

Niveles de Referencia para Diagnóstico Locales en Procedimientos Radiográficos Dentales Periapicales. Primeros valores para Chile

Local Diagnostic Reference Levels for Periapical Radiographs. First Values for Chile

Diego Nocetti¹; Carlos Ubeda¹ & Kathia Villalobos¹

NOCETTI, D.; UBEDA, C. & VILLALOBOS, K. Niveles de referencia para diagnóstico locales en procedimientos radiográficos dentales periapicales. Primeros valores para Chile. *Int. J. Odontostomat.*, 15(1):196-203, 2021.

RESUMEN: La información que aportan los procedimientos de radiología dental, tanto en la evaluación, como en el diagnóstico y tratamiento de patologías y/o alteraciones dento maxilofaciales, hace que correspondan al tipo más frecuente de estudio radiológico. Sin embargo, existe un escaso conocimiento en nuestro país respecto de los niveles de dosis que se imparten en dichos procedimientos, haciendo necesaria su determinación para maximizar el beneficio derivado de los mismos y minimizar el riesgo radiológico para los pacientes. El presente estudio determinó el nivel de referencia para diagnóstico (NRD) local en la radiografía periapical de Molar maxilar e Incisivo, para ello se realizaron simulaciones de los procedimientos radiográficos en un maniquí antropomorfo seccional y se determinó el valor de Kerma aire en la superficie de entrada con retrodispersión mediante dosimetría termoluminiscente. Los NRD locales determinados en la radiografía periapical de Molar maxilar fueron 5,6 mGy para adultos y 4,0 mGy para niños; mientras que en la radiografía periapical de Incisivo fue de 9,2 mGy para pacientes adultos y 1,8 mGy para niños. Los resultados obtenidos buscan orientar la ejecución de futuras investigaciones en el área y aportar información del nivel de radiación en estos procedimientos, con lo que se espera promover una cultura de radioprotección y motivar la optimización de las dosis registradas.

PALABRAS CLAVE: niveles referenciales diagnósticos, radiología dental, protección radiológica.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los procedimientos médicos que utilizan radiación ionizante, representan la principal fuente de exposición artificial a la población mundial (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations, 2008). Esto es relevante, porque desde el descubrimiento de los rayos X se han estudiado y observado los efectos deletéreos que la radiación ionizante puede ocasionar en medios biológicos. En ese sentido, conforme al modelo lineal sin umbral, uno de los factores clave en la probabilidad de aparición de efectos biológicos es la cantidad de radiación a la que un sujeto está expuesto, tanto en el contexto laboral, como al ser sometido a radiación en la realización de un procedimiento imagenológico (Ubeda *et al.*, 2007).

Por esta razón, es necesario adoptar medidas de protección radiológica a fin de prevenir dosis innecesariamente altas o bajas (que no permitan obtener imágenes con suficiente información diagnóstica o terapéutica), maximizando el beneficio que el procedimiento entrega al paciente, comparado con el riesgo de sufrir daño (Ubeda *et al.*, 2007).

Un Nivel de Referencia para Diagnóstico (NRD, definido por la International Commission on Radiation Protection (ICRP), corresponde a una forma de nivel de investigación empleado como una herramienta para ayudar optimizar la protección en la exposición médica de pacientes en procedimientos diagnósticos y terapéuticos (Vañó *et al.*, 2017).

¹ Departamento de Tecnología Médica, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Tarapacá, Arica, Chile.

El establecimiento de un NRD ayuda a evitar la dosis de radiación al paciente que no contribuye al propósito clínico de una tarea de diagnóstico médico por imágenes, propiciando el uso de dosis tan bajas como sea razonablemente alcanzable (Justino, 2006). Esto es llevado a cabo por comparación entre el NRD, estimado en base al segundo o tercer cuartil de los datos de cierta magnitud (por ejemplo, Kerma incidente en aire, dosis glandular media, producto dosis por área, u otra) determinada en pacientes a nivel regional, nacional o local y el valor observado en la práctica para un grupo de pacientes de referencia o un maniquí de referencia adecuado (International Commission on Radiation Protection, 2007).

De todas las exploraciones médicas que utilizan radiación ionizante, la radiología dental corresponde al procedimiento más frecuente a nivel mundial (Ubeda *et al.*, 2018), alcanzando unos 520 millones de exámenes cada año (Vaño, 2001; Alcaraz *et al.*, 2004; European Commission 136, 2004), por ello, deben ser considerados para el establecimiento de NRD (Poppe *et al.*, 2007).

El presente estudio tuvo como objetivo establecer el NRD local, para la ciudad de Arica (Chile), en exámenes dentales periapicales de Incisivo y Molarmaxilar, realizados con valores de exposición para paciente adulto y pediátrico (12 años), en un maniquí antropomorfo seccional de cabeza. Adicionalmente, se determinó como referencia la misma magnitud en tres puntos anatómicos de interés en torno al haz primario de irradiación.

MATERIAL Y MÉTODO

Para asegurar el correcto estado técnico operacional de los equipos radiográficos dentales, se realizó un control de calidad utilizando un detector de estado sólido, marca Raysafe Xi (modelo 8201010-A), con sonda de medición modelo 82020030-AXi (UnforsRaySafe AB, Billdal, Sweden), a través de las pruebas de exactitud y repetibilidad de los tiempos de exposición y la tensión del disparo, así como la capa hemirreductora del haz generada por cada equipo (Sociedad Española de Física Médica, 2011). Las características de los equipos y los resultados del control de calidad se resumen en la Tabla I.

La evaluación fue realizada en tres servicios radiológicos dentales de la ciudad de Arica (Chile), lis-

tados de la "A" a la "C", que utilizan sistemas digitales de procesamiento de imágenes. Los exámenes dentales periapicales fueron simulados con un maniquí antropomorfo seccional de cabeza, marca RSD, modelo RS-109 (RSD Phantoms, Long Beach, CA), el cual representa a un varón promedio de 1,75 m de estatura y 74 kg de peso. Dada la similitud del tamaño del cráneo entre un adulto y un paciente de 12 años, se empleó el mismo maniquí para todas las simulaciones, diferenciándose el procedimiento sólo en los parámetros técnicos de irradiación, de acuerdo a los valores empleados en cada servicio dental.

Los valores de Kerma aire en la superficie de entrada con retrodispersión ($K_{a,e}$) (International Commission on Radiation Units and Measurements, 2005) fueron estimados mediante dosímetros termoluminiscentes (DTL) tipo chip, pertenecientes al Laboratorio de Dosimetría Personal de la Universidad de Tarapacá, calibrados por el Laboratorio de Metrología de Radiaciones Ionizantes de la Comisión Chilena de Energía Nuclear. Se utilizó un irradiador ThermoScientific (Sr90 / Y90) modelo 2210 como patrón terciario. El borrado de los DTL se realizó en un horno PTW-TLDO (Arquimed), utilizando un protocolo de 1 hora a 400°C, seguido de 2 horas a 100°C.

Para aislar del ambiente los cristales borrados y facilitar su manipulación, éstos se agruparon en tríos y se guardaron en bolsas de polietileno negro de 2 x 1 cm. Para determinar los valores de $K_{a,e}$ a la entrada del haz de radiación, en cada simulación se situó una bolsa con DTL en el punto de contacto del rayo central del campo irradiado sobre el maniquí, así como una bolsa con DTL en cada uno de los puntos anatómicos evaluados como referencia (nación, tiroides y protuberancia occipital externa).

Tras ser irradiados, los DTL fueron sometidos a un procesamiento previo a su lectura, consistente en un ciclo corto de 20 minutos de calentamiento a 100 °C. Las lecturas se realizaron utilizando el lector automático ThermoScientific Harshaw modelo 5500, con protocolo de adquisición de baja ganancia y empleando un perfil de calentamiento con un aumento de temperatura desde 50°C hasta 300 °C, en incrementos de 15°C/s, según la recomendación del fabricante.

Los DTL utilizados en este estudio poseen una reproducibilidad mayor al 99 %. Las diferencias de sensibilidad entre cristales, se compensaron aplicando el factor de corrección de cada elemento (0,978 – 1,003). El sistema entrega una respuesta lineal

($R^2=0,9997$) para el rango de energía efectiva utilizada en radiodiagnóstico (45 – 75 keV), con una dependencia energética menor a 0,03 % y con una pérdida de información debida al tiempo (fading) menor al 0,01 %.

Se realizaron mediciones en los tres servicios para el caso de la radiografía periapical de Molar maxilar; en cuanto a la de Incisivo, sólo se presentan los valores de $K_{a,e}$ estimados en los centros B y C, debido a inconvenientes con la consola de comando del equipo del servicio A.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos obtenidos en la etapa experimental, empleando el programa SPSS versión 22(IBM Corp., Armonk, NY), se aplicó estadística descriptiva (cálculo de porcentajes, promedios, medianas y percentiles) y estadística analítica (Kruskall Wallis y U de Mann-Whitney), para determinar diferencias entre las dosis impartidas en cada servicio dental, considerando un nivel de significancia de $p<0,05$.

RESULTADOS

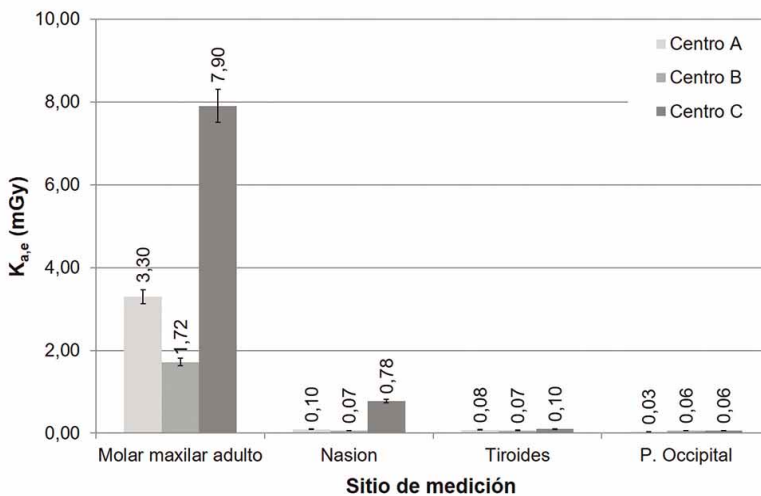


Fig. 1. Valores medios y desviación estándar de la media, para el Kerma Aire en Superficie de Entrada ($K_{a,e}$) estimado en radiografía periapical de Molar maxilar para pacientes adultos, según el centro radiológico dental.

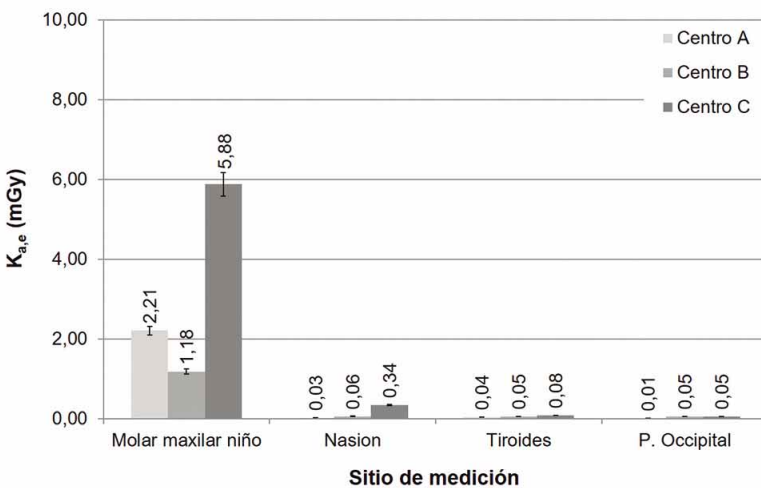


Fig. 2. Valores medios y desviación estándar de la media, para el Kerma Aire en Superficie de Entrada ($K_{a,e}$) estimado en radiografía periapical de Molar maxilar para niños, según el centro radiológico dental.

Las Figuras 1 y 2 muestran los valores de $K_{a,e}$ estimados en radiografía periapical de Molar maxilar para pacientes adultos y niños, respectivamente. En los tres centros dentales participantes en el estudio, las mayores lecturas de $K_{a,e}$ se registraron en pacientes adultos.

Las Figuras 3 y 4 presentan los valores de $K_{a,e}$ estimados en radiografía periapical de Incisivo tanto en pacientes adultos como niños, respectivamente. En los tres servicios dentales, las mayores lecturas de $K_{a,e}$ se registraron en pacientes adultos.

Para las figuras previas, el análisis estadístico mostró que las lecturas de $K_{a,e}$ en nasión, tiroides y protuberancia occipital externa, presentaron diferencias significativas tanto para adultos ($p=0,005$), como para niños ($p=0,004$). En contraste, las diferencias para la dosis en haz central no fueron estadísticamente significativas entre tipos de paciente ($p=0,072$), ni entre la proyección radiográfica dental realizada ($p=0,267$).

Los resultados del control de calidad realizado a los equipos, se presentan en la Tabla I.

La Tabla II presenta el NRD local, estimado para ambos exámenes, tanto en pacientes adultos como niños, en términos del tercer cuartil del $K_{a,e}$ estimado, junto con los valores reportados en la literatura.

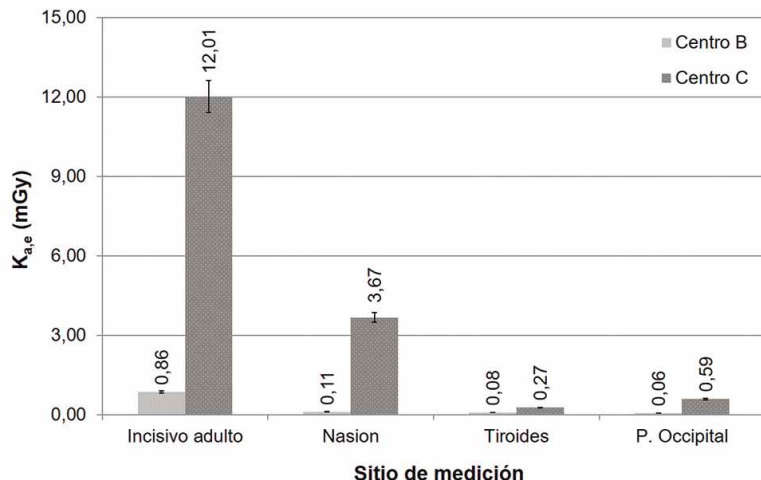


Fig. 3. Valores medios y desviación estándar de la media, para el Kerma Aire en Superficie de Entrada ($K_{a,e}$) estimados en radiografía periapical de Incisivo para pacientes adultos, según el centro radiológico dental.

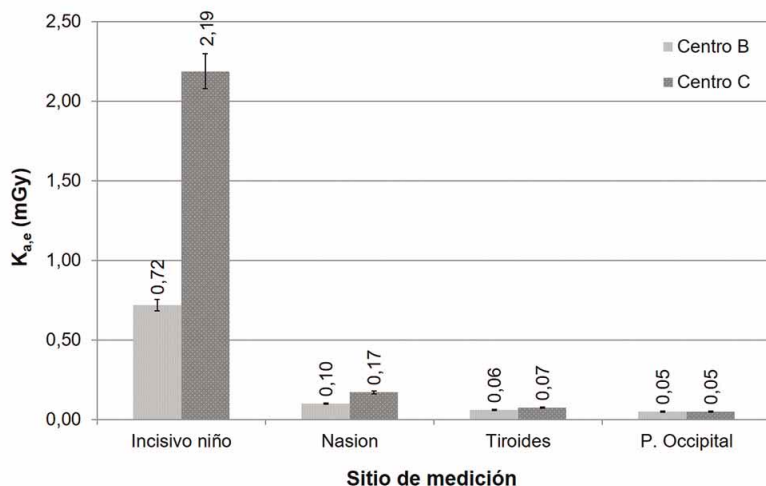


Fig. 4. Valores medios y desviación estándar de la media, para el Kerma Aire en Superficie de Entrada ($K_{a,e}$) estimados en radiografía periapical de Incisivo para niños, según el centro radiológico dental.

DISCUSIÓN

La implementación de NRD permite tener un marco de referencia para que las instituciones puedan comparar la dosis que recibe un grupo de sus pacientes, con las que reciben los de otra localidad o nación. Éste sirve como punto de partida para determinar las causas y aplicar medidas correctivas ante aquellas dosis que se encuentren sistemáticamente por encima o muy por debajo de ellos (International Atomic Energy Agency, 2010).

Actualmente el establecimiento de NRD ha sido adoptado en diversas instituciones y es tal su relevancia, que es exigida por ley en la Comunidad Europea (European Commission, 2013), dicha normativa indica adicionalmente la necesidad de justificar las exposiciones médicas, lo que implica proveer información a los pacientes, registrar y notificar las dosis de los procedimientos médicos y contar con dispositivos indicadores de dosis.

Estas recomendaciones no han sido adoptadas de manera formal por Chile, situación que resulta evidente por el hecho de que nuestra legislación no hace referencia a conceptos como NRD, ni a aspectos como la optimización de la radioprotección en las prácticas médicas (Decreto Supremo N° 133, 1984; Decreto Supremo N° 3, 1985), esto se debe fundamentalmente a que fue elaborada hace más de 3 décadas, haciendo evidente la necesidad de una actualización normativa al respecto.

Tabla I. Resultados del control de calidad realizado a los tres equipos radiográficos dentales evaluados.

Parámetro evaluado	Resultado de la prueba de control de calidad		
	Equipo A	Equipo B	Equipo C
Repetibilidad de la tensión (70 kVp)	4,7%	1,5%	3,3%
Exactitud de la tensión (70 kVp)	11,4%	5,2%	-4,3%
Repetibilidad del tiempo (500 ms)	0,2%	3,6%	3,7%
Exactitud del tiempo (500 ms)	4%	-11%	0,6%
Capa hemirreductora promedio (mmAl)	1,74	2,21	2,04

Tabla II. Tercer cuartil (Q3) de los valores de Valores de Kerma Aire en Superficie de Entrada ($K_{a,e}$) (mGy) estimados para adultos y niños, en las proyecciones periapicales de Molar maxilar y de Incisivo, según la literatura publicada y para este estudio.

Molar maxilar	Q3 $K_{a,e}$ (mGy)		Incisivo	Q3 $K_{a,e}$ (mGy)		
	País/Autor	Adulto		Niño	País/Autor	Adulto
Alemania (Poppe <i>et al.</i>)	2,7	-	Comisión Europea (EC 136, 2004)	4,0	-	
Rumania (Sorop <i>et al.</i> , 2008)	9,2	-	Alemania (Poppe <i>et al.</i>)	1,2	-	
España (Alcaraz <i>et al.</i> , 2016)	3,3	-	Reino Unido (Hart <i>et al.</i> , 2007)	2,3	1,5	
Grecia (Manousaridis <i>et al.</i> , 2013)	3,7	-	Irlanda (Fanning, 2008)	2,3	-	
Comisión Europea (EC 180, 2014)	5,0 – 7,0	-	Corea (Kim <i>et al.</i> , 2012)	3,1	-	
Chipre (Christofides <i>et al.</i> , 2016)	7,2	-	Grecia (Manousaridis <i>et al.</i>)	2,4	-	
Japón (Izawa <i>et al.</i> , 2017)	2,4	-				
Este estudio	5,6	4,0	Este estudio	9,2	1,8	

Sin perjuicio de lo anterior, cabe destacar algunos esfuerzos de parte de grupos de investigación nacionales, quienes han realizado estudios tendientes a crear conciencia a través del establecimiento de NRD en especialidades como la radiología intervencionista, mamografía y radiología general (Blanco *et al.*, 2013; Nocetti & Leyton, 2014; Leyton *et al.*, 2015). No obstante, la radiología dental no ha sido considerada en esta clase de estudios, de modo que los resultados obtenidos en el presente trabajo, constituyen el primer esfuerzo para establecer un NRD a nivel local en nuestro país, en radiología dental periapical, para las proyecciones de Incisivo y Molar maxilar, utilizando DTL y un maniquí antropomorfo.

De acuerdo a la Tabla II, el NRD local determinado para la ciudad de Arica en la radiografía periapical de Molar maxilar con maniquí y técnica de adulto alcanzó los 5,6 mGy. Este valor fue menor que el estimado para Rumania en 2008 (Sorop *et al.*, 2008) en un 39 % y que el estimado para Chipre en 2016 (Christofides *et al.*, 2016) en un 23 %. En contraparte, superó en 70 % al publicado en 2008 para España (Alcaraz *et al.*, 2016), en 51 % al publicado para Grecia en 2013 (Manousaridis *et al.*, 2013), en 107 % al reportado para Alemania en 2006 (Poppe *et al.*) y en un 132 % al determinado para Japón en 2017 (Izawa *et al.*, 2017). No obstante, se encuentra dentro del rango recomendado para 36 países de Europa en 2014 (5 – 7 mGy) (European Commission 180, 2014).

El NRD reportado en el presente estudio para adultos en el examen periapical de Incisivo, también presentado en la Tabla II, fue superior a la mayor parte de los estudios consultados, por ejemplo, superó tres veces al estimado para Reino Unido en 2007 (Hart *et al.*, 2012), Grecia en 2013 (Manousaridis *et al.*) e Irlanda en 2008 (Fanning *et al.*, 2008); del mismo modo, fue 6,7 veces mayor al valor propuesto para Europa en 2004 (European Commission 136), 2 veces supe-

rior al propuesto para Corea (Kim *et al.*, 2012) y 6,7 veces mayor al estimado en Alemania en 2006 (Poppe *et al.*). Esta situación redundante en la necesidad de realizar acciones que permitan optimizar los procedimientos dentales.

Al desagrupar los $K_{a,e}$ según centro radiológico, se determinó que los mayores valores fueron registrados en el centro C y los menores en el centro B, esta tendencia se dio en todos los puntos medidos, para las dos proyecciones dentales evaluadas (Figs. 1 a 4); no obstante, esta diferencia no fue significativa ($p=0,077$).

Las diferencias entre los $K_{a,e}$ estimados en cada centro pueden explicarse por la gran variabilidad de los valores de exposición utilizados en ellos, por el estado de los equipos radiográficos dentales y por las condiciones de funcionamiento del sistema de adquisición de imágenes (Poppe *et al.*). Por lo anterior, resulta imprescindible que los servicios evaluados realicen acciones tendientes a optimizar la dosis impartida, especialmente a niños, dado que, para la proyección periapical de Incisivo, el valor en éstos fue 4 veces superior al estimado para adultos. En ese sentido, también debemos considerar que el $K_{a,e}$ estimado para la proyección periapical de Molar maxilar fue superior a gran parte de la literatura consultada, lo que refleja el margen de optimización existente para nuestra ciudad.

Por otra parte, los valores de $K_{a,e}$ estimados en los diferentes sitios anatómicos difirieron entre sí de forma significativa ($p<0,001$), dando cuenta de la dinámica de absorción de la radiación en el paciente, registrándose los mayores en nasión, para ambas proyecciones evaluadas, tanto en pacientes adultos (1,89 mGy) como niños (0,14 mGy); situación que puede explicarse por la disposición del haz de radiación al momento de efectuar los procedimientos.

Debido a la cercanía de la glándula tiroides al campo irradiado en este tipo de procedimientos y a su elevada radiosensibilidad, se consideró necesario cuantificar la radiación recibida por ésta. El valor de $K_{a,e}$ estimado en nuestro estudio en el examen periapical de Molar maxilar (Fig. 1) fue menor en un 58 % al estimado para Nigeria en 2017 (Jibiri *et al.*, 2017), en un 83 % al estimado para Brasil en 2015 (Lopez & Flores, 2015) y en un 77 % al reportado para Japón en 2012 (Endo *et al.*, 2012). Por su parte, los valores de $K_{a,e}$ para glándula tiroides, presentaron la mayor diferencia en el examen periapical de Incisivo, siendo 2,4 veces mayores en el equipo C que en el equipo B, para pacientes adultos (Fig. 3). En el caso de los niños, la tendencia se mantuvo, pero con una diferencia que no superó el 60 %, según se presenta en la Figura 4.

El uso de protector tiroideo plomado para su resguardo es altamente recomendado, especialmente en pacientes pediátricos, debido a la mayor tasa mitótica de sus tejidos, que los hace más sensibles a la radiación (Hoogeveen *et al.*, 2016). No obstante, dado que su uso no se exige por norma, no todos los servicios dentales consideran esta protección dentro de sus protocolos, situación que debería ser evaluada por los centros, dado que constituye una buena práctica desde la perspectiva de la protección radiológica.

Respecto de la medición realizada en la protuberancia occipital externa, los menores valores de $K_{a,e}$, estimados para el examen periapical de Molar maxilar, se registraron en el equipo A, tanto para niños, como para adultos. En el caso del examen periapical de Incisivo, no hubo diferencias en los valores de los centros B y C para niños (Fig. 4); mientras que, para adultos, el centro C registró una lectura 10 veces mayor que la del centro B (Fig. 3). Estos valores, al igual que los estimados en nasión, no fueron comparados con la literatura dado que no se encontraron reportes previos para estos sitios anatómicos.

El presente estudio consideró el 60 % de los equipos de radiología dental de la ciudad, de modo que los NRD establecidos en el mismo, reflejan de buena manera los niveles de dosis impartidos actualmente en Arica para los exámenes evaluados. No obstante, en futuros estudios debería seleccionarse una muestra mayor de equipos. Otra limitación corresponde al hecho de no considerar la calidad de imagen para efectos comparativos, situación abordable desde un enfoque metodológico basado en pacientes.

Resulta fundamental establecer nuevamente el

NRD local luego someter a los equipos dentales a un control de calidad por parte de su fabricante o de personal especializado, a fin de regular las condiciones técnico operacionales de los mismos, las que actualmente no son verificadas de forma regular en los servicios considerados en este estudio. Esta situación es evidente por la variabilidad observada en los resultados del control de calidad (resumidos en la Tabla I), con valores que sobrepasaron los puntos de corte establecidos como tolerancia en las diferentes pruebas realizadas (Sociedad Española de Física Médica).

Los resultados obtenidos buscan incrementar la baja productividad científica que tiene nuestro país sobre protección radiológica en radiología dental (Ubeda, 2018). Así como también, orientar la ejecución de futuras investigaciones en el área, aportando información del nivel de radiación en estos procedimientos, con lo que se espera promover una cultura de radioprotección y motivar la optimización de las dosis impartidas.

CONCLUSIONES

El presente estudio corresponde a la primera estimación del NRD local para radiografía dental periapical en la ciudad de Arica y en Chile, mediante el uso de DTL.

El NRD local establecido en el presente estudio para la radiografía periapical de Molar maxilar, en términos de $K_{a,e}$, fue de 5,6 mGy para adultos y 4,0 mGy para niños. En tanto, para la radiografía periapical de Incisivo fue de 9,2 mGy para pacientes adultos y 1,8 mGy para niños.

Resulta esencial realizar una optimización de las dosis empleadas en los procedimientos en los tres centros evaluados, especialmente en situaciones donde la dosis excedió los valores recomendados internacionalmente.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen la colaboración de los centros dentales participantes en el estudio, así como al Laboratorio de Dosimetría Personal de la Universidad de Tarapacá, por su apoyo en la obtención de las lecturas con dosimetría termoluminiscente. El investigador Carlos Ubeda agradece el apoyo de la Dirección de Investigación de la Universidad de Tarapacá, a través del proyecto de investigación UTA Mayor N° 7713-18.

NOCETTI, D.; UBEDA, C. & VILLALOBOS, K. Local diagnostic reference level in periapical radiographs. first values for Chile. *Int. J. Odontostomat.*, 15(21):196-203, 2021.

ABSTRACT: The information provided by dental radiology procedures, both in evaluation, as well as in the diagnosis and treatment of pathologies and / or dentomaxillofacial alterations, makes them the most frequent type of radiological study. However, there is a meager knowledge in our country regarding dose levels applied in such procedures, making their determination necessary to maximize the benefits and to minimize the radiological risk to patients. The present study determined the local diagnostic reference level (LDRL) for the periapical radiography of the Maxillary molar and Incisive. Simulations of radiographic procedures were performed and the value of air Kerma at the entrance surface with backscattering, was estimated using thermo luminescent dosimetry. The LDRL determined in the maxillary molar periapical radiography was 5.6 mGy for adults and 4.0 mGy for children; while on the incisive periapical radiography it was 9.2 mGy for adult patients and 1.8 mGy for children. The results obtained seek to guide the execution of future research in the area and provide information on the radiation doses delivered in these procedures, which is expected to promote a radiation protection culture and motivate the optimization of the registered doses.

KEY WORDS: diagnostic reference levels, dental radiology, radiation protection.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcaraz, M.; Martínez-Beneyto, Y.; Perez, L.; Jodar, S.; Velasco, E. & Canteras, M. The status of Spain's dental practices following the European Union directive concerning radiological installations. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol. Oral Radiol. Endod.*, 98(4):476-82, 2004.
- Alcaraz, M.; Velasco, F.; Olivares, A.; Velasco, E. & Canteras, M. Dose reference levels in spanish intraoral dental radiology: stabilisation of the incorporation of digital systems in dental clinical practices. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 172(4):422-7, 2016.
- Blanco, S.; Mora, P.; Almonte, N.; Benavente, T.; Benson, N.; Blanco, D.; Cárdenas, J.; Gómez, Y. D.; Edding, O.; Escobar, C.; et al. Determination of diagnostic reference levels in general radiography in Latin America. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 156(3):303-9, 2013.
- Christofides, S.; Pitri, E.; Lampaskis, M. & Papaefstathiou, C. Local diagnostic reference levels for intraoral dental radiography in the public hospitals of Cyprus. *Phys. Med.*, 32(11):1437-43, 2016.
- Decreto Supremo N° 133 (DS 133). *Reglamento sobre Autorizaciones Para Instalaciones Radioactivas O Equipos Generadores De Radiaciones Ionizantes, Personal que se Desempeña en Ellas, u Opere Tales Equipos y Otras Actividades Afines.* Santiago de Chile, Gobierno de Chile, 1984.
- Decreto Supremo N°3 (DS 3). *Reglamento de Protección Radiológica de Instalaciones Radiactivas.* Santiago de Chile, Gobierno de Chile, 1985.
- Endo, A.; Katoh, T.; Kobayashi, I.; Joshi, R.; Sur, J. & Okano, T. Characterization of optically stimulated luminescence dosimeters to measure organ doses in diagnostic radiology. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 41(3):211-6, 2012.
- European Commission (EC). Council Directive 2013/59/Euratom of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom, 2013.
- European Commission 136 (EC 136). *European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology. The Safe Use of Radiographs in Dental Practice.* Luxemburgo, European Commission, 2004.
- European Commission 180 (EC 180). *Radiation Protection No. 180. Diagnostic Reference Levels in Thirty-Six European Countries.* Luxemburgo, European Commission, 2014.
- Fanning, B. The establishment of a diagnostic reference level for intra-oral dental radiography in Co. Wicklow. *J. Ir. Dent. Assoc.*, 54(4):181-3, 2008.
- Hart, D.; Hillier, M. & Shrimpton, P. *Doses to patients from radiographic and fluoroscopic X-ray imaging procedures in the UK?* 2010 review. Chilton, Health Protection Agency, 2012.
- Hoogeveen, R. C.; Hazenoot, B.; Sanderink, G. C. H. & Berkhout, W. E. R. The value of thyroid shielding in intraoral radiography. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 45(5):20150407, 2016.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). *Establecimiento de Niveles Orientativos en Radiografía General u Mamografía.* IAEA-TECDOC-1646. Viena, International Atomic Energy Agency, 2010.
- International Commission on Radiation Protection (ICRP). Radiological protection in medicine. ICRP 105. *Ann. ICRP*, 37(6):1-63, 2007.
- International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU). Patient dosimetry for x rays used in medical imaging. *J. ICRU*, 5(2), 2005. DOI: <https://www.doi.org/10.1093/jicru/ndi018>
- Izawa, M.; Harata, Y.; Shiba, N.; Koizumi, N.; Ozawa, T.; Takahashi, N. & Okumura, Y. Establishment of local diagnostic reference levels for quality control in intraoral radiography. *Oral Radiol.*, 33(1):38-44, 2017.
- Jibiri, N. N.; Adeleye, B. & Kolude, B. Radiation dose to the thyroid, eyes and parotid glands of patients undergoing intra-oral radiographic procedures in a teaching hospital in Ibadan, Oyo state Nigeria. *Int. J. Radiat. Res.*, 15(1):101-6, 2017.
- Justino, H. The ALARA concept in pediatric cardiac catheterization: techniques and tactics for managing radiation dose. *Pediatr. Radiol.*, 36(Suppl. 2):146-53, 2006.
- Kim, E. K.; Han, W. J.; Choi, J. W.; Jung, Y. H.; Yoon, S. J. & Lee, J. S. Diagnostic reference levels in intraoral dental radiography in Korea. *Imaging Sci. Dent.*, 42(4):237-42, 2012.
- Leyton, F.; Nogueira, M. S.; Dantas, M.; Duran, M. P. & Ubeda, C. Mean glandular dose in six digital mammography services in Santiago, Chile: preliminary reference levels. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 165(1-4):115-20, 2015.
- Lopez, G. & Flores, P. Doses for the eye lens and thyroid in dental radiology: experience in the municipality of Salvador, Bahia, Brazil. *Int. J. Sci. Res.*, 4(5):660-2, 2015.
- Manousaridis, G.; Koukorava, C.; Hourdakis, C. J.; Kamenopoulou, V.; Yakoumakis, E. & Tsiklakis, K. Establishment of diagnostic reference levels for dental intraoral radiography. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 156(4):455-7, 2013.

- Nocetti, D. & Leyton, F. Niveles de dosis efectiva a lactantes en radiografía de pelvis. Primeros datos para Chile. *Interciencia*, 39(7):502-5, 2014.
- Poppe, B.; Looe, H. K.; Pfaffenberger, A.; Eenboom, F.; Chofor, N.; Sering, M.; Rühmann, A.; Poplawski, A. & Willborn, K. Radiation exposure and dose evaluation in intraoral dental radiology. *Radiat. Prot. Dosimetry*, 123(2):262-7, 2007.
- Sociedad Española de Física Médica (SEFM). *Protocolo Español de Control de Calidad en Radiodiagnóstico*. Madrid, Senda, 2011.
- Sorop, I.; Mossang, D.; Iacob, M. R.; Dadulescu, E. & Iacob, O. Update of diagnostic medical and dental x-ray exposures in Romania. *J. Radiol. Prot.*, 28(4):563-71, 2008.
- Ubeda, C.; Leyton, F.; Galaz, S.; Oyarzún, C. & Inzulza, A. Garantía de calidad y protección radiológica en las exposiciones medicas en Europa. Un ejemplo a seguir. *Rev. Chil. Radiol.*, 13(4):208-12, 2007.
- Ubeda, C. Research on safety and radiological protection in dental radiological procedures. How much is there in Chile. *Int. J. Odontostomat.*, 12(2):91-2, 2018.
- Ubeda, C.; Nocetti, D. & Aragón, M. Safety and Radiological Protection in Dental Imaging Procedures. *Int. J. Odontostomat.*, 12(3):246-51, 2018.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations (UNSCEAR). *UNSCEAR 2008 Report: Sources and Effects of Ionizing Radiation*. Ginebra, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations (UNSCEAR), 2008. Disponible en: http://www.unscear.org/unscear/publications/2008_1.html
- Vañó, E. Las exposiciones médicas en UNSCEAR 2000 y los datos del comité español. *Radioproteccion*, 30(9):14-9, 2001.
- Vañó, E.; Miller, D. L.; Martin, C. J.; Rehani, M. M.; Kang, K.; Rosenstein, M.; Ortiz-López, P.; Mattsson, S.; Padovani, R.; Rogers, A.; *et al.* ICRP Publication 135: Diagnostic Reference Levels in Medical Imaging. *Ann. ICRP*, 46(1):1-144, 2017.

Dirección para correspondencia:
Diego Nocetti
Departamento de Tecnología Médica
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad de Tarapacá
Arica
CHILE

Email: dnocetti@academicos.uta.cl