

Estrategias de optimización en exámenes con tomografía computarizada de haz cónico en ortodoncia. Revisión narrativa

Optimization of studies with cone-beam computed tomography in orthodontics. Narrative review

P. Morantes Peña*, L. Barba Ramírez**, F. Donoso Martínez***, A. Hidalgo Rivas****

RESUMEN

Introducción: La tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) que genera radiaciones ionizantes, es usada ampliamente en ortodoncia. Los niños y adolescentes son más susceptibles a efectos adversos de las radiaciones y quienes principalmente reciben tratamiento de ortodoncia. El principio de optimización busca proteger al paciente de dichos efectos, bajando las dosis de radiación, manteniendo una imagen de calidad diagnóstica. El propósito de esta revisión fue evaluar las estrategias de optimización en exámenes con TCHC en ortodoncia.

Material y métodos: La búsqueda principal de artículos se realizó en PubMed, Scopus y Web of Science. En la búsqueda complementaria se usaron las listas de referencias de las revisiones sistemáticas incluidas a texto completo y sitios web de instituciones con guías de uso de TCHC en ortodoncia y/u odontología. Se incluyeron artículos originales, revisiones sistemáticas y guías relacionadas con optimización en exámenes de ortodoncia, en niños o adolescentes, en inglés.

Resultados: Se encontraron 14 artículos y 7 guías. Se describen estrategias de optimización generales de los parámetros de exposición: campo de visión, corriente y voltaje del tubo, tiempo de exposición, filtración, tamaño de vóxel, arco de rotación, número de proyecciones bidimensionales y dispositivos de blindaje. Se describen estrategias de optimización específicas a indicaciones clínicas e investigaciones en protocolos de baja dosis en ortodoncia.

Conclusión: Puede disminuirse considerablemente la dosis de radiación al paciente, conservando una imagen de calidad diagnóstica en exámenes de TCHC en ortodoncia. Esto puede conseguirse modificando los parámetros de exposición, usando protocolos optimizados para cada indicación y usando rutinariamente collar tiroideo.

PALABRAS CLAVE: Ortodoncia, Tomografía Computarizada de Haz Cónico, Protección Radiológica.

RESUMEN

Introduction: Cone-beam computed tomography (CBCT), which generates ionizing radiation, is widely used in orthodontics. Children and young people are more susceptible to adverse effects of radiation and those who mainly receive orthodontic treatment. The principle of optimization seeks to protect the patient from adverse effects of

* Programa de Especialización Imagenología Oral y Maxilofacial. Universidad de Talca.

** Cirujano Dentista, Especialista en Radiología Maxilofacial. Magister en Radiología Maxilofacial.

Departamento de Ciencias Diagnósticas y Quirúrgicas, Facultad Odontología, Universidad de Costa Rica.

*** Cirujano Dentista, Especialista en Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilofacial, Magíster en Odontología.

Departamento de Estomatología Pediátrica, Facultad Odontología, Universidad de Talca, Talca, Chile.

**** Cirujano Dentista, Especialista en Radiología Maxilofacial. Doctor en Radiología Oral. Departamento de Estomatología, Facultad Odontología, Universidad de Talca, Talca, Chile.

radiation, lowering radiation doses, maintaining diagnostic image quality. The purpose of this review was to assess optimization strategies in orthodontic CBCT examinations.

Material and methods: The main search for articles was conducted on PubMed, Scopus and Web of Science. For the complementary search, we used the reference lists of the full text systematic reviews included and websites of institutions with guidelines for the use of CBCT in orthodontics and/or dentistry. Original articles, systematic reviews and guidelines related to optimization for CBCT in orthodontic patients or in children, in English, were included.

Review: 14 articles and 6 guides were found. General optimization strategies for exposure parameters are described: field of view, tube current, tube voltage, exposure time, filtration, voxel size, rotation arc, number of two-dimensional projections and shielding devices. Optimization strategies specific to clinical indications and research in low-dose orthodontic protocols are described.

Conclusions: Radiation dose to the patient can be considerably reduced, preserving a diagnostic image quality in orthodontic CBCT examinations. This can be achieved by modifying exposure parameters, using optimized protocols for each indication and routinely using a thyroid collar.

KEY WORDS: Orthodontics, Cone-Beam Computed Tomography, Radiation Protection.

Fecha de recepción: 3 de marzo de 2023.

Fecha de aceptación: 28 de marzo de 2023.

P. Morantes Peña, L. Barba Ramírez, F. Donoso Martínez, A. Hidalgo Rivas. *Estrategias de optimización en exámenes con tomografía computarizada de haz cónico en ortodoncia. Revisión narrativa. Avances en Odontología* 2024; 40 (2): 63-77.

INTRODUCCIÓN

En ortodoncia es indispensable contar con exámenes imagenológicos para el diagnóstico y evaluación del tratamiento. ⁽¹⁾ El examen imagenológico convencional -bidimensional- en ortodoncia suele constar de una radiografía panorámica y una telerradiografía lateral. ⁽²⁾ Sin embargo, el mayor acceso a exámenes de tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) y sus ventajas, han aumentado el uso de esta tecnología. ⁽³⁾ La principal ventaja de la TCHC, comparándola con las imágenes bidimensionales, es la visualización de las estructuras anatómicas en todos los planos del espacio, sin sobreproyección de estructuras. ⁽⁴⁾

Debido a que los exámenes imagenológicos señalados se realizan con radiaciones ionizantes, es importante conocer sus potenciales efectos adversos. Entre estos están los efectos estocásticos y los determinísticos -reacciones tisulares-. ⁽⁵⁾ Los efectos estocásticos pueden originarse de forma aleatoria a cualquier dosis de radiación, incluyendo dosis bajas o muy bajas, como las usadas en odontología. ⁽⁶⁾ El cáncer es el efecto estocástico más relevante que tener presente en odontología. ⁽⁵⁾ En cambio, las reacciones tisulares no se espera que ocurran en odontología ya que se generan a altas dosis de radiación. ⁽⁶⁾

Debido a los efectos adversos de las radiaciones ionizantes, existen principios de protección radiológica. ⁽⁵⁾ Uno de estos principios es el de optimización, cuyo objetivo es bajar las dosis de radiación en cada examen entregando una imagen de calidad diagnóstica para la indicación clínica ^(3,6,7). Este principio en TCHC abarca el manejo de los parámetros de exposición: campo de visión (FOV, del inglés Field of View), voltaje del tubo, corriente del tubo y tiempo de exposición, filtración, tamaño de vóxel, arco de rotación y número de proyecciones bidimensionales. ⁽³⁾ Además, la optimización incluye el uso de dispositivos de blindaje que protegen al paciente de la exposición de órganos cercanos que no van a ser radiografiados. ⁽³⁾

Si bien se han analizado estrategias de optimización de algunos parámetros de exposición en exámenes con TCHC en ortodoncia, ⁽⁸⁻¹⁰⁾ no se encontraron publicaciones que recopilen y analicen la totalidad de las estrategias de optimización en ortodoncia. El propósito de esta revisión fue evaluar las estrategias de optimización en exámenes con TCHC en ortodoncia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda principal y una comple-

mentaria el 1 de agosto de 2022. La búsqueda principal de artículos se realizó en la base de datos PubMed. Los términos MeSH Radiation Protection, Cone-Beam Computed Tomography, Orthodontics y el término libre Optimization se combinaron con los conectores booleanos OR y AND, para realizar la estrategia de búsqueda (Radiation Protection OR Optimization) AND (Cone-Beam Computed Tomography AND Orthodontics). Esta estrategia se adaptó para Scopus y Web of Science. En la búsqueda complementaria se usó las listas de referencias de las revisiones sistemáticas incluidas a texto completo. Además, se buscó en sitios web oficiales de instituciones con guías sobre uso de TCHC en odontología y/u ortodoncia: British Orthodontic Society (www.bos.org.uk)⁽⁶⁾ y The Faculty of General Dental Practice (United-Kingdom) (www.fgdp.org.uk)⁽¹¹⁾

Los criterios de inclusión fueron: (I) título y resumen disponible en inglés, (II) texto completo en inglés, (III) Términos MeSH y libres presentes en título o resumen del artículo -se incluyeron aquellos artículos con al menos dos de estos términos en título o resumen-. (IV) A texto completo se incluyeron los artículos relacionados con la optimización en exámenes de TCHC en ortodoncia o en niños y adolescentes, antes, durante y después del tratamiento. (V) artículos originales, (VI) revisiones sistemáticas, (VII) y guías.

Un revisor (PM), odontólogo cursando la especialidad de Imagenología Oral y Maxilofacial, realizó las búsquedas. Los artículos identificados se registraron en Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EE. UU.) con autor principal, año de publicación, título de artículo y nombre de

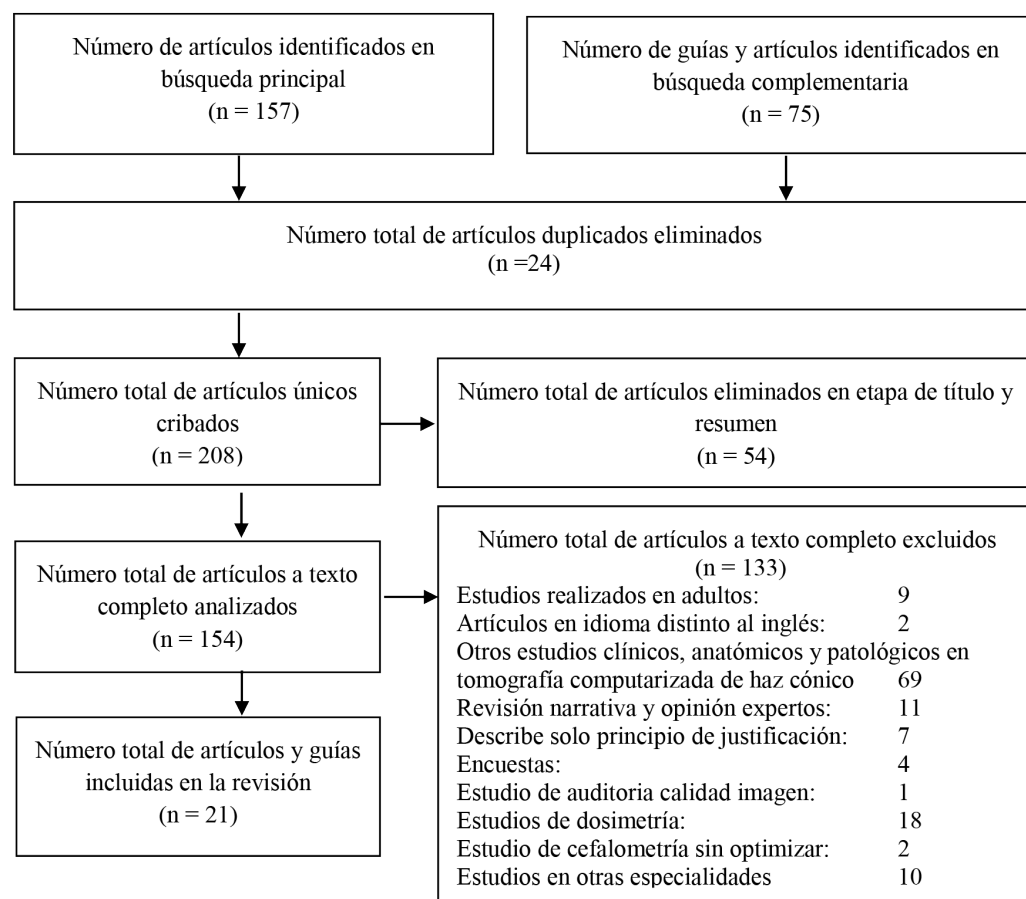


Figura 1. Diagrama de flujo de la información a través de las diferentes fases de la revisión narrativa, con resultados numéricos del proceso de selección de los artículos.

revista. El revisor eliminó manualmente los artículos duplicados. Del total sin duplicados, el revisor (PM) evaluó en dos etapas: 1) título y resumen 2) texto completo. En ambas etapas se incluyeron los artículos que cumplieran con los criterios de inclusión. En caso de duda en la decisión de incluir el artículo en la etapa de título y resumen, el artículo se incluyó para su evaluación a texto completo. En caso de dudas en la etapa de texto completo, se solicitó la opinión de un doctor en radiología oral (AH). Se realizó una síntesis narrativa sobre las estrategias de optimización generales y específicas a indicaciones clínicas e investigaciones en protocolos de baja dosis en exámenes de TCHC en ortodoncia.

RESULTADOS

El proceso de selección de artículos se muestra mediante un diagrama de flujo de la información

Nº	Artículo	Autor(es)	Año publicación	Tipo de publicación
1	Evaluation of reconstructed images with different voxel sizes of acquisition in the diagnosis of simulated external root resorption using cone beam computed tomography ⁽²²⁾	Neves et al.	2012	Artículo original
2	Assessment of phantom dosimetry and image quality of i-CAT FLX cone-beam computed Tomography ⁽²³⁾	Ludlow et al.	2013	
3	Influence of cone-beam computed tomography milliamperage settings on image quality of the mandibular third molar region ⁽¹²⁾	Neves et al.	2014	
4	Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom ⁽¹⁹⁾	Hidalgo et al.	2015	
5	Determination of size-specific exposure settings in dental cone-beam CT ⁽¹³⁾	Pauwels et al.	2017	
6	An optimized imaging protocol for orofacial cleft patients ⁽⁹⁾	Mulder et al.	2018	
7	Image quality optimization of narrow detector dental computed tomography for paediatric patients ⁽²⁰⁾	Brasil et al.	2019	
8	Halve the dose while maintaining image quality in paediatric Cone Beam CT ⁽²¹⁾	Oenning et al.	2019	
9	Can modifying shielding, field of view, and exposure settings make the effective dose of a cone-beam computed tomography comparable to traditional radiographs used for orthodontic diagnosis? ⁽⁸⁾	Ting et al.	2020	
10	Minimum size and positioning of imaging field for CBCT scans of impacted maxillary canines ⁽¹⁷⁾	Pakbaznejad et al.	2020	
11	Comparison of surface equivalent dose in CBCT, digital panoramic and Intra-Oral X-Ray generators using instadose™ device: an in-vitro study ⁽¹⁸⁾	Mathew et al.	2021	
12	Minimum size and positioning of imaging field for CBCT-scans of impacted lower third molars: a retrospective study ⁽¹⁵⁾	Ilo et al.	2021	
13	Dose optimization by altering the operating potential and tube current exposure time product in dental cone beam CT: a systematic review ⁽³⁷⁾	Goulston et al.	2016	
14	Outcomes of different radioprotective precautions in children undergoing dental radiography: a systematic review ⁽³⁸⁾	Van Acker et al.	2020	

Tabla 1. Artículos y autor(es), año de publicación y tipo de publicación orientada a optimización en ortodoncia, en niños y adolescentes.

a través de las diferentes fases de la revisión, con resultados numéricos (Figura 1).

La tabla 1 muestra los artículos y autor(es), año de publicación y tipo de publicación -artículos originales y revisiones sistemáticas- orientada a optimización en ortodoncia, en niños y adolescentes.

La tabla 2 muestra las guías incluidas, que entregan estrategias de optimización generales, y específicas a indicaciones clínicas en exámenes de TCHC en ortodoncia, en niños y adolescentes.

Estrategias generales de optimización de parámetros de exposición en exámenes de TCHC en ortodoncia

Voltaje del tubo, corriente del tubo y tiempo de exposición

El voltaje del tubo (kV) establece la energía de los rayos X, los voltajes más bajos generan menor energía, aumentando la dosis en piel del paciente.⁽³⁾ Los voltajes más altos, pueden reducir la dosis en piel del paciente y en consecuencia reducir la dosis efectiva.⁽³⁾ La corriente del tubo (mA) y el tiempo de exposición (s) están asociados entre sí y el producto de la corriente del tubo y el tiempo de exposición (mAs) determina el número de fotones emitidos por el tubo de rayos X.⁽³⁾ El producto mAs es directamente proporcional a la dosis, por ejemplo, un aumento del 50 % del producto mAs, aumenta un 50% la dosis,⁽¹²⁾ pero la penetración del haz y el contraste de la imagen se mantienen iguales.⁽³⁾ El kV y el mA, depen-

diendo del equipo, pueden ser fijos, pueden tener exposición automática o ajustarse individualmente a las características del paciente e indicación del examen.^(3,13) La Academia Europea de Odontología Pediátrica, la Sociedad Británica de Ortodoncia y la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial, recomiendan seleccionar la combinación de kV y mAs más bajos que entregue una imagen de calidad diagnóstica a baja dosis de radiación.^(6,10,14)

Campo de visión (FOV)

El FOV determina el tamaño y la forma de la imagen reconstruida.⁽³⁾ A mayor tamaño de FOV, mayor dosis de radiación al paciente.^(6,9,14) Al usar un FOV pequeño en vez de un FOV grande, la dosis

Nº	Publicación	Autor	Año	Estrategias de optimización generales	Estrategias de optimización específicas a la indicación clínica
1	Radiation protection N° 172 ⁽³⁾	European Commission	2012	✓	-
2	Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics ⁽¹⁰⁾	AAOMR	2013	✓	✓
3	The image gently in dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children ⁽¹⁶⁾	White et al.	2014	✓	-
4	Guidelines for the use of radiographs in clinical orthodontics ⁽⁶⁾	BOS	2015	✓	✓
5	Cone-beam CT in paediatric dentistry ⁽⁷⁾	DIMITRA	2018	-	✓
6	Selection criteria for dental radiography ⁽¹¹⁾	FGDP (UK)	2018	✓	-
7	Best clinical practice guidance for prescribing dental radiographs in children and adolescents ⁽¹⁴⁾	EAPD	2020	✓	-

Tabla 2. Guías clínicas, con su autor, año de publicación, áreas clínicas en las que se orientan sus recomendaciones, si trata sólo sobre estrategias de optimización generales o también incluye estrategias de optimización específicas a la indicación clínica. DIMITRA: Dentomaxillo facial Paediatric Imaging: an investigation towards low-dose radiation induced risks, EAPD: European Academy of Paediatric Dentistry, BOS: British Orthodontic Society, AAOMR: American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology, FGDP (UK): The Faculty of General Dental Practice (United Kingdom). ✓ : Incluye - : No incluye.

de radiación efectiva podría reducirse en un 60 %. ⁽¹⁵⁾ Por estose recomienda usar el FOV más pequeño que permita la visualización completa de la región de interés. ^(6,9,10,14-17) Existen distintas clasificaciones del tamaño de FOV, que se muestran en Tabla 3. En la presente revisión se usó como referencia la clasificación de la FGDP (UK) ⁽¹¹⁾ para adaptar las otras clasificaciones a los rangos de tamaño de ésta.

Filtración

La filtración permite eliminar fotones de menor energía de los rayos X, y así reducir la dosis de radiación en la piel, pero en la imagen puede observarse pérdida de contraste. ⁽³⁾ Los filtros pueden ser fabricados en aluminio, cobre o una combinación de ambos. ⁽³⁾ Se ha reportado que con un filtro adicional de cobre la calidad de la imagen no es afectada negativamente reduciendo sustancialmente la dosis de radiación. ⁽³⁾ No se encontraron estrategias de optimización de

este parámetro en ortodoncia.

Tamaño de vóxel

El tamaño de vóxel en los equipos de TCHC puede variar desde menos de 0,1 mm hasta más de 0,4 mm. ^(3,6) Un tamaño de vóxel más pequeño se relaciona con una mejor resolución espacial, con la que se obtienen imágenes con un mayor nivel de detalle, pero a su vez implica una mayor dosis de radiación. ⁽³⁾ Es importante reconocer que hay indicaciones clínicas requieren un alto nivel de detalle y otras en las cuales no es necesario. ^(3,14) Por esto, se recomienda seleccionar el tamaño de vóxel más grande que permita la indicación clínica del examen. ^(3,14)

Arco de rotación y número de proyecciones bidimensionales

Durante el examen de TCHC se realiza una rotación del tubo de rayos X y el detector alrededor de la cabeza del paciente, esta rotación genera múltiples proyecciones bidimensionales, las que al unirse conforman una imagen tridimensional. ⁽³⁾ El arco de rotación normalmente es de 360°, pero algunos equipos tienen la opción de rotación parcial de aproximadamente 180°. ⁽³⁾ La rotación parcial genera un menor número de proyecciones bidimensionales, resultando en una reducción de dosis de alrededor de 50% debido a la reducción del producto mAs. ^(3,14,16) La rotación parcial al disminuir el tiempo de toma del examen, genera menos artefactos por movimiento del paciente, lo que es importante en exámenes de niños. ⁽¹⁸⁾ Sin embargo, a menor número de proyecciones bidimensionales, menor resolución espacial y menor contraste, ⁽³⁾ por lo que el uso de la rotación parcial depende de la indicación clínica del examen.

Publicación y autor	Año	FOV pequeño	FOV mediano	FOV grande	FOV extendido
Selection criteria for dental radiography standards FGDP (UK) (11)	2018	≤ 5cm	> 5cm y ≤ 10cm	> 10cm y ≤ 15cm	> 15cm
Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement (7)	2018	Mandíbula parcial: 5 cm × 3,7 cm/ 4 cm × 4 cm	Mandíbula total: 8 cm × 8 cm	Mandíbula total: 14 cm × 5 cm. Maxilares: 15 cm × 11 cm/ 14 cm × 10 cm	Mandíbula total: 16 cm × 6 cm. Maxilares: 15 cm × 11 cm/ 14 cm × 10 cm
Guidelines for the use of radiographs in clinical orthodontics BOS (6)	2015	<10cm		>10 cm	
Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology AAOMR (10)	2013	≤10 cm		>10 cm y ≤ 15	cm >15 cm
Radiation protection Nº 172 Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (Evidence-based guidelines) European Commission (3)	2012	Dentoalveolares: < 10 cm		Craneofaciales: >10 cm	

Tabla 3. Clasificaciones de tamaño de FOV. FOV: Campo de visión - del inglés *Field of View*- FGDP (UK): The Faculty of General Dental Practice (United Kingdom), DIMITRA (del inglés *Dento-maxillofacial Paediatric Imaging: an investigation towards low-dose radiation induced risks*), BOS: British Orthodontic Society, AAOMR: American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology.

(3,14,16)

Dispositivos de blindaje

Los dispositivos de blindaje están fabricados con materiales de alta atenuación como el plomo o su equivalente, que ayudan a proteger de la exposición de rayos X a órganos cercanos que no van a ser radiografiados. (3) Los dispositivos de blindaje usados en odontología son el collar tiroideo y el dental blindado. (3) Se reporta que en FOV grandes el collar tiroideo reduce la dosis de radiación en la glándula tiroidea de 17 a 42%. (6) El diseño del collar tiroideo influye en la reducción de la dosis de radiación, siendo el collar que rodea el cuello el que mostró los valores más altos de reducción de dosis. (19) En cuanto al espesor, se ha observado que el collar tiroideo con espesor de 0,25 mm de plomo o su equivalente entrega una protección tiroidea tan buena como el de 0,50 mm. (19)

La mayoría de los autores recomienda usar collar tiroideo en TCHC rutinariamente. (6,11,14,19) Existen dos excepciones a su uso rutinario en exámenes con TCHC; 1) Cuando el examen es para evaluar estructuras por debajo o muy cerca del borde superior del collar tiroideo. En este caso, los artefactos que genera el collar perjudicarían la calidad de imagen, provocando la repetición de la toma, lo que aumenta la dosis de radiación al paciente -incumpliendo el principio de optimización. (14,18) 2) Cuando el equipo de TCHC tiene control de exposición automático, ya que, si el collar se interpone en el haz principal, podría generar aumento innecesario del mA y por lo tanto incrementar la dosis de radiación al paciente. (14,18) Sin embargo, si

el equipo con control de exposición automático cuenta con visualización preliminar (scout view), el collar tiroideo puede usarse después de tomada la visualización preliminar. (14) Esto, debido a que el equipo de TCHC determina la necesidad de aumento de mA si el collar se interpone durante esta visualización. Se encontró un estudio que no recomienda el uso de collar tiroideo, reportando que la dosis de radiación no fue estadísticamente significativa para la superficie tiroidea comparado con la radiografía intraoral. (18) De igual manera, en el Reino Unido la Agencia de Protección de la Salud indica que la glándula tiroidea normalmente no está en el haz principal durante los exámenes con TCHC y por esto no sería necesario el uso de collar tiroideo. (3) Sobre este tema, la Comisión Europea recomienda que la decisión de usar el collar tiroideo sea una determinación local, tomando en cuenta la cercanía de la glándula con el haz principal durante

DIFICULTAD	LEVE	MODERADA	SEVERA
INDICACIÓN	<p>Pacientes con maloclusiones dentales, sin discrepancias esqueléticas anteroposteriores, verticales o transversales, o discrepancias mínimas. Estos pacientes se tratan habitualmente con biomecánica convencional con o sin extracciones.</p> <p>La TCHC está probablemente no indicada a menos que existan condiciones clínicas adicionales.⁽¹⁰⁾</p>	<p>Pacientes con discrepancias dentales y esqueléticas tratables solo con ortodoncia y/u ortopedia, incluyendo bипrotusión maxilar, mordida abierta y maloclusión de clase III compensada.</p> <p>La TCHC está posiblemente indicada para muchos de estos casos.⁽¹⁰⁾</p>	<p>Pacientes con discrepancias esqueléticas complejas, anomalías craneofaciales como fisuras labiopalatinas, estudio de apnea del sueño y post tratamientos oncológicos o traumáticos, los que reciben tratamiento multidisciplinario.</p> <p>La TCHC está probablemente indicada para muchos de estos casos.⁽¹⁰⁾</p>

Tabla 4. Clasificación de la gravedad de la maloclusión y sus recomendaciones en la elección del examen de tomografía computarizada de haz cónico (TCHC).

clínicas dentales o esqueléticas.⁽¹⁰⁾ En cada etapa del tratamiento y dependiendo de la dificultad de la maloclusión, hay recomendaciones para optimizar la dosis de radiación.⁽¹⁰⁾ La Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial entrega una clasificación de la gravedad de la maloclusión y sus recomendaciones en la elección del examen de TCHC.⁽¹⁰⁾ (Tabla 4)

el examen.⁽³⁾

En cuanto al uso de delantal blindado, no se encontró evidencia que avale su uso rutinario en exámenes de TCHC.^(3,6,11,16) Pese a esto, la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial recomienda su uso junto con el collar tiroideo para disminuir la exposición a órganos radiosensibles fuera del FOV.⁽¹⁰⁾

Estrategias de optimización de parámetros de exposición específicas a indicaciones clínicas de TCHC en ortodoncia

La Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial desarrolló tres recomendaciones para el uso de los exámenes de TCHC en ortodoncia: 1) **Probablemente indicada:** Se indica la TCHC en la mayoría de los casos. La evidencia señala que el beneficio al paciente de la TCHC es mayor que el riesgo de efectos adversos por exposición a radiación ionizante. 2) **Posiblemente indicada:** Se indica la TCHC en determinados casos. La evidencia señala que existe un posible beneficio al paciente de la TCHC en relación con el riesgo de efectos adversos por exposición a radiación ionizante. 3) **Probablemente no indicada:** No se indica la TCHC en la mayoría de los casos. La evidencia no es suficiente sobre el beneficio al paciente de la TCHC en relación con el riesgo de efectos adversos por exposición a radiación ionizante.⁽¹⁰⁾

Los pacientes que requieren tratamiento de ortodoncia pueden tener diferentes anomalías

A continuación, se enuncian las recomendaciones de la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial, Sociedad Británica de Ortodoncia y DIMITRA según indicación clínica en cada etapa de tratamiento.^(6,7,10)

Pacientes sin ninguna anomalía clínica dental o esquelética

Son aquellos pacientes que requieren tratamiento de ortodoncia, pero no tienen anomalías dentales o esqueléticas de importancia.⁽¹⁰⁾ En el pretratamiento en pacientes maloclusión de dificultad leve la TCHC está probablemente no indicada.⁽¹⁰⁾ Durante el pretratamiento en pacientes con maloclusión de dificultad moderada, la TCHC está posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería mediano o grande.⁽¹⁰⁾ Durante el pretratamiento en pacientes con maloclusión de dificultad severa la TCHC está posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería el grande.⁽¹⁰⁾ Durante el tratamiento y en el postratamiento, la TCHC está probablemente no indicada en la mayoría de los casos.⁽¹⁰⁾

Pacientes con anomalías de la estructura dental

Son aquellos pacientes con variaciones en morfología dental como hipodoncia, dientes primarios retenidos, supernumerarios, geminación, fusión, anomalías radiculares, reabsorción externa e interna.⁽¹⁰⁾ En el pretratamiento en pacientes con maloclusión de dificultad leve, moderado o severo, la TCHC está probablemente indicada en la mayoría de estos casos y el FOV más adecuado

sería el pequeño.⁽¹⁰⁾ Durante el tratamiento y posttratamiento la TCHC está probablemente no indicada en mayoría de estos casos. Sin embargo, en caso de requerirse, el FOV más adecuado sería el pequeño.⁽¹⁰⁾ Para evaluar incisivos dilacerados no erupcionados, la Sociedad Británica de Ortodoncia recomienda un FOV pequeño.⁽⁶⁾ Para evaluar anomalías de forma, tamaño, número, estructura dental y fracturas radiculares DIMITRA recomienda un FOV parcial o completo del maxilar o mandíbula⁽⁷⁾ - FOV pequeño, grande o extendido según la FGDP (UK)⁽¹¹⁾ -. DIMITRA recomienda alta resolución espacial para la evaluación de anomalías de la estructura dental.⁽⁷⁾

Pacientes con anomalías de posición dental

Son aquellos pacientes con dientes intraóseos, supernumerarios intraóseos, molares en relación con el canal mandibular, anomalías en secuencia de erupción y erupciones ectópicas, incluyendo dientes en fisuras labiopalatinas.⁽¹⁰⁾ En el pretratamiento, en pacientes con maloclusión de dificultad leve, moderada o severa, la TCHC está probablemente indicada en la mayoría de estos casos y se recomienda un FOV pequeño.⁽¹⁰⁾ Durante el tratamiento la TCHC está posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería pequeño.⁽¹⁰⁾ En el posttratamiento la TCHC está probablemente no indicada, y en caso de requerirse, el FOV más adecuado sería pequeño.⁽¹⁰⁾ Para evaluar posición de caninos intraóseos y posible reabsorción radicular de incisivos o dientes supernumerarios en zona de estructuras anatómicas importantes, la Sociedad Británica de Ortodoncia recomienda un FOV pequeño.⁽⁶⁾ Para evaluar dientes intraóseos y su relación con estructuras adyacentes, DIMITRA recomienda un FOV parcial o completo del maxilar o mandíbula.⁽⁷⁾ - FOV pequeño, grande o extendido según la FGDP (UK)⁽¹¹⁾ - En estos casos DIMITRA recomienda alta resolución espacial.⁽⁷⁾

Pacientes con compromiso de los límites dentoalveolares

Son aquellos pacientes que requieren evaluación del volumen dento-alveolar, cuando se observa un ancho alveolar bucal/lingual reducido, protrusión bimaxilar, estado periodontal comprometido y/o fisura labiopalatina.⁽¹⁰⁾ En el pretratamiento en pacientes con maloclusión de dificultad leve, moderada o severa, la TCHC está posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería el pequeño o

mediano.⁽¹⁰⁾ Durante el tratamiento, la TCHC está posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería pequeño o mediano.⁽¹⁰⁾ En el posttratamiento, la TCHC está probablemente no indicada y en caso de requerirse, el FOV más adecuado sería pequeño o mediano.⁽¹⁰⁾ Para evaluar la fisura labiopalatina y dientes ectópicos que pueden estar asociados, la Sociedad Británica de Ortodoncia recomienda un FOV pequeño o mediano.⁽⁶⁾ Para evaluar la fisura labiopalatina, dependiendo de la edad y el procedimiento que se requiera, DIMITRA recomienda un FOV parcial o completo del maxilar o un FOV de ambos maxilares⁽⁷⁾ - FOV pequeño, grande o extendido según la FGDP (UK)⁽¹¹⁾ -. A los 8-11 años DIMITRA recomienda alta resolución espacial para determinar forma, tamaño y volumen de la fisura labiopalatina y evaluar el desarrollo y erupción de dientes adyacentes a la fisura. En cambio, para el mismo rango etario, para planificación del injerto óseo DIMITRA recomienda baja resolución espacial.⁽⁷⁾ A los 11-18 años DIMITRA recomienda baja resolución espacial para controlar el injerto óseo y evaluar los pacientes que a su vez presentan asimetrías y discrepancias esqueléticas.⁽⁷⁾

Pacientes con asimetría

Son aquellos pacientes clínicamente con alteraciones como desviación mandibular o del mentón, desviación de la línea media dental, inclinación del plano oclusal, u otras asimetrías dentales y craneofaciales.⁽¹⁰⁾ En el pretratamiento y planificación de ortodoncia la TCHC está posiblemente indicada.⁽¹⁰⁾ Durante el tratamiento en etapa prequirúrgica la TCHC está probablemente indicada.⁽¹⁰⁾ En el posttratamiento la TCHC está posiblemente indicada. En todas las etapas de tratamiento el FOV más adecuado sería mediano o grande.⁽¹⁰⁾

Pacientes con discrepancias anteroposteriores

Son aquellos pacientes con maloclusiones Clase II y Clase III esqueléticas. En todas las etapas de tratamiento la TCHC está posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería mediano o grande.⁽¹⁰⁾

Pacientes con discrepancias verticales

Son aquellos pacientes con deficiencia o exceso crecimiento maxilar vertical, clínicamente con mordida abierta anterior o mordida profunda.⁽¹⁰⁾ En todas las etapas de tratamiento la TCHC está

posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería mediano o grande.⁽¹⁰⁾

Pacientes con discrepancias transversales

Son aquellos pacientes con mordidas cruzadas esqueléticas, o discrepancias sin presencia de mordidas cruzadas, pero con compensación dentaria con excesiva inclinación buco-lingual de los dientes posteriores.⁽¹⁰⁾ En todas las etapas de tratamiento la TCHC está posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería mediano o grande.⁽¹⁰⁾

Pacientes con signos y/o síntomas en la articulación temporomandibular (ATM)

Son aquellos pacientes con patologías de la ATM que pueden tener discrepancias esqueléticas y dentales en los tres planos del espacio. Entre las alteraciones de la ATM se incluyen los trastornos del desarrollo como hiperplasia, hipoplasia, aplasia condilar, cambios degenerativos, articulación continuamente sintomática, cambios en la oclusión como mordida abierta progresiva y limitación o desviación en la apertura y cierre, entre otros.⁽¹⁰⁾ En el pretratamiento en pacientes con maloclusión de dificultad leve, la TCHC está probablemente no indicada, sin embargo, en caso de requerirse, el FOV más adecuado sería pequeño o mediano.⁽¹⁰⁾ En el pretratamiento en pacientes con maloclusión de dificultad moderada a severa, durante el tratamiento y post tratamiento, la TCHC está posiblemente indicada y el FOV más adecuado sería mediano o grande.⁽¹⁰⁾

Investigaciones en protocolos de baja dosis

En la presente revisión se encontraron investigaciones que evaluaron protocolos de bajas dosis, en diferentes equipos de TCHC. Algunos de los protocolos de baja dosis se hicieron ajustando manualmente los parámetros de exposición, mientras que otros protocolos de baja dosis investigados están incorporados en los equipos.

Protocolos de baja dosis ajustando manualmente los parámetros de exposición en equipos de TCHC

Se ha reportado que usando el kV más alto (90 kV) en un equipo 3D Accuitomo 170 (J. Morita, Kioto, Japón) con 17,5 segundos de tiempo de exposición y ajustando el mA según el períme-

tro cefálico de cada paciente, es posible reducir la dosis efectiva al paciente.⁽¹³⁾ En este estudio de laboratorio se observó una reducción de la dosis efectiva de 20-40% sin comprometer la calidad diagnóstica de la imagen⁽¹³⁾

En un equipo PaX-i3D Green (Vatech, Hwaseong, Corea del Sur), se evaluaron distintos kV (85 a 110 kV) en dos FOV (21 × 19 cm y 12 × 9 cm). Se reportó que 95 kV fue el kV más adecuado para ambos FOV para indicaciones pediátricas, ya que entregaba un punto de equilibrio entre calidad de imagen y a las dosis más bajas de radiación.⁽²⁰⁾

En un equipo CS9300 (Carestream, Rochester, NY, EE. UU) se evaluaron diferentes protocolos, variando kV, mAs y tamaño de vóxel. Se encontró que el protocolo P4 (70 kV, 2 mA, 8 s, 320 proyecciones bidimensionales, tamaño de vóxel: 0,18 mm, FOV: 8×8 cm - FOV mediano según la FGDP (UK)⁽¹¹⁾ -entregaba una imagen de calidad diagnóstica para pacientes pediátricos a una baja dosis efectiva. Dicho protocolo lograba una disminución de la dosis efectiva de 47% en niños de 5 años, 43% en niños de 8 años y 44% en niños de 10 años. Se tomó como referencia el protocolo P1 (90 kV, 5 mA, 8 s, 320 proyecciones bidimensionales, tamaño de vóxel de 0,18 mm, FOV: 8×8 cm - FOV mediano según la FGDP (UK)⁽¹¹⁾ -Si bien el protocolo de referencia P1 era el que entregaba la mejor resolución espacial, su dosis de radiación era mayor a los protocolos estudiados.⁽²¹⁾

En caso de requerirse un examen de TCHC de alta resolución y la visualización de la base del cráneo, para la planificación del tratamiento de ortodoncia, se reportó un protocolo optimizado en un equipo CS 9300 (Carestream, Rochester, Atlanta, EE. UU). Dicho estudio midió la dosis efectiva de la telerradiografía lateral, radiografía panorámica y los exámenes de TCHC estándar y el modo Feather usando dos tamaños de FOV, el FFOV o FOV completo -del inglés Full Field of View- y LFOV o FOV limitado -del inglés Limited Field of View. El FFOV estándar es de 17 x 11 cm - FOV extendido según la FGDP (UK)⁽¹¹⁾ - que incluye de nasion a menton y el LFOV protocolo estándar es de 17 x 6 cm - FOV extendido según la FGDP (UK)⁽¹¹⁾ - que incluye de orbital a menton. Los parámetros de exposición del FFOV fueron: 80 kV, 4 mA y 6,4 segundos de tiempo de exposición, tamaño de vóxel de 0,5 mm, blindando el fantoma con un collar tiroideo de 0,5 mm de equivalente de plomo. Los

Equipo	Dientes	Protocolo recomendado
Promax 3D (Planmeca, Helsinki, Finlandia)	Terceros molares mandibulares sin hallazgos patológicos asociados	FOV de 3,5 x 3,5 cm ⁽¹⁷⁾ -FOV pequeño según la FGDP (UK)- ⁽¹¹⁾
	Terceros molares con hallazgos patológicos asociados	FOV de 5,5 x 4,0 cm ⁽¹⁷⁾ -FOV mediano según la FGDP (UK)- ⁽¹¹⁾
Promax 3D (Planmeca, Helsinki, Finlandia)	Caninos maxilares	FOV mínimo de 3,9 x 3,3 cm ⁽¹⁵⁾ -FOV pequeño según la FGDP (UK)- ⁽¹¹⁾
Kodak 9000. (Rochester, NY, EE. UU.)	Terceros molares mandibulares	60 kV, 10 mA, 10,8 s y tamaño de vóxel de 0,2 mm ⁽¹²⁾

Tabla 5. Protocolos de baja dosis en dientes intraóseos, en diferentes equipos de TCHC. FOV: Campo de visión -del inglés *Field of View*-, s: Tiempo de exposición, FGDP: The Faculty of General Dental Practice (United Kingdom).

parámetros de exposición del LFOV fueron: 80 kV, 4 mA y 6,3 segundos de tiempo de exposición, tamaño de vóxel de 0,5 mm, blindando el fantoma con un collar tiroideo de 0,5 mm de equivalente de plomo y lentes de 0,75 mm de equivalente de plomo. Se recomendó preferir un LFOV estándar combinado con una telerradiografía lateral, ya que se encontró reducción de 18% de la dosis efectiva, comparándolo con el protocolo FFOV estándar por sí solo.⁽⁸⁾ Con un equipo Classic iCAT (Imaging Sciences International, Inc, Hatfield, PA, EE. UU) se compararon las imágenes adquiridas con un tamaño vóxel de 0,30 mm reconstruidas en una tamaño de vóxel menor de 0,25 mm y un tamaño de vóxel de 0,25 mm. Se encontró que el tamaño de vóxel de 0,30 mm reconstruido en un tamaño de vóxel de 0,25 mm obtenía mejores valores de sensibilidad, especificidad y precisión en la visualización de la reabsorción radicular externa.⁽²²⁾ Al reconstruir a un tamaño menor de vóxel se obtuvo alta resolución espacial, y además una reducción de 48% de dosis de radiación.⁽²²⁾

Se encontraron protocolos de baja dosis para estudiar dientes intraóseos, en diferentes equipos de TCHC. (Tabla 5) Dos de estos estudios realizados en un equipo Promax 3D (Planmeca, Helsinki, Finlandia), evaluaron una serie de exámenes de TCHC de terceros molares y caninos intraóseos. Se determinó el tamaño más pequeño y la ubicación adecuada del FOV que permita visualizar la región de interés, sin perder información diagnóstica.^(15,17)

Con respecto al protocolo de baja dosis para la evaluación de terceros molares mandibulares en un equipo Kodak 9000 (Rochester, NY, EE. UU.) se encontró que 10 mA logra una calidad diagnóstica similar que 12 o 15 mA, con una reducción de

dosis de 16% a 33% ⁽¹²⁾

En pacientes con fisuras labiopalatinas, es importante optimizar los exámenes de TCHC, ya que estos pacientes son sometidos a continuos controles imagenológicos desde edades tempranas por esto se generó un protocolo optimizado que podría usarse en estos pacientes.⁽⁹⁾ Entre 7 y 9 años se recomienda un

FOV de 8 x 5 cm - FOV mediano según la FGDP (UK) ⁽¹¹⁾ - para planificar el injerto óseo alveolar secundario (IOAS) evaluar tamaño, forma y volumen de la fisura labiopalatina y su relación con estructuras anatómicas.⁽⁹⁾ A los 10 años se recomienda un FOV de 12 x 15 cm - FOV grande según la FGDP (UK) ⁽¹¹⁾ - para visualizar ambos maxilares, con baja resolución espacial, que incluya los puntos de referencia cefalométricos importantes: nasion, silla turca y mentón.⁽⁹⁾ A los 10 años también es posible evaluar el puente óseo -formación ósea en el espacio de la fisura después del IOAS-, desarrollo dental y craneofacial, estado de dientes adyacentes a la fisura, erupción canina y caries.⁽⁹⁾ En caso de evaluación de canino intraóseo en pacientes con fisura se recomienda el FOV más pequeño posible y alta resolución espacial.⁽⁹⁾ A los 15 años se recomienda un FOV de 12 x 15 cm - FOV grande según la FGDP (UK) ⁽¹¹⁾ - para visualizar ambos maxilares, con baja resolución espacial, que incluya los puntos de referencia cefalométricos importantes: nasion, silla turca y mentón.⁽⁹⁾ La visualización de ambos maxilares es útil para evaluar: presencia de discrepancias esqueléticas, necesidad de cirugía ortognática, relación del tercer molar con el canal mandibular, necesidad de injerto óseo terciario si existiera una abertura residual de la fisura, y caries.⁽⁹⁾ El objetivo de este protocolo optimizado para pacientes fisurados en las edades descritas anteriormente, es que a partir de la imagen tridimensional no se necesite complementar con una telerradiografía lateral y radiografía panorámica para los exámenes imagenológicos de ortodoncia.⁽⁹⁾ Así, al disminuir el número de exámenes imagenológicos se reduce dosis de radiación al paciente. En caso de pacientes sin compromiso de cresta alveolar, las imágenes bidimensionales suelen ser suficientes, pero si presentan compromiso de cresta alveolar, puede seguirse el protocolo anteriormente descrito.⁽⁹⁾

Protocolos de baja dosis incorporados en los equipos de TCHC

Equipo de TCHC	Protocolo estándar	Protocolo de baja dosis	Reducción de dosis
I-CAT FLX (Imaging Sciences, Hatfield, PA, EE. UU)	120 kV, 5 mA, 3,7 s 360° 300 proyecciones	<i>Modo QuickScan+</i> 90 kV, 3 mA, 2 s 180° 160 proyecciones	Reducción de 87% de dosis efectiva ⁽²³⁾
CS 9300 (Carestream, Rochester, NY, EE. UU.)	FFOV estándar 80 kV, 4 mA, 6,4 s tamaño de vóxel: 0,5 mm FOV: 17 x 11 cm -FOV extendido según la FGDP (UK)- Uso de collar tiroideo	FFOV Modo <i>Feather</i> 70 kV, 2 mA, 3 s tamaño de vóxel 0,4 mm FOV: 17 x 11 cm -FOV extendido según la FGDP (UK)- Uso collar tiroideo	Reducción de aproximadamente un 84% de dosis efectiva ⁽⁸⁾
	LFOV estándar 80 kV, 4 mA, 6,3 s tamaño de vóxel 0,5 mm FOV: 17 x 6 cm -FOV extendido según la FGDP(UK)- Uso de collar tiroideo y lentes blindados	LFOV Modo <i>Feather</i> 70 kV, 2 mA, 3,7 s tamaño de vóxel 0,4 mm FOV: 17 x 6 cm -FOV extendido según la FGDP (UK)- Uso de collar tiroideo y lentes blindados	Reducción de aproximadamente un 82% de dosis efectiva ⁽⁸⁾
Promax 3D classic (Planmeca, Helsinki, Finlandia)	90 kV, 8 mA, 12 s 400 proyecciones tamaño de vóxel: 0,2 cm	Modo <i>Ultra Low Dose</i> 90 kV, 2,5 mA, 3 s 300 proyecciones tamaño de vóxel: 0,4 cm	Reducción de dosis efectivas de hasta un 100% en glándula tiroideas, un 81% en glándulas salivales y un 89% en piso de boca ⁽¹⁸⁾

Tabla 6. Investigaciones en protocolos de baja dosis incorporados en equipos de tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), FOV: Campo de visión -del inglés *Field of View*-, FFOV: Campo de visión completo -del inglés *Full Field of View*-, LFOV: Campo de visión limitado -del inglés *Limited Field of View*-, kV: Kilovoltaje, mA: Miliamperaje, mAs: Miliamperaje por segundo. s: segundos de tiempo de exposición, cm: centímetro, FGDP (UK): Faculty of General Dental Practice (United Kingdom). ⁽¹¹⁾

Se encontraron investigaciones en protocolos de baja dosis incorporados en equipos de TCHC. (Tabla 6)

Respecto de la investigación realizada en el equipo I-CAT FLX (Imaging Sciences, Hatfield, PA, EE. UU) con el modo QuickScan+, se encontró dosis efectivas tan bajas como con exámenes de radiografía panorámica convencional. ⁽²³⁾ El modo QuickScan+ mostró una importante reducción en la calidad de la imagen, que podría ser aceptable para ciertas indicaciones clínicas, como el control intermedio de resultados en tratamientos de ortodoncia. ⁽²³⁾ Sin embargo, este modo no sería adecuado para un examen inicial de TCHC.

En relación con la investigación realizada en el equipo CS 9300 (Carestream, Rochester, NY, EE. UU.) con el protocolo FFOV y LFOV modo Feather, se encontró reducción en dosis efectiva entre un 68 a 71% respectivamente, comparados con la combinación de radiografía panorámica y tele-

radiografía lateral. Sin embargo, no se evaluó la utilidad clínica de las imágenes obtenidas. ⁽⁸⁾

La investigación realizada en el equipo Promax 3D classic (Planmeca, Helsinki, Finlandia) con el modo Ultra Low Dose, encontró reducciones significativas en dosis efectivas, sin reducción relevante en la calidad diagnóstica de la imagen comparado con el protocolo estándar. ⁽¹⁸⁾

DISCUSIÓN

La presente revisión evaluó las estrategias de optimización de los exámenes de TCHC en ortodoncia. Si bien algunas revisiones han evaluado estrategias de optimización en ortodoncia, ^(7,8,10,23) no se en-

contró revisiones que estudien la totalidad de los parámetros incluidos en la presente revisión.

En relación con el FOV, hay consenso en recomendar el FOV más pequeño que permita la visualización completa de la región de interés. ^(6,9,10,14,16,17) Se encontraron varias clasificaciones de tamaño de FOV, algunas de ellas con rangos de clasificación de tamaño que podrían generar confusión y llevar a elegir un FOV no optimizado. La presente revisión usó como referencia la clasificación de la FGDP (UK) ⁽¹¹⁾ para adaptar las otras clasificaciones a los rangos de tamaño de ésta. Se escogió como referencia dicha clasificación porque es la que tiene más rangos de tamaño.

En relación con el kV y mAs, la presente revisión encontró dos formas de optimizar este parámetro. 1) Mantener kV fijos, optimizando la dosis de radiación en los pacientes a expensas de la disminución del mAs. ^(13,20) 2) Disminuir kV y mAs a la vez. ^(6,10,14) Las dos formas lograron una reducción de dosis, mante-

niendo una imagen de calidad diagnóstica.

Con respecto a la filtración, en la presente revisión no se encontraron estrategias de optimización en ortodoncia. Sin embargo, se ha investigado el efecto de un filtro adicional de cobre en dos estudios.^(24,25) En un equipo 3D Accuitomo F17 (J. Morita MFG. CORP, Kioto, Japón) se reportó que al usar 90 kV -kV más alto de dicho equipo- con un filtro adicional de cobre con grosores inferiores a 0,3 mm, se redujo la dosis hasta un 8,7%, manteniendo una imagen de calidad diagnóstica.⁽²⁴⁾ En un equipo Orthophos® XG 3D (Sirona Bensheim, Alemania) se encontró que el filtro de cobre de 0,2, 0,4 y 0,7 mm reducía dosis de 38%, 62% y 74% respectivamente, obteniendo imágenes de utilidad clínica para ortodoncia.⁽²⁵⁾ Cabe destacar que dicho estudio se realizó en un paciente adulto y evaluó el efecto de la filtración en la evaluación de las estructuras anatómicas en las diferentes especialidades odontológicas.⁽²⁵⁾ Se requieren más estudios sobre filtración enfocado en niños y jóvenes para las diferentes indicaciones clínicas en ortodoncia.

En relación con el tamaño de vóxel, hay consenso sobre seleccionar el tamaño de vóxel más grande que permita la indicación clínica del examen.^(3,14) En cuanto a la visualización de la reabsorción radicular externa usando tamaño vóxel de 0,30 mm reconstruido en un tamaño de vóxel de 0,25 mm⁽²²⁾ encontrado en la presente revisión, un estudio similar en un equipo Accuitomo F8 (J. Morita, Kyoto, Japón), mostró resultados similares⁽²⁶⁾ Se requieren más estudios que avalen la reconstrucción de vóxel en las diferentes indicaciones clínicas en ortodoncia. En un equipo Skyscan 1272 (Bruker, Brujas, Bélgica) se encontró que, para investigar signos tempranos de reabsorción radicular externa, un vóxel de 0,125 mm entregó mejores valores de sensibilidad y especificidad que uno de 0,4 mm. Estos resultados sugieren que, para investigar signos tempranos de reabsorción radicular externa durante el tratamiento de ortodoncia, es necesario un examen con alta resolución espacial.⁽²⁷⁾ Se requieren más estudios sobre el tamaño de vóxel aceptable enfocado en las diferentes indicaciones clínicas en ortodoncia.

Con respecto al arco de rotación y número de proyecciones bidimensionales, la rotación parcial reduce el número de proyecciones bidimensionales en comparación con la rotación completa^(3,14,16)

y a su vez reduce la dosis de radiación^(3,14,16) En cuanto al uso de rotación parcial, un estudio sobre TCHC en menores de 25 años usando un equipo SkyView (MyRay, Imola, Italia) reportó que el 100% de los exámenes se realizó con rotación parcial (190°). Si bien, dicha investigación no evaluó directamente calidad de imagen, el uso rutinario de rotaciones parciales no reportó dificultades en radiólogos ni odontólogos derivantes respecto del uso de la imágenes para diagnóstico⁽²⁸⁾ En los exámenes de TCHC se pueden generar diferentes tipos de artefactos como el endurecimiento del haz, artefacto de anillo, efecto de haz cónico, entre otros.⁽²⁹⁾ Se ha reportado que en FOV grandes con rotación parcial o completa no hubo diferencias significativas en la generación de artefactos,⁽²⁹⁾ sin embargo, ambas rotaciones presentaban mayor cantidad de artefactos comparándolo con FOV pequeños.⁽²⁹⁾ Lo anterior indicaría que cuando en ortodoncia se requiera un FOV grande, una rotación parcial sería suficiente, permitiendo optimizar la dosis a los pacientes. En FOV pequeño la rotación completa resultó en imágenes con menos artefactos comparándolo con la rotación parcial.⁽²⁹⁾ En base a los resultados mencionados, la rotación parcial puede usarse, pero depende de la indicación clínica.⁽²⁹⁾

En relación con los dispositivos de blindaje, mayoritariamente se recomienda usar el collar tiroideo de forma rutinaria durante el examen con TCHC^(6,11,14,19), lo que está en línea con lo recomendado por la Federación Dental Internacional (FDI).⁽³⁰⁾ Se ha reportado que, aunque la glándula tiroidea no se encuentre dentro del haz principal de rayos X, aun así, recibe una cantidad considerable de radiación dispersa externa.⁽³¹⁾ Por esto se recomienda usar collar tiroideo rutinariamente en niños y adultos hasta los 50 años independiente de la posición del FOV, compartiendo las excepciones de uso reportadas en la presente revisión.⁽³¹⁾ Un estudio que no recomienda usar collar tiroideo, reportó una dosis de radiación no significativa en la región tiroidea comparado con radiografías intraorales.⁽¹⁸⁾ Sin embargo, dichos resultados podrían deberse a debilidades metodológicas del mismo estudio, ya que los autores reportan no haber usado un fantoma RANDO antropomórfico ni dosímetros TLD, los que señalan como el estándar de referencia en medición de dosis absorbida.⁽¹⁸⁾ En cuanto a desaconsejar el uso de collar tiroideo debido a la sombra hiperdensa generada en el examen cuando se evalúan estructuras por debajo o muy cerca del

borde superior del collar, ^(14,18) esto coincide con la presente revisión. ⁽¹⁸⁾

En cuanto al uso del delantal blindado, la Comisión Europea ⁽³⁾ y la Sociedad Británica de Ortodoncia ⁽⁶⁾ no recomiendan su uso en exámenes con TCHC ⁽³⁾. Esto, debido a que se ha demostrado que las dosis absorbidas en los órganos fuera del haz principal no son significativamente diferentes en los exámenes con TCHC tomados con o sin delantal blindado. ⁽³²⁾ Pese a lo anterior, la Academia Americana de Radiología Oral y Maxilofacial y la Federación Dental Internacional (FDI) recomiendan usar el delantal blindado siempre que sea posible. ^(10,30) Esta recomendación puede deberse a que usar delantal blindado reduce la ansiedad del paciente con respecto a la radiación, más que por su protección contra las radiaciones ionizantes. ⁽²⁾ Cabe mencionar que, pese a que mayoritariamente no se recomienda el uso de delantal blindado en exámenes de TCHC, deben respetarse las normativas nacionales con respecto a su obligatoriedad de uso. ⁽³⁰⁾

En cuanto al uso de protección ocular, en la presente revisión no se menciona su uso de forma rutinaria en el paciente. Un estudio en un fantoma femenino con un equipo i-CAT Platinum (Imaging Sciences International, Inc, Hatfield, PA, EE. UU) evaluó diferentes tipos de adquisiciones (cabeza completa, maxilar y mandíbula usando lentes de 0,75 mm de equivalente de plomo. Se encontró que su uso reducía hasta un 74% de la dosis de radiación en el ojo y un 61% en el cristalino. ⁽³³⁾ No obstante, es importante tener presente que las cataratas inducidas por radiación son efectos determinísticos ⁽⁵⁾ es decir, ocurren a dosis altas, más altas que las producidas por los exámenes de TCHC. Por esto, el uso de protección ocular no sería recomendado de forma rutinaria en exámenes de TCHC. ⁽⁵⁾

En lo relacionado con las estrategias de optimización específicas a indicaciones clínicas en exámenes de TCHC en ortodoncia, aplican las estrategias generales de optimización de los parámetros de exposición. En las indicaciones clínicas se recomienda distintas resoluciones espaciales, por lo que es importante tener presente que la resolución espacial es la capacidad de un sistema de imágenes de mostrar los detalles finos del objeto estudiado. ⁽³⁴⁾ La resolución espacial se relaciona con el tamaño del vóxel, técnica de reconstruc-

ción, voltaje y corriente del tubo, tiempo de exposición y arco de rotación. ^(15,34) Cabe mencionar que los protocolos de cada autor ^(6,7,10) no son pautas rígidas, sino la base para escoger los parámetros de exposición, ya que éstos deben ajustarse de forma individualizada para cada paciente, dependiendo de la indicación clínica ^(6,7,13) y equipo de TCHC usado. ⁽⁶⁾

En cuanto a los protocolos de baja dosis ajustando manualmente los parámetros de exposición, se encontró que es posible disminuir la dosis de radiación obteniendo una imagen de calidad diagnóstica. ^(8,9,12,13,15,17,20-22) En el caso de la visualización de terceros molares y caninos intraóseos, los protocolos sugeridos de tamaño de FOV (Tabla 5) podrían ser muy pequeños, no permitiendo ver completamente la región de interés si no se acompaña de una visualización preliminar. Es preciso resaltar que la visualización preliminar no solo ayuda a elegir el FOV adecuado, sino también a centrarlo en la región de interés, para evitar dejar fuera del FOV estructuras importantes para el diagnóstico. Los protocolos de baja dosis ajustando manualmente los parámetros de exposición reportados en la presente revisión fueron estudiados en equipos específicos, por lo que sus resultados no son extrapolables a otros equipos. Esto, debido a que cada equipo de TCHC tiene distintos parámetros de exposición, y la posibilidad de variación de ciertos parámetros disponibles en un equipo, puede que no estén disponibles en otro. Se sugiere nuevas investigaciones para generar protocolos de baja dosis ajustando manualmente los parámetros de exposición para indicaciones clínicas en ortodoncia en los diferentes equipos de TCHC.

Respecto a los protocolos de baja dosis incorporados en los equipos de TCHC, en la presente revisión se encontraron tres protocolos de baja dosis: modo Quickscan +, modo Feather y modo Ultra Low Dose ^(8,17) (Tabla 6). Los tres protocolos mostraron reducciones de más del 80% de la dosis efectiva comparados con protocolos estándar, lo que es clínicamente relevante según el Organismo Internacional de Energía Atómica, ya que superan el 10% de reducción de dosis. ⁽³⁵⁾ Estos protocolos muestran los esfuerzos de la industria por generar protocolos de baja dosis en los diferentes equipos de TCHC. No obstante, se requieren más estudios para evaluar la utilidad clínica de las imágenes obtenidas con los protocolos modo Quickscan + y

modo Feather, ya que, en ninguno de ellos evaluó la calidad diagnóstica de las imágenes.

En base a la presente revisión es posible señalar que la optimización de los parámetros de exposición en exámenes de TCHC en ortodoncia es posible, ajustando los parámetros de exposición y usando los elementos de blindaje recomendados.

CONCLUSIONES

En exámenes de TCHC de uso ortodóncico, la dosis efectiva en pacientes puede disminuirse considerablemente, conservando una imagen de calidad diagnóstica, usando estrategias de optimización en parámetros de exposición generales.

El collar tiroideo es el dispositivo de blindaje recomendado para la optimización en exámenes de TCHC, debiendo ser usado de forma rutinaria, siempre y cuando el objetivo del examen no sea evaluar estructuras por debajo o muy cerca del borde superior del collar. El delantal y lentes blindados no son necesarios durante los exámenes de TCHC.

En exámenes de TCHC de uso ortodóncico, la dosis efectiva en pacientes puede disminuirse considerablemente, conservando una imagen de calidad diagnóstica, usando estrategias de optimización según indicación clínica y protocolos de baja dosis.

CORRESPONDENCIA

Alejandro Hidalgo Rivas
Programa de Especialización en Imagenología Oral y Maxilofacial
Universidad de Talca
Campus Talca, Avenida Lircay S/N
Talca, Chile
Teléfono +56-71-2200476
Correo electrónico: ahidalgo@utalca.cl

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kapetanović A, Oosterkamp B, Lamberts A, Schols J. Orthodontic radiology: development of a clinical practice guideline. *Radiol Med* 2021; 126:72-82.
2. EUROPEAN COMMISSION. Radiation protection N°136: European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice; 2004.
3. EUROPEAN COMMISSION. Radiation protection N° 172: Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology. Evidence based guidelines; 2012.
4. Leonardi R. Cone-beam computed tomography and three-dimensional orthodontics. Where we are and future perspectives. *J Orthod* 2019; 46:45-48.
5. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 103. *Ann. ICRP* 37; 2007.
6. Isaacson K, Thom A, Attack N, Horner K, Whaites E. Orthodontic radiographs: guidelines for the use of radiographs in clinical orthodontics. 4th ed. British Orthodontic Society, London, United Kingdom; 2015.
7. Oenning A, Jacobs R, Pauwels R, Stratis A, Hedesiu M, Salmon B, DIMITRA Research Group. Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement. *Pediatr Radiol* 2018; 48:308-16.
8. Ting S, Attaia D, Johnson K, Kossa S, Friedland B, Allareddy V, et al. Can modifying shielding, field of view, and exposure settings make the effective dose of a cone-beam computed tomography comparable to traditional radiographs used for orthodontic diagnosis? *Angle Orthod* 2020; 90:655-64.
9. De Mulder D, Cadenas M, Willems C, Jacobs R, Dormaar J, Verdonck, A. An optimized imaging protocol for orofacial cleft patients. *J Clin Exp Dent* 2018; 4:152-7.
10. AMERICAN ACADEMY OF ORAL AND MAXILLOFACIAL RADIOLOGY. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2013; 116:238-57.
11. Horner K, Eaton K. Faculty of General Dental Practice (UK). Selection criteria for dental radiography. An updated 4th ed. London, UK: Faculty of General Dental Practice (UK) Royal College of Surgeons of England; 2018.
12. Neves F, Souza T, de-Azevedo-Vaz S, Flores P, Boscolo F. Influence of cone-beam computed tomography milliamperage settings on image quality of the mandibular third molar region. *Oral Radiol* 2014; 30:7-31.
13. Pauwels R, Jacobs R, Bogaerts R, Bosmans H, Panmekiate S. Determination of size-specific exposure settings in dental cone-beam CT. *Eur Radiol* 2017; 27:279-85
14. Kühnisch J, Anttonen, V, Duggal M, Spyridonos M, Rajasekharan S, Sobczak M, et al. Best clinical practice guidance for prescribing dental radiographs in children and adolescents: an EAPD policy document. *Eur Arch Paediatr Dent* 2020; 21:375-86.
15. Ilo A, Ekholm M, Pakbaznejad E, Waltimo-Sirén, J. Minimum size and positioning of imaging field for CBCT-scans of impacted lower third molars: a retrospective study. *BMC Oral Health* 2021; 21. doi:10.1186/s12903-021-02029-6.
16. White S, Scarfe W, Schulze R, Lurie A, Douglass J, Farman A, et al. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol* 2014; 118:257-61.
17. Pakbaznejad E, Ilo A, Waltimo-Sirén J, Ekholm M. Minimum size and positioning of imaging field for CBCT scans of impacted maxillary canines. *Clin Oral Investig* 2020; 24:897-905.
18. Mathew A, Almahi S, Mohamed R, Fanas S, Jaber, M, et

- al. Comparison of surface equivalent dose in CBCT, digital panoramic and intra-oral X-ray generators using instadose device: an-in-vitro study. *Open Dent J* 2021; 15:689-97.
19. Hidalgo A, Davies J, Horner K, Theodorakou C. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44. doi: 10.1259/dmfr.20140285.
 20. Brasil D, Pauwels R, Coucke W, Haiter-Neto F, Jacobs R. Image quality optimization of narrow detector dental computed tomography for paediatric patients. *Dentomaxillofac Radiol* 2019; 48. doi: 10.1259/dmfr.20190032.
 21. Oenning A, Pauwels R, Stratis A, De Faria Vasconcelos K, Tijsskens E, De Grauwe, et al. Halve the dose while maintaining image quality in paediatric cone beam CT. *Sci Rep* 2019; 9. doi: 10.1038/s41598-019-41949-w.
 22. Neves F, Vasconcelos T, Vaz S, Freitas D, Haiter-Neto F. Evaluation of reconstructed images with different voxel sizes of acquisition in the diagnosis of simulated external root resorption using cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2012; 45:234-9.
 23. Ludlow J, Walker C. Assessment of phantom dosimetry and image quality of i-CAT FLX cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2013; 144:802-17.
 24. Kuramoto T, Takarabe S, Shiotsuki K, Shibayama Y, Hamasaki H, Akamine H, et al. X-ray dose reduction using additional copper filtration for dental cone beam CT. *Phys Med* 2021; 81:302-7.
 25. Houfrar J, Ludwig B, Bister D, Nienkemper M, Abkai C, Venugopal A. The effects of additional filtration on image quality and radiation dose in cone beam CT: An in vivo preliminary investigation. *Biomed Res Int.* 2022; 2. doi: 10.1155/2022/7031269.
 26. Tanimoto H, Arai Y. The effect of voxel size on image reconstruction in cone-beam computed tomography. *Oral Radiol.* 2009; 25:149-53.
 27. Sousa S, Vasconcelos K, Holton N, Allareddy V, Allareddy V, Tabchoury C, et al. Impact of cone-beam computed tomography scan mode on the diagnostic yield of chemically simulated external root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2017; 151:1073-82.
 28. Arancibia B, Schilling J, Schilling A, Correa G, Hidalgo A. Usos de tomografía computarizada de haz cónico en menores de 25 años en Talca, Chile. *Rev Cubana Estomatol.* 2017;54.
 29. Costa E, Queiroz P, Santaella G, Capelozza A, Ambrosano G, Freitas D. Influence of scan mode (partial/full rotations) and FOV size in the formation of artefacts in cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48. doi: 10.1259/dmfr.20180340.
 30. FDI World Dental Federation. FDI policy statement on radiation safety in dentistry: adopted by the FDI General Assembly: 13 September 2014, New Delhi, India. *Int Dent J.* 2014; 64:289-90.
 31. Pauwels R, Horner K, Vassileva J, Rehani M. Thyroid shielding in cone beam computed tomography: recommendations towards appropriate use. *Dentomaxillofac Radiol.* 2019;48. doi: 10.1259/dmfr.20190014.
 32. Rottke D, Andersson J, Ejima K, Sawada K, Schulze D. Influence of lead apron shielding on absorbed doses from cone-beam computed tomography. *Radiat Prot Dosimetry.* 2017; 175:110-17.
 33. Goren A, Prins R, Dauer L, Quinn B, Al-Najjar A, Faber R, Patchell G, et al. Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42. doi: 10.1259/dmfr.20120260.
 34. Brüllmann D, Schulze R. Spatial resolution in CBCT machines for dental/maxillofacial applications-what do we know today? *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44. doi: 10.1259/dmfr.20140204.
 35. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY # 457. Dosimetry in diagnostic radiology: an int of practice. Technical Reports; 2007.
 36. Goulston R, Davies J, Horner K, Murphy F. Dose optimization by altering the operating potential and tube current exposure time product in dental cone beam CT: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol* 2016; 45. doi: 10.1259/dmfr.20150254.
 37. Van Acker J, Pauwels N, Cauwels R, Rajasekharan S. Outcomes of different radioprotective precautions in children undergoing dental radiography: a systematic review. *Eur Arch Paediatr Dent* 2020; 21:463-508.