

Racionalización de la dosis de radiación

Streamlining the radiation dose

Yuri Nejaim^{1e}, Karla de Faria Vasconcelos^{1ce}, Gina D Roque-Torres^{1f}, Abraham Meneses-López^{2acd}, Frab Norberto Bóscolo^{1e}, Francisco Haiter-Neto^{1e}

RESUMEN

En la actualidad existe una gran aceptación por la medicina y la odontología, en que la práctica clínica debe ser “basada en evidencia científica”, tanto como sea posible. Es por eso que múltiples trabajos se han publicado orientados a disminuir las dosis de radiación en los diferentes tipos de modalidades imaginológicas usados en la odontología, ya que el mayor efecto de las radiaciones, sobre todo en niños, nos obliga a tomar medidas necesarias para racionalizar su uso, especialmente con la tomografía computarizada Cone Beam (TCCB), método que aporta las mayores dosis en la odontología. Esta revisión fue escrita utilizando un enfoque de este tipo con el propósito de racionalizar la dosis de radiación en nuestros pacientes. El equipo del proyecto SEDENTEXCT recopiló y analizó relevantes publicaciones en la literatura, pautas que han demostrado su eficacia en el pasado, para llegar a formular recomendaciones que contribuyan a la optimización del uso de las radiaciones ionizantes en la odontología, ayudando de esa manera a ver con otros ojos la dosis recibida por los pacientes, y con la presente se recomienda tener en cuenta dicho documento para poder prescribir de manera más adecuada los exámenes complementarios que usamos diariamente.

PALABRAS CLAVE: Radiación ionizante, Radiobiología, Relación dosis-respuesta en la radiación.

SUMMARY

There is now wide acceptance in medicine and dentistry that clinical practice should be as “evidence-based” as possible. Which is why many works have been published aimed at reducing radiation doses in different types of imaging modalities in dentistry, and that the major effect of radiation especially in children requires us to take necessary steps to rationalize their use especially the Cone Beam Computed Tomography (CBCT) method that

¹ Facultad de Odontología de Piracicaba, Universidad Estadual de Campinas. Piracicaba, Brazil.

² Facultad de Estomatología Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú.

^a Especialista en Ortodoncia ;

^b Especialista en Radiología Oral ;

^c Magister en Estomatología ;

^d Magister en Radiología Oral

^e Doctor en Estomatología.

provides the highest doses in dentistry. This review was written using this approach because of the purpose of streamlining the radiation dose in our patients. SEDENTEXCT team collected and analyzed relevant publications in the literature, guidelines that have proven effective in the past to reach recommendations, which can contribute to optimizing the use of ionizing radiation in dentistry, helping to see with others eyes the dose received by our patients. This paper recommend to consider the SEDENTEXCT project to prescribe more appropriately complementary exams we use daily.

KEYWORDS: *Radiation ionizing, radiobiology, dose-response relationship radiation.*

INTRODUCCIÓN

Desde la introducción de los exámenes imagino-lógicos, los cuales utilizan radiación ionizante, deberíamos de tener un consenso sobre el riesgo de la dosis de radiación que tienen sobre los pacientes (1). El riesgo de los pacientes por una única radiografía es muy baja. Sin embargo, el riesgo de la población es incrementada por la frecuencia en que son realizadas las exposiciones radiográficas y por el número de personas sometidas a estas exposiciones. Por esta razón, todo esfuerzo por disminuir la dosis de radiación debería de ser direccionada en este sentido, así como reducir la misma dosis dependiendo de aparato o tipo de imagen que se use como medio diagnóstico (2).

Las recomendaciones en el SEDENTEXCT deberían de ser aplicados para todo paciente. Los dentistas deberían de usar los exámenes complementarios con uso de radiación ionizante solo después de conocer la historia y examen clínico del paciente (3). Ya que cada precaución debería de ser tomada para minimizar la exposición de la radiación, especialmente en los niños, mujeres que amamantan y mujeres embarazadas (4).

Además, se observa el desconocimiento por parte de los profesionales y los pacientes con respecto a la dosis de radiación que se utiliza en la adquisición de imágenes y un miedo excesivo sobre los riesgos causados por la exposición a los rayos X (3). Los parámetros existentes para el uso racionalizado de la radiación, debería de ser revisado y actualizado cada cierto tiempo, para así poder disminuir la radiación en la población (5).

Revisión de la Literatura

Los rayos X, así como las ondas de radio, microondas y la radiación cósmica, son un tipo de radiación

electromagnética, que se caracterizan por poseer longitud de onda corta, alta energía y gran poder de penetración, siendo capaz de causar daño al tejido humano expuesto. La exposición a largo plazo se refiere a la cantidad de fotones de rayos X que la unidad produce y al poder de penetración que tienen sobre la materia, factores determinados por la configuración del dispositivo (tiempo, mA y kVp). Dado que el término dosis se utiliza para describir la cantidad de energía absorbida por unidad de masa en la región de interés, siendo su unidad de medida el sievert (Sv) (1).

Como ya se ha mencionado, la dosis está directamente relacionada con la radiación que llega y es absorbida por los órganos del cuerpo humano. Por tanto, esta exposición puede dar lugar a dos tipos de efectos biológicos: efectos deterministas y efectos estocásticos. Los efectos deterministas son aquellos en los que la severidad de la respuesta es proporcional a la dosis, causando un grado de muerte celular no compensada por la reparación. Ellos son producidos por dosis altas, donde la gravedad del daño aumenta con la dosis aplicada. Podemos citar como ejemplos, los accidentes nucleares y radioterapias. Los efectos estocásticos conducen a la transformación celular y no tienen ninguna dosis umbral, el daño puede ser causado por una dosis mínima de radiación. Su causa es debido a los cambios aleatorios en el ácido desoxirribonucleico (ADN) de una sola célula que sigue reproduciéndose. Cuando el daño se produce en las células germinales, se pueden producir efectos genéticos o hereditarios (6).

Las dosis recibidas mientras se realizan los exámenes radiográficos son bajas y los daños son reparables. Sin embargo, tenemos que observar los órganos que son irradiados en el desempeño de ciertas técnicas radiográficas odontológicas. Como ejemplo podemos mencionar la realización de las imágenes de la mandíbula lo que expone a la región de la glándula

tiroides, y la realización de las imágenes de la maxila donde se irradia al cristalino de los ojos. Por lo tanto, es de suma importancia la correcta indicación de exámenes, con el fin de disminuir la dosis de radiación ionizante que el paciente recibirá evitando la exposición a los órganos críticos (7).

El examen radiográfico periapical está indicado para estudios unitarios o de grupos dentales, proporcionando a través de una imagen bidimensional una visión detallada de la anatomía y de las estructuras que rodean al diente. Sobre la base de las directrices de SEDENTEXCT, la realización de una radiografía periapical utilizando placas de fósforo fotoestimulable o película radiográfica speed-F con colimación rectangular, expone al paciente a una dosis de 1,5 μSv . En un examen completo (14 radiografías), con los mismos parámetros, este número se eleva a 21 mSv. Es importante destacar que, utilizando colimador cilíndrico aumenta la dosis en casi cinco veces y el uso de películas con velocidades más lentas la aumentan aún más (1). Otro examen bastante solicitado es la radiografía panorámica, indicado para la evaluación general de las arcadas, acompañamiento del desarrollo y crecimiento dentario. En promedio una radiografía panorámica expone al paciente a una dosis de 2,7 a 24,3 μSv . La telerradiografía lateral es también conocida como radiografía lateral de cráneo siendo otro examen bidimensional ampliamente utilizado por los cirujanos y ortodontistas para la pla-

nificación de cirugía ortognática y ortodoncia, este método expone al paciente a una dosis aproximada de 6 μSv (3).

A diferencia de los exámenes bidimensionales mencionados anteriormente, la TCCB consiste en un tipo de examen de tres dimensiones, que también expone al paciente a la radiación X. Se viene aplicando en diversas especialidades dentales, y se utiliza principalmente en la evaluación de pacientes politraumatizados, planificación de la cirugía ortognática, evaluación de implantes dentales, dientes retenidos e impactados, para diagnosticar lesiones óseas, variaciones anatómicas, fracturas y reabsorción radicular. Dependiendo de los parámetros y aparatos utilizados, expone al paciente a aproximadamente 48 a 652 μSv cuando se utiliza un campo de visión (*field of view* - FOV) de menos de 10 cm y en 68 a 1073 μSv cuando usamos un FOV mayor que 10 cm (3).

El FOV, es otro de los factores que interfieren con la dosis de radiación producida por la TCCB, teniendo en cuenta que cuanto más pequeño sea el FOV, la cantidad de radiación involucrada en el proceso también será menor (8) (Tabla 1).

El uso de la TCCB en la evaluación de región dento maxilo facial ha permitido la expansión en el campo del diagnóstico, posibilitando una mejor orientación de los procedimientos operatorios y quirúrgicos. Al

Tabla 1. Dosis efectiva en las diferentes modalidades de imágenes.

	Dosis efectiva (μSv)	Referencias
Radiografía intraoral	<1,5	Ludlow et al, 2008 (1)
		Ludlow et al, 2008 (1) Okano et al, 2009 (9)
Radiografía Panorámica	2.7 – 24.3	Garcia Silva et al, 2008b (10) Palomo et al, 2008 (11) Garcia Silva et al, 2008a (12)
Telerradiografía Lateral	<6	Ludlow et al, 2008 (1)
CBCT (small FOV)	48 - 652	SEDENTEXCT 2012 (3)
CBCT (large FOV)	68 - 1073	SEDENTEXCT 2012 (3)
		Okano et al, 2009 (9) Garcia Silva et al, 2008a (12)
Tomografía Médica	280 - 1410	Loubele et al, 2005 (13) Faccioli et al, 2009 (14) Suomalainen et al, 2009 (16)

igual que los otros exámenes de imagen que utiliza la radiación ionizante, la tomografía también implica algunos riesgos para el paciente y por lo tanto es esencial el juzgamiento entre los riesgos y beneficios de esta modalidad. Su indicación deberá ser realizada pensando en los beneficios del diagnóstico sobre el posible daño que la exposición de radiación puede causar, siendo esencial la indicación basada en la historia y el examen clínico de cada paciente. El uso rutinario de esta modalidad sobre la base de un enfoque generalizado es inaceptable (2).

Hay algunas preguntas que el odontólogo debe conocer y utilizar con discreción antes de indicar el examen por TCCB: ¿La radiografía convencional es suficiente para proporcionar la información necesaria? ¿La imagen en 3D modificará o añadirá información al diagnóstico y plan de tratamiento? A partir de estas respuestas, el profesional tendrá la base para una indicación segura y seguirá las reglas de indicación de la TCCB especificando que el examen sólo debe hacerse cuando los métodos convencionales no son suficiente y/o cuando trae información adicional acerca de cada caso (5).

Con el objetivo de transmitir la información con base científica sobre el uso clínico de la TCCB un grupo multidisciplinario de la Unión Europea, incluido físicos, radiólogos y otros dentistas especializados, crearon el SEDENTEXCT. Este material fue preparado para reforzar la seguridad en el uso de la TCCB en la práctica clínica y, al mismo tiempo, desarrollar directrices basadas en evidencias científicas para justificar, optimizar y definir los criterios de su indicación para uso en odontología (3).

En general, este documento presenta las directrices para los profesionales que trabajan con esta tecnología, sean técnicos, médicos o cirujanos dentistas. Según Keith Horner, coordinador del proyecto, las directrices actuales en SEDENTEXCT no son rígidos y deben someterse a los cambios necesarios de acuerdo con la legislación nacional vigente y la prestación de servicios de salud local. Es una guía para la orientación profesional y para la optimización del uso de radiación ionizante en imágenes dentales (3).

Este material se puede acceder en la dirección: <http://www.sedentexct.eu>, y presenta una serie de estrategias que deben adoptarse para reducir la dosis

de radiación ionizante a la que los pacientes son sometidos durante un examen tomográfico. Aunque la dosis de la TCCB para un examen se considera baja en comparación con la tomografía computarizada convencional o médica, esta viene aumentando con su uso a gran escala. Además, muchos pacientes son niños, y por lo tanto más susceptibles a los efectos dañinos de la radiación (3) (Tabla 2).

Tabla 2. Factor de Riesgo de acuerdo para cada grupo etario

Edad (años)	Factor de Multiplicación para el Riesgo
<10	X 3
10-20	X 2
20-30	X 1,5
30-50	X 0,5
50-80	X 0,3
80 a más	Riesgo insignificante

DISCUSIÓN

Con todo el avance de la tecnología en el mundo, la radiología odontológica logró una mejoría significativa en los últimos años. Con la llegada de la TCCB, junto con la mejora de los equipos para radiografías intraorales y extraorales, hubo un aumento en la calidad de los exámenes disponibles, permitiendo una mejor diagnóstico y planificación del tratamiento mucho más exacto para los pacientes.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que a pesar de la mejora en la calidad, la radiación X, es utilizada para la obtención de estas imágenes, e incluso en baja intensidad puede causar daños en el ADN de las células del cuerpo humano. A pesar de que las dosis y los riesgos son pequeños en la radiología oral, algunos estudios epidemiológicos han proporcionado evidencia limitadas de un aumento en el riesgo de tumores cerebrales (16,17), de las glándulas salivales (17) y de la tiroides (18,19). Por lo tanto es importante que los profesionales tengan en cuenta que los exámenes radiográficos son exámenes complementarios y que si se solicitan de forma aleatoria, sin un análisis criterioso, expone al paciente a dosis y riesgos innecesarios, convirtiéndose injustificables.

Con el fin de proteger al ser humano contra los

efectos indebidos causados por las radiaciones ionizantes, la Comisión Internacional de Energía Nuclear, creó tres principios básicos como directrices. Ellos son justificación, optimización y limitación de dosis individuales (20).

La justificación recomienda que ninguna práctica debería ser autorizada a menos que produzca suficiente beneficio para el individuo expuesto o para la sociedad. La exposición médica debe resultar en un beneficio real para la salud de la persona y / o la sociedad. Se debe analizar la eficacia, los beneficios y los riesgos de otras de las técnicas alternativas disponibles para el mismo objetivo, pero que no implique o disminuya la exposición de la radiación ionizante (3).

La optimización implica que las exposiciones deben mantener el nivel de radiación lo más bajo posible, siguiendo el principio de ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible). La protección radiológica se optimiza cuando las exposiciones emplean la menor dosis posible de radiación, sin que eso implique la pérdida de la calidad de la imagen (3).

La limitación de las dosis individual de cada paciente no debe ser excedido por los límites establecidos por las normas de protección radiológica en cada país. Este principio no se aplica a limitar la dosis en los pacientes, sino es direccionado para los trabajadores ocupacionalmente expuestos a la radiación ionizante y para el público en general. Se centra en el individuo teniendo en cuenta todas las exposiciones, resultantes de todas las prácticas que el individuo puede estar expuesto (3).

Siendo así, siguiendo los lineamientos de la Comisión Internacional de Energía Nuclear, antes de solicitar cualquier tipo de examen radiológico, el profesional debe hacer un criterioso examen clínico y una anamnesis detallada, y cuando sea posible, examinar las radiografías anteriores que algunos pacientes pueden tener. Solamente después de estas etapas el profesional deberá hacer el juzgamiento para determinar cuál es el examen que traerá más información complementaria solucionando el caso en cuestión (Justificación), además de establecer la menor dosis posible de radiación, sin que eso implique en la pérdida de la calidad de imagen (optimización) (20).

Los profesionales también deben estar atentos en otros factores importantes para la protección de los

pacientes. La ejecución correcta de la técnica por el profesional, evitando así la repetición del examen y el uso del equipamiento de protección de los pacientes, tales como: el chaleco de plomo y collar tiroideo, ya que pueden evitar una exposición innecesaria al paciente, minimizando así los posibles riesgos (20).

Por último, es de suma importancia que el profesional conozca las principales indicaciones para solicitar una TCCB, ya que como se ha mencionado en la Tabla 1, los trabajos científicamente comprueban que este es un examen que tiene una dosis de radiación más alta en comparación con la técnica periapical, interproximal y panorámica, pudiendo así traer mayores consecuencias biológicas al mismo.

La TCCB ha sido el examen de elección en la odontología en los casos en que existe la necesidad de la evaluación en tres dimensiones, que consiste en un valioso complemento de las imágenes bidimensionales (21, 22). Su aplicación se ha destacado en diversas situaciones clínicas, como en la evaluación periodontal (23), el estudio de la articulación temporomandibular (24), lesiones periapicales (25), la detección reabsorción radicular interna y externa (26), la planificación preoperatoria de los implantes (27) y el diagnóstico de fracturas radiculares (28- 30).

La literatura demostró claramente la influencia negativa de los artefactos en el diagnóstico de fracturas radiculares por TCCB, especialmente cuando existe la presencia del material intraconducto de alta densidad física como la gutapercha (29, 31-34) y el espigo metálico (29,32,35,36). La presencia de los espigos metálicos y canal de la gutapercha intraconducto redujo significativamente la exactitud, sensibilidad y especificidad de la TCCB en el diagnóstico de fracturas de la raíz (33,35). Esta reducción en la exactitud se justifica debido a la aparición de artefactos en forma de líneas hipodensas (oscuras) que mimetizan las líneas de fractura y también las hiperdensas (blancas) que dificultan el diagnóstico. Ambas, pueden conducir a un diagnóstico y plan de tratamiento incorrecto, e incluso en algunos casos llevar a la extracción innecesaria de la pieza dental (37).

Limitación similar se aplica cuando existe la necesidad de la evaluación de las superficies de los implantes dentales de titanio (38). Investigaciones han sido realizadas con el fin de encontrar mejores protocolos de escaneamiento (39) y el procesamiento posterior (40) para evaluar la región peri-implantar, con el fin de reducir los artefactos generados. Sin embargo, lo

que se observa es que a pesar que la TCCB proporciona datos precisos relacionados con la morfología ósea y orientación en el posicionamiento del implante en el reborde alveolar (41) la región peri-implante se ve comprometida por la presencia de artefactos procedentes del tornillo de titanio (38, 42), perjudicando o incluso impidiendo el diagnóstico en esta región. Por lo tanto, es evidente que este tipo de imagen, así como los demás, tienen limitaciones y debe ser correctamente indicadas.

Existe en el mercado aparatos con diferentes tamaños de FOV, por lo tanto, algunos exámenes pueden cubrir solo el maxilar, mandíbula, maxilar y la mandíbula juntas, o todo el complejo craneofacial. El tamaño medio del FOV para el análisis complejo craneofacial gira alrededor de 14cm (43, 44), siendo que a mayor tamaño se aumenta la radiación a los paciente. Para la ortodoncia y cirugía ortognática el FOV ideal debe abarcar todo el complejo craneofacial (45), y es ahí donde se debe tener en cuenta que el rango de edad de los pacientes que son tratados en estas especialidades son los niños, los cuales tienen más riesgo de los efectos biológicos.

En síntesis, es fundamental que el profesional tenga el conocimiento específico, realizando una anamnesis criteriosa, para posteriormente solicitar, en caso sea necesario, el examen radiográfico que aporte la mayor cantidad de información complementaria para un correcto diagnóstico, exponiendo al paciente a una dosis baja de radiación como sea posible. El conocimiento de los criterios y directrices para el uso de imágenes es fundamental para permitir el avance de la radiología dental peruana, ya que las nuevas técnicas imaginológicas han demostrado ser una alternativa adecuada para mejorar la calidad del diagnóstico.

CONCLUSIONES

Aunque tenemos algunos daños derivados de las radiaciones ionizantes, las investigaciones científicas han demostrado que el riesgo asociado con el uso de técnicas radiográficas intraorales, panorámicas y de la CBCT es menor que el riesgo de la radiación con fondo ambiental (radiación cósmica, radiación de la tierra, rayos ultravioletas). Por lo tanto, es importante contar con un mayor conocimiento del cirujano dentista en la indicación de cada examen para así no exponer a los pacientes a la radiación innecesariamente. También, se sugiere una mayor integración de los

mismos con los radiólogos, para intercambiar conocimientos e informar mejor a sus pacientes sobre los riesgos reales de la radiación X.

Correspondencia:

Yuri Nejaim

correo electrónico: ynejaim@hotmail.com

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ludlow JB, Ivanovic M. Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 106(1):106-14.
2. Environmental Health Directorate, Health Canada. Radiation Protection in Dentistry - Recommended Safety Procedures for the Use of Dental X-Ray Equipment - Safety Code 30. Ontario: Environmental Health Directorate; 1999. (Citado el 15 de enero del 2015) Disponible en: <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-smmt/pubs/radiation/99ehd-dhm177/index-eng.php>
3. SEDENTEXCT project. Radiation protection. Luxembourg: European Commission; 2012. (Citado el 15 de enero del 2015) Disponible en: http://www.sedentext.eu/files/radiation_protection_172.pdf
4. American Dental Association. Dental radiographic examinations: recommendations for patient selection and limiting radiation exposure. Department Of Health And Human Services Public Health Service Food And Drug Administration; 2004.
5. White SC, Heslop EW, Hollender LG, et al. Parameters of radiologic care: An official report of the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 91(5):498-511.
6. White SC. Assessment of radiation risk from dental radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 1992; 21:118-26.
7. Hirsch E, Wolf U, Heinicke F, Silva MA. Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37:268-73.
8. Brooks SL. CBCT Dosimetry: Orthodontic considerations. *Semin Orthod.* 2009; 15:14-18.
9. Okano T, Harata Y, Sugihara Y, et al. Absorbed and effective doses from cone beam volumetric imaging for implant planning. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009; 38:79-85.
10. Garcia-Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Gründler K, Visser H, Hirsch E. Effective dosages for recording Veraviewepocs dental panoramic images: analog film, digital, and panoramic scout for CBCT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 106: 571-7.
11. Palomo JM, Rao PS, Hans MG. Influence of CBCT ex-

- posure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008; 105:773-82.
12. Garcia-Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 133:640-645.
 13. Loubele M, Jacobs R, Maes F, et al. Radiation dose vs. image quality for low-dose CT protocols of the head for maxillofacial surgery and oral implant planning. *Radiat Prot Dosimetry.* 2005; 117:211-6.
 14. Faccioli N, Barillari M, Guariglia S, et al. Radiation dose saving through the use of Cone-Beam CT in hearing-impaired patients. *Radiologia Medica.* 2009; 114:1308-18.
 15. Suomalainen A, Kiljunen T, Kaser Y, Peltola J, Kortetniemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009; 38:367-78.
 16. Longstreth WT, Dennis LK, McGuire VM, Drangsholt MT, Koepsell TD. Epidemiology of intracranial meningioma. *Cancer* 1993; 72:639-48.
 17. Preston-Martin S, White SC. Brain and salivary gland tumors related to prior dental radiography: implications for current practice. *J Am Dent Assoc.* 1990; 120:151-8.
 18. Hallquist A, Hardell L, Degerman A, Wingren G, Boquist L. Medical diagnostic and therapeutic ionizing radiation and the risk for thyroid cancer: a case-control study. *Eur J Cancer Prevention.* 1994; 3:259-67.
 19. Memon A, Godward S, Williams D, Siddique I, Al-Saleh K. Dental x-rays and the risk of thyroid cancer: a case-control study. *Acta Oncol.* 2010; 49:447-53.
 20. Valentin J (Editor). The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Stockholm, Sweden: The International Commission on Radiological Protection/Elsevier; 2007. *Annals of the ICRP: 37.* (Citado el 15 de enero del 2015) Disponible en: [http://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37\(2-4\)-Free_extract.pdf](http://www.icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37(2-4)-Free_extract.pdf)
 21. De Vos W, Casselman J, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 38:609-25.
 22. Miracle AC, Mukherji SK. Cone beam CT of the head and neck: part 2. Clinical applications *Am J Neuroradiol.* 2009; 30:1285-92.
 23. Kau CH, Richmond S, Palomo JM, Hans MG. Three-dimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *J Orthod.* 2005; 32:282-93.
 24. Honda K, Larheim TA, Maruhashi K, Matsumoto K, Iwai K. Osseous abnormalities of the mandibular condyle: diagnostic reliability of cone beam computed tomography compared with helical computed tomography based on an autopsy material. *Dentomaxillofac Radiol.* 2006; 35:152-57.
 25. Estrela C, Bueno MR, Alencar AHG, et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using Cone Beam computed tomography. *J Endod.* 2009; 35:1491-97.
 26. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J.* 2007; 40:818-30.
 27. Balasundaram A, Gurun D, Neely A, Ash-Rafzadeh A, Ravichandra J. Novel CBCT and Optical Scanner-Based Implant Treatment Planning Using a Stereolithographic Surgical Guide: A Multipronged Diagnostic Approach. *Implant Dent.* 2014; 23(4):401-6.
 28. Hannig C, Dullin C, Hulsmann M, Heidrich G. Three-dimensional, non-destructive visualization of vertical root fractures using flat panel volume detector computer tomography: an ex vivo in vitro case report. *Int Endod J.* 2005; 38:904-913.
 29. Melo SL, Haiter-Neto F, Correa LR, Scarfe WC, Farman AG. Comparative diagnostic yield of cone beam CT reconstruction using various software programs on the detection of vertical root fractures *Dentomaxillofac Radiol.* 2013; 42(9):20120459.
 30. Nascimento HA, Ramos AC, Neves FS, de-Azevedo-Vaz SL, Freitas DQ. The 'Sharpen' filter improves the radiographic detection of vertical root fractures. *Int Endod J.* 2015; 48(5):428-34.
 31. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Comparison of five cone beam computed tomography systems for the detection of vertical root fractures. *J Endod.* 2010; 36(1):126-9.
 32. Da Silveira PF, Vizzotto MB, Liedke GS, da Silveira HL, Montagner F, da Silveira HE. Detection of vertical root fractures by conventional radiographic examination and cone beam computed tomography - an in vitro analysis. *Dent Traumatol.* 2013; 29(1):41-6.
 33. Khedmat S, Rouhi N, Drage N, Shokouhinejad N, Nekoofoor MH. Evaluation of three imaging techniques for the detection of vertical root fractures in the absence and presence of gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 2012; 45(11):1004-9.
 34. Patel S, Brady E, Wilson R, Brown J, Mannocci F. The detection of vertical root fractures in root filled teeth with periapical radiographs and CBCT scans. *Int Endod J.* 2013; 46(12):1140-52.
 35. Costa FF, Gaia BF, Umetsubo OS, Cavalcanti MG. Detection of horizontal root fracture with small-volume cone-beam computed tomography in the presence and absence of intracanal metallic post. *J Endod.* 2011; 37(10):1456-9.
 36. Costa FF, Gaia BF, Umetsubo OS, Pinheiro LR, Toratmano IP, Cavalcanti MG. Use of large-volume cone-

- beam computed tomography in identification and localization of horizontal root fracture in the presence and absence of intracanal metallic post. *J Endod.* 2012; 38(6):856-9.
37. Kajan ZD, Taromsari M. Value of cone beam CT in detection of dental root fractures. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012; 41(1):3-10.
 38. Kamburöglu K, Kolsuz E, Murat S, Eren H, Yüksel S, Paksoy CS. Assessment of buccal marginal alveolar peri-implant and periodontal defects using a cone beam CT system with and without the application of metal artefact reduction mode. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013; 42 (8):20130176.
 39. De-Azevedo-Vaz SL, Alencar PN, Rovaris K, Campos PS, Haiter-Neto F. Enhancement cone beam computed tomography filters improve in vitro periimplant dehiscence detection. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013; 116(5):633-9.
 40. De-Azevedo-Vaz SL, Vasconcelos Kde F, Neves FS, Melo SL, Campos PS, Haiter-Neto F. Detection of periimplant fenestration and dehiscence with the use of two scan modes and the smallest voxel sizes of a cone-beam computed tomography device. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013 Jan; 115 (1):121-7.
 41. Guerrero ME. State-of-the-art on cone beam CT imaging for preoperative planning of implant placement. *Clin Oral Investig.* 2006; 10:1-7
 42. Sancho-Puchades M, Hämmerle CHF, Benic GI. In vitro assessment of artifacts induced by titanium, titanium-zirconium and zirconium dioxide implants in cone-beam computed tomography. *Clin. Oral Impl. Res.* 00, 2014; 1-7.
 43. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006; 72(1):75-80.
 44. Cavalcanti M. Tomografia computadorizada por feixe cônico: Interpretação e diagnóstico para o cirurgião dentista. 1ra ed. São Paulo: Livraria Santos Ltda; 2010.
 45. Garib DG, Raymundo RJr., Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (cone beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na Ortodontia. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 2007; 12(2):139-56.

Recibido : 16/10/2014
Aceptado: 15/04/2015