual es equivalente a los parámetros de medición de mordida de aleta. Posteriormente, se obtiene el kerma en aire en superficie de entrada al multiplicar el kerma incidente en aire por un factor de retrodispersión de 1,2.



Imagen 2. Geometría para la medición de kerma en aire incidente. Fuente: Elaboración propia.

Imagen 3. Configuración de equipo Phot-X IIs en T4 (mordida de aleta) en condiciones clínicas. Fuente: Elaboración propia (2023).

3. Integración de datos y análisis estadístico

Tras la síntesis y tabulación de la información recolectada en los 93 informes oficiales de control de calidad de la CCSS para equipos de rayos X intraorales seleccionados para el estudio, se ha realizado el análisis estadístico mediante el software microsoft excel 365, para lo cual se determinó el tercer cuartil de la distribución de las medianas de los valores de la dosis calculada (mGy). La dosis calculada se determinó a partir de la multiplicación del valor de kerma en aire en superficie de entrada por el valor del factor de retrodispersión de 1,2 y corrección por la distancia fuente detector.

RESULTADOS

La **Imagen 4** muestra los valores de dosis calculada en radiografía intraoral de molar superior en T4 (mordida de aleta) para pacientes adultos, para equipos Belmont en distintos centros de salud de Costa Rica de la CCSS, así como el DRL de 1,54 mGy, calculado a partir del percentil 75 de las dosis obtenidas.

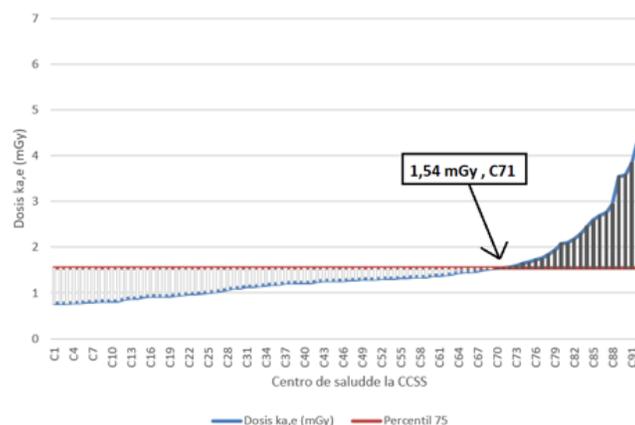


Imagen 4. Cálculo del percentil 75 de la dosis para 93 equipos de centros de servicio odontológicos de la CCSS como Ka,e (mGy). Fuente: Elaboración propia (2023).

Discusión

El valor de DRL como $K_{a,e}$, calculado a partir del tercer cuartil de los valores adquiridos, fue de 1,54 mGy para molar en la modalidad de mordida de aleta (T4), por lo que este estudio sugiere que el nivel de referencia de diagnóstico (DRL) para este tipo de radiografía intraoral en las instituciones de la CCSS se encuentra por debajo del recomendado por la NCRP 172 del 2012 (1,6 mGy, $K_{a,e}$) y es ligeramente superior al valor recomendado por el Departamento de Salud Comunitaria de Michigan en la NCRP 172 (1,5 mGy, $K_{a,e}$).

Los DRLs para molar en configuración de mordida de aleta (T4) en Costa Rica son menores que los obtenidos para Japón en 2020 (2,4 mGy), sin embargo, al realizar estas comparaciones entre países se deben de tener en cuenta posibles diferencias metodológicas, especialmente en la recopilación de los datos, donde, por ejemplo, algunos países (Reino Unido y Suiza) obtienen sus datos a través de encuestas realizadas en hospitales, mientras que otros recopilan datos de todos los centros de imágenes médicas a nivel nacional (Bélgica, Francia, por ejemplo). En algunos casos la participación a encuestas es voluntaria como en Reino Unido u obligatoria como en Bélgica, Francia y Alemania lo cual podría tener influencia en la obtención de los datos, ya que los voluntarios podrían sentirse más preocupados por la protección radiológica y, en consecuencia, ser más eficientes en la optimización de la dosis de radiación. Sin embargo, estas diferencias metodológicas no pueden explicar las brechas entre algunos países, por lo que la razón más probable es la maduración del proceso de optimización entre los países (13), por lo que Costa Rica, como resultado de este estudio, muestra una buena optimización producto del efecto de la maduración de procedimientos en protección radiológica.

El 90% de los equipos que genera dosis superiores al DRL (1,54 mGy) presentó problemas durante los controles de calidad realizados. Se encontró que estos equipos no cumplieron con los niveles establecidos (1,60 mGy basado en el reporte de la Asociación Americana de físicos en medicina TG-175) para las pruebas de kerma en la superficie del paciente y presentaron problemas en la prueba de exactitud; sumado a esto, se halló que el 65% de estos equipos se encuentra fuera del GAM (Gran área metropolitana) y del total de los equipos que se encuentran dentro del GAM, un 68% está en centros de salud ubicados en zonas marginales.

La optimización de la dosis del paciente está fuertemente ligada a la modernidad de los dispositivos médicos de imagen. En Costa Rica, la antigüedad promedio de estos equipos es de 5 años, lo que ha repercutido en la disminución de la dosis a los pacientes obteniendo una buena calidad de imagen como lo establece el concepto ALARA (As Low As Reasonably Achievable).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se establece de forma satisfactoria un DRL preliminar para radiografía intraoral en su modalidad de Bitewing (aleta de mordida), con lo que será posible alertar a los respectivos centros de salud sobre los excesos dosimétricos en su práctica, con el fin de que inicien su respectiva acción correctiva (optimización de la protección), la cual deberá incluir la revisión de rendimiento del equipo, la configuración utilizada y los protocolos del examen.

Desde un punto de vista metodológico, evaluar los datos recopilados, a partir de los controles de calidad anuales realizados a los equipos es eficiente en cuanto a la recopilación de datos nacionales, esto al contarse con una gran cantidad de recursos disponibles y datos actualizados, sin embargo, es recomendable la implementación de una metodología para la evaluación de la calidad de la imagen obtenida.

La evolución de nuevas tecnologías permitirá eventualmente reducir aún más la dosis para la obtención de una imagen de calidad a partir de los dispositivos de radiología odontológica, por lo que se recomienda establecer y revisar periódicamente los DRLs nacionales e internacionales, con el fin de mantener una mejora

continúa y, de ser necesario, adquirir o cambiar antiguos equipos, en especial los que no cumplen con los criterios de control de calidad ni con los DRLs establecidos, en beneficio de la salud de la población nacional.

Es importante considerar que si después de la implementación de una estrategia de protección optimizada para un equipo de radiografía intraoral se demuestra que se excede el valor del nivel de referencia, es necesario que se investiguen las razones, sin embargo, este hecho por sí solo no debería requerir una acción reguladora ya que se debe enfatizar en la justificación de los procedimientos médicos y en la optimización de la protección, lo anterior sin generar una limitación de la dosis al paciente individual capaz de reducir la eficacia del diagnóstico del paciente y, por lo tanto, resultar más perjudicial que beneficiosa. Es recomendable, de igual forma, una revisión local de las imágenes obtenidas para las dosis registradas que se encontraron muy por debajo del nivel de referencia diagnóstico.

Declaración de financiamiento

Este trabajo no presentó ningún tipo de financiamiento.

Declaración de conflicto de interés

Los autores no tienen conflictos de intereses financieros ni personales que puedan influir en la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Paixão L, Oliveira BB, Vieira LA. Backscatter factors calculation for intraoral dental radiology. *Biomed Phys Eng Express* [Internet]. 2021;7(4):045009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1088/2057-1976/ac02a7>
2. Vano E, Jimenez P, Ramirez R, Zarzuela J, Larcher AM, Gallego E, et al. Main problems and suggested solutions for improving radiation protection in medicine in Ibero-American countries. Summary of an International Conference held in Madrid, 2016. *J Radiol Prot* [Internet]. 2018;38(1):109-20. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6498/aa914a>
3. ICRP 103. Las Recomendaciones del 2007 de La Comisión Internacional de Protección Radiológica [Internet]. 2007. Disponible en: https://www.icrp.org/docs/P103_Spanish.pdf
4. Martin CJ, Le Heron J, Borrás C, Sookpeng S, Ramirez G. Approaches to aspects of optimisation of protection in diagnostic radiology in six continents. *J Radiol Prot* [Internet]. 2013;33(4):711-34. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1088/0952-4746/33/4/711>
5. Tsapaki V. Radiation protection in dental radiology - Recent advances and future directions. *Phys Med* [Internet]. 2017;44:222-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2017.07.018>
6. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation [Internet]. 2011. Disponible en: <http://large.stanford.edu/courses/2014/ph241/reid2/docs/unscear.pdf>
7. Esmaeilifard R, Samanipour A, Paknahad M. A cloud-fog software architecture for dental CBCT dose monitoring using the DICOM structured report: Automated establishment of DRL. *Phys Med* [Internet]. 2021;89:147-50. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.035>

8. Martin CJ, Vano E. Diagnostic reference levels and optimisation in radiology: where do we go from here? *J Radiol Prot* [Internet]. 2018;38(1):E1-4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1088/1361-6498/aa9cfd>
9. Mettler FA Jr, Mahesh M, Bhargavan-Chatfield M, Chambers CE, Elee JG, Frush DP, et al. Patient exposure from radiologic and nuclear medicine procedures in the United States: Procedure volume and effective dose for the period 2006-2016. *Radiology* [Internet]. 2020;295(2):418-27. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2020192256>
10. Wulandari PI, Akademi Teknik Radiodiagnostik dan Radioterapi (ATRO) Bali. Diagnostic Reference Levels: A Review. *J med sci clin res* [Internet]. 2018;6(12). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18535/jmscr/v6i12.80>
11. Vañó E, Miller DL, Martin CJ, Rehani MM, Kang K, Rosenstein M, et al. ICRP publication 135: Diagnostic reference levels in medical imaging. *Ann ICRP* [Internet]. 2017;46(1):1-144. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/0146645317717209>
12. Gulson AD, Knapp TA, Ramsden PG. Doses to Patient Arising from Dental Xray Examinations in the UK 2002-2004. A Review of X-ray Protection Service Data. Health Protection Agency, Chilton. 2007; HPARPD-022. [citado el 10 de septiembre de 2022]. Disponible en: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/340122/HpaRpd022.pdf
13. Roch P, Célier D, Dessaud C, Etard C. Using diagnostic reference levels to evaluate the improvement of patient dose optimisation and the influence of recent technologies in radiography and computed tomography. *Eur J Radiol* [Internet]. 2018;98:68-74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2017.11.002>
14. Fraile FJ. *Imagen Radiológica Principios Físicos E Instrumentación*. Elsevier España; 2004.
15. Ubeda C, Nocetti D, Aragón M, Aragón G, Aragón D, Medina O. Niveles de Referencia para Diagnóstico en Procedimientos Radiológicos Dentales: Una Guía Práctica. *Int j odontostomatol* [Internet]. 2020;14(4):610-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-381x2020000400610>
16. Radiografía dental: Técnica de aleta de mordida y Técnica de Le Master [Internet]. Blogspot.com. [citado el 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://radiografiaintraoralbitewingylemaster.blogspot.com/>
17. Abe K, Hosono M, Igarashi T, Imori T, Ishiguro M, Ito T, et al. The 2020 national diagnostic reference levels for nuclear medicine in Japan. *Ann Nucl Med* [Internet]. 2020;34(11):799-806. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s12149-020-01512-4>