



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA**

**JUSTIFICACIÓN DEL USO DE LA TCHC EN LA EVALUACIÓN DEL SOPORTE
ÓSEO EN ENFERMEDAD PERIODONTAL**

*Justification for the use of CBCT in the evaluation of bone support in periodontal
disease.*

Memoria presentada a la Escuela de Odontología de la Universidad de Talca
como parte de los requisitos científicos exigidos para la obtención del título
de Cirujano Dentista.

**ESTUDIANTES: FELIPE MORALES IBAÑEZ
ESTEBAN OTÁROLA CONTRERAS
PROFESOR GUÍA: DR. ALEJANDRO HIDALGO RIVAS
PROFESOR CO-GUÍA: DR. JAIME JACQUES BRAVO**

TALCA - CHILE

2021

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2021

INFORMACIONES CIENTÍFICAS

Nombre del profesor guía
Dr. Alejandro Hidalgo Rivas
ORCID del profesor guía
https://orcid.org/0000-0001-9341-9529
Google Scholar del profesor guía
https://scholar.google.com/citations?user=7u6sjagAAAAJ&hl=es&oi=ao
Correo electrónico del profesor guía
ahidalgo@utalca.cl
Enlace al archivo SciELO <i>preprints</i>
https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.3204

DEDICATORIA

A través de estas líneas quisiera expresar mi agradecimiento y dedicar este trabajo a cada una de las personas que han sido parte de mi vida como a quienes he conocido en mi andar académico. En primer lugar, quiero dedicar este trabajo a mis padres, Hugo y Patricia a quienes amo con todo mi corazón y son un pilar fundamental. Quiero agradecerles todo el amor que me han dado siempre, todos sus consejos y palabras de ánimo, que sin lugar a duda han sido un apoyo sustancial en los momentos difíciles. Muchas gracias papás por sus oraciones, por creer en mí y enseñarme a sacar fuerzas de donde muchas veces no había, esto es también parte de ustedes y se los dedico con todo mi amor y cariño.

También quiero dedicar este trabajo a mis abuelas Mariana y Rachell, y mis abuelos Hugo y Orlando que hoy duermen en los brazos de Dios, a quienes amo y han sido un apoyo incondicional. Además, quiero agradecer a mis familiares, amigos, compañeros, iglesia y personas hermosas que he conocido en este tiempo de estudio quienes más de alguna vez me apoyaron y entregaron su cariño y preocupación por mí. Decirles muchas gracias.

Finalmente quiero dedicar este trabajo a la persona más importante de mi vida, al único digno de ser reconocido, al creador de todas las cosas, al que su entendimiento y conocimiento es tan grande que no hay quien lo alcance, a aquel que me formo en el vientre de mi madre, a aquel que ha sido mi fortaleza en todo este tiempo, si a ti Señor Jesús, gracias por tú inefable amor, gracias por tú compañía, y gracias por haberme dado inteligencia y sabiduría para realizar este escrito. De todo lo que he logrado, todo te lo debo a ti. Por eso, hoy puedo decir que:

“Por la gracia de Dios, soy lo que soy” 1 Corintios 15:10.

FELIPE ANDRÉS MORALES IBÁÑEZ

Le dedico esta memoria a todas las personas que me han acompañado en este proceso de formación profesional. A mi familia, Macarena, Viviane y Guillermo, que me han abrazado con su amor y apoyo incondicional siempre que lo he necesitado. A mis cuatro abuelos, personas que viven en mi corazón y estoy muy agradecido de tener aún conmigo. A mi novia, Angélica, que con su amor y energía me ha motivado a mejorar en todos los aspectos de mi vida. A mis buenos amigos, Sebastián Peña y Maximiliano Castro, con quienes siempre puedo contar, tener sus sinceros buenos deseos y su brazo de apoyo. También quisiera mencionar a las personas que siempre entregan una luminosa sonrisa cuando las situaciones parecen adversas, a quienes son amables y sinceros, y a las personas que ayudan a que este mundo sea hermoso y lleno de vida.

ESTEBAN IVÁN OTÁROLA CONTRERAS

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia queremos agradecer a nuestro docente guía, el Doctor Alejandro Hidalgo Rivas, una persona que demuestra que ama lo que hace, una persona que, con su pasión y vastos conocimientos, nos motivó a seguir trabajando y entregar nuestro máximo potencial en el desarrollo de nuestra memoria. Agradecemos a todos los docentes que formaron parte de este proceso de formación profesional, de quienes nos quedamos con los mejores recuerdos. Agradecemos a todos los funcionarios de la Escuela de Odontología de la Universidad de Talca, que son personas que siempre entregan el apoyo que está a su alcance, comparten palabras de aliento, y forman una bonita comunidad de la que nosotros como estudiantes, jamás olvidaremos. También queremos mencionar a nuestros compañeros, entregándoles el mensaje de que nunca debemos rendirnos, y que todo el esfuerzo tendrá frutos.

FELIPE ANDRÉS MORALES IBÁÑEZ
ESTEBAN IVÁN OTÁROLA CONTRERAS

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
1.1. Palabras clave	1
2. ABSTRACT.....	2
2.1. Keywords.....	2
3. INTRODUCCIÓN	3
4. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO	5
4.1. Generalidades	5
4.2. Ventajas de la TCHC.....	7
4.3. Limitaciones de la TCHC.....	9
5. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: EFECTOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE Y PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA	11
6. MODELO DE EFICACIA DIAGNÓSTICA	13
7. EVALUACIÓN DEL SOPORTE ÓSEO EN LA ENFERMEDAD PERIODONTAL BASADO EN GUÍAS CLÍNICAS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO.....	16
7.1. Tomographie Volumique À Faisceau Conique De La Face (Cone Beam Computerized Tomography)	17
7.2. European Commission Radiation protection N° 172 Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (evidence-based guidelines).....	17
7.3. s2k-Leitlinie Dentale digitale Volumentomographie Version Nr. 9 vom 5 August 2013	17
7.4. Selection Criteria for Dental Radiography. Faculty of General Dental Practice UK	18
7.5. SADMFR Guidelines for the Use of Cone-Beam Computed Tomography/ Digital Volume Tomography (A consensus workshop organized by the Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology)	18

7.6. American Academy of Periodontology Best Evidence Consensus Statement on Selected Oral Applications for Cone-Beam Computed Tomography.....	19
8. DISCUSIÓN	21
9. REFERENCIAS	24

1. RESUMEN

Los signos de la enfermedad periodontal se pesquisan de manera clínica y radiográfica. Los exámenes imagenológicos de primera elección son las radiografías convencionales, y complementan la información clínica. Sin embargo, las radiografías pueden entregar información limitada, debido a la sobreproyección de estructuras, esto debido a la reproducción bidimensional de estructuras tridimensionales. Para superar esto, surge la posibilidad de usar la tomografía computarizada de haz cónico. Esta genera imágenes tridimensionales y en cualquier plano del espacio, de las estructuras de soporte óseo periodontal, aunque con dosis de radiación ionizante que suele ser mayor que las radiografías convencionales. Por lo tanto, la indicación de uso de tomografía computarizada de haz cónico debe ser justificada. El modelo jerárquico de eficacia diagnóstica y las guías clínicas respaldan la indicación de tomografía computarizada de haz cónico para evaluar el soporte óseo periodontal en pacientes con defectos intraóseos y de furca, además de mencionar la utilidad en planificación y control de procedimientos quirúrgicos regenerativos. La literatura recomienda indicar tomografía computarizada de haz cónico sólo cuando la evaluación clínica y radiográfica convencional no aportan la información necesaria para un correcto diagnóstico y planificación de tratamiento, por lo que como primera elección no es indicada.

1.1. Palabras clave

Guía de Práctica Clínica, Tomografía Computarizada de Haz Cónico, Periodontitis.

2. ABSTRACT

Periodontal disease signs are detected by clinical and radiographic examination. First choice radiographic examinations are conventional radiographies, which complement clinical information. However, radiographies may bring limited information because of structure superimposition, which occurs because of two-dimensional reproduction of three-dimensional structures. To overcome this, emerges the possibility to use cone-beam computed tomography. This produces images in all three-dimensions of space of periodontal bone support structures, usually with higher dose of ionizing radiation than conventional radiographies. Therefore, cone-beam computed tomography indication must be justified. The hierarchical model of diagnostic efficacy and practice guidelines support the indication of cone-beam computed tomography for periodontal bone support evaluation in patients with infrabony and furcation defects, also considering the utility in planning and control of regenerative surgical treatments. Literature recommends cone-beam computed tomography only when clinical and conventional radiographic evaluation does not provide necessary information for a correct diagnosis and treatment planning, so it is not indicated as a first choice imagining method.

2.1. Keywords

Practice Guideline, Cone-Beam Computed Tomography, Periodontitis.

3. INTRODUCCIÓN

La enfermedad periodontal es la segunda patología oral más prevalente en el mundo, y se caracteriza por ser una enfermedad inflamatoria crónica multifactorial asociada a una disbiosis en el biofilm (1-3). Dependiendo de su progreso, puede distinguirse entre gingivitis o periodontitis, y se diagnostica en base a la historia del paciente, parámetros clínicos y radiográficos (1). La gingivitis es la inflamación que afecta a los tejidos blandos, presentando signos como enrojecimiento, aumento de volumen y sangrado de encías superior al 10% de las superficies examinadas (4). La periodontitis es un proceso irreversible, que ocurre cuando la inflamación progresa y comienza a destruir tejido periodontal. Esta patología se caracteriza clínicamente por la formación de sacos periodontales, pérdida del nivel de inserción clínica y hueso alveolar marginal, entre otros signos de destrucción, y se clasifica según su estadio, extensión, y grado (5-7).

El examen radiográfico de la enfermedad periodontal es un valioso examen complementario que permite una mayor precisión en su diagnóstico (5, 8, 9). Entre los exámenes imagenológicos bidimensionales (2D), están las radiografías periapicales, de aleta mordida y panorámica (5, 10). El examen radiográfico busca evaluar el soporte óseo periodontal, la morfología radicular y monitorear la estabilidad de la enfermedad a largo plazo (6, 11, 12). Sin embargo, las radiografías convencionales (2D) pueden ser insuficientes para identificar alteraciones estructurales que ocurren de manera tridimensional (3D), debido a la sobreproyección de estructuras inherente a un examen 2D (5, 10). Además, las radiografías convencionales pueden subestimar la pérdida de hueso interradicular, la profundidad y configuración de un defecto intraóseo o de furca (13-15). Por lo tanto, existe la necesidad de investigar otras opciones imagenológicas más precisas para mejorar el diagnóstico y plan de tratamiento, con una evaluación más objetiva de las manifestaciones subclínicas de la enfermedad periodontal (13, 14). Esto sería posible gracias al uso de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), sus imágenes 3D resultantes y la posibilidad de obtener imágenes en todos los planos del espacio (9, 10, 16).

Debido a que la TCHC suele exponer a más radiación ionizante a los pacientes que las radiografías convencionales, su uso debiera estar limitado a casos específicos adecuadamente justificados, ya que la exposición a radiación puede producir efectos adversos

para la salud (17, 18). En el contexto de la protección radiológica, los principios de protección radiológica buscan justificar, optimizar y limitar el uso de radiaciones ionizantes (17, 18). En base al principio de justificación, se ha planteado el Modelo Jerárquico de Eficacia Diagnóstica (19) y surgen distintas guías clínicas del uso justificado de la TCHC (20, 21). El Modelo Jerárquico de Eficacia Diagnóstica evalúa el nivel eficacia de una nueva tecnología imagenológica comparándola con la usada convencionalmente, buscando conocer el beneficio de su uso para el paciente e incluso para la sociedad (19). Respecto a las guías clínicas, estas plantean en qué situaciones se justifica el uso de TCHC en la atención odontológica (21).

Con el creciente uso de la TCHC, en los últimos años han surgido diversos estudios que hablan de la utilidad que tiene la TCHC en el diagnóstico y tratamiento de la enfermedad periodontal. Sin embargo, desde el punto de vista de la justificación del uso de radiación ionizante, existe información limitada sobre la eficacia diagnóstica y usos que mencionan las guías clínicas sobre el uso de la TCHC en la enfermedad periodontal. Es por esta razón, que mediante la presente revisión narrativa, hemos propuesto conocer cuáles son los usos que justifica la literatura en que se puede indicar la TCHC para evaluar el soporte óseo en la enfermedad periodontal.

4. TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO

4.1. Generalidades

La TCHC se incorporó a la práctica odontológica a finales de la década de 1990 (22) como una tecnología extraoral diseñada para generar imágenes 3D y en todos los planos del espacio, de cabeza y cuello de manera más simple y rápida que la tomografía computarizada convencional médica (TC) (16). La TCHC suele generar menor radiación ionizante que la TC (5, 15, 16). La TC emite radiación de manera lineal con forma de abanico, necesitando múltiples giros alrededor del paciente para generar cortes 2D, y la imagen 3D se forma posteriormente apilando un corte sobre otro (8, 16). La TCHC emite rayos en forma cónica desde un tubo de rayos X con parámetros de voltaje del tubo entre 60 y 120 kilovoltios (kV) y corriente del tubo de 1 a 10 miliamperios (mA) (23). La figura 1 compara el haz de rayos de la TCHC con la TC.

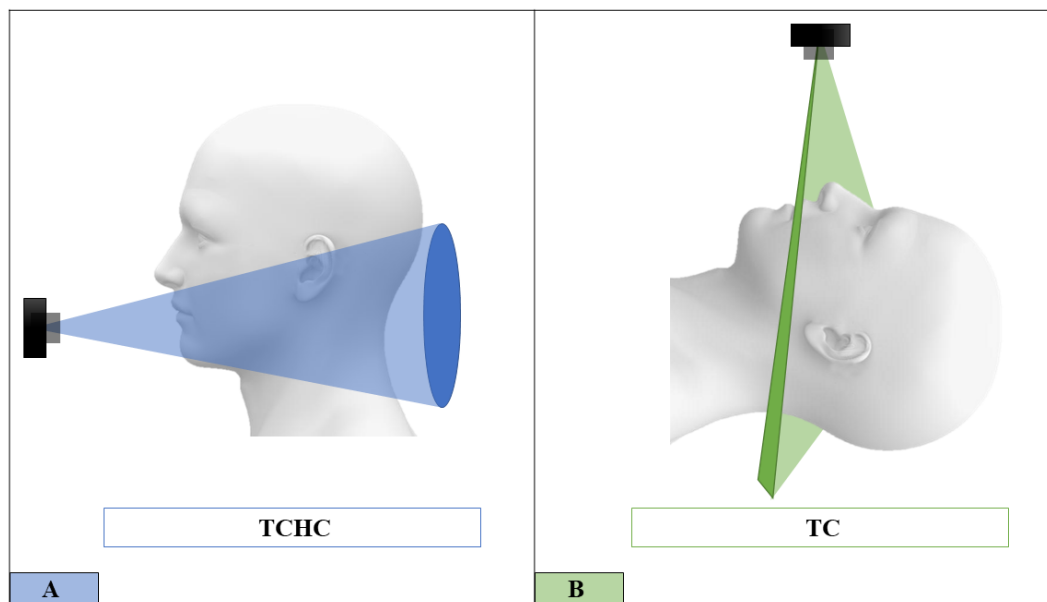


Figura 1: Comparación del haz de rayos de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) con la tomografía convencional médica (TC). **A:** Haz cónico de la TCHC. **B:** Haz en forma de abanico de la TC.

Los rayos X, luego de irradiar la región de interés, son captados por un sensor bidimensional que gira simultáneamente con el tubo (16, 23, 24). El giro puede ser de entre 180° a 360° , obteniendo entre 150 a más de 1000 imágenes secuenciales 2D, las que al superponerse digitalmente forman la imagen 3D (8, 23).

En la TCHC, la imagen 3D está compuesta por unidades más pequeñas isotrópicas (idénticas en sus tres dimensiones) llamadas vóxeles, y cada unidad representa un grado de absorción específica de radiación ionizante (25, 26). El tamaño del vóxel varía desde 0,05 mm hasta 0,6 mm, y a menor tamaño, mayor resolución espacial tendrá la imagen (25). En la TC, las unidades son anisotrópicas, ya que su dimensión axial es más alargada (1 a 2 mm), siendo esta dimensión determinada por la distancia entre cada corte (27, 28). La figura 2 compara los vóxeles de la TCHC y la TC.

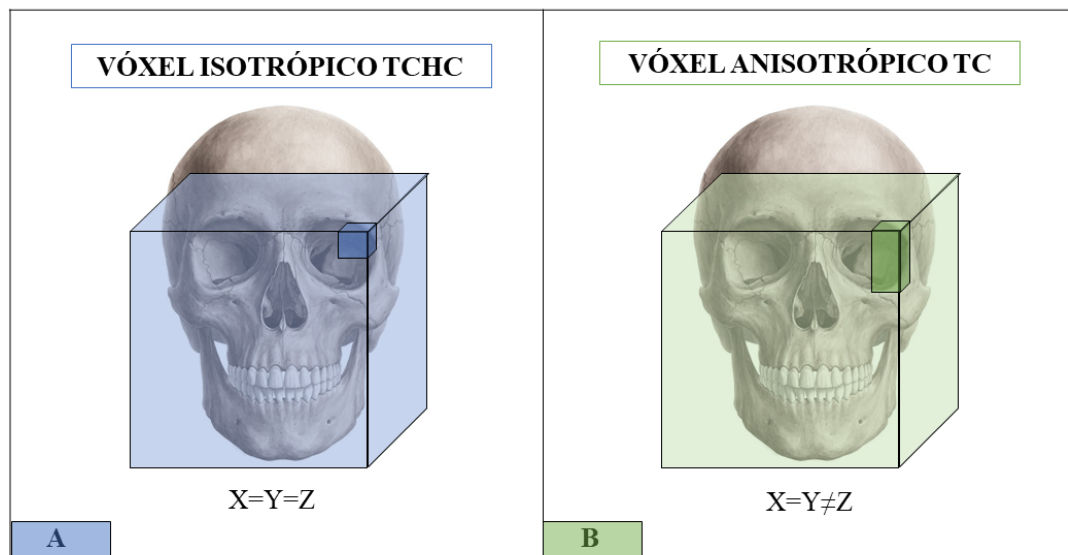


Figura 2: Comparación de vóxeles: la imagen **A** muestra un esquema del vóxel de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), que es idéntico en las tres dimensiones del espacio. La imagen **B** muestra el vóxel de la tomografía computarizada convencional médica (TC), donde el eje axial (Z) es más alargado que los ejes coronal y sagital (X e Y respectivamente).

Los equipos de TCHC son comparables en tamaño con un equipo radiográfico panorámico convencional (16). Éstos tienen distintos tamaños de campo de visión (FOV, del inglés *field of view*), los cuales no tienen una clasificación única, pero pueden agruparse en volumen grande (\geq a 14 cm de diámetro), mediano ($>$ a 8 cm y $<$ a 14 cm de diámetro) o pequeño ($<$ 8 cm de diámetro), como se muestra en la figura 3 (16, 29).

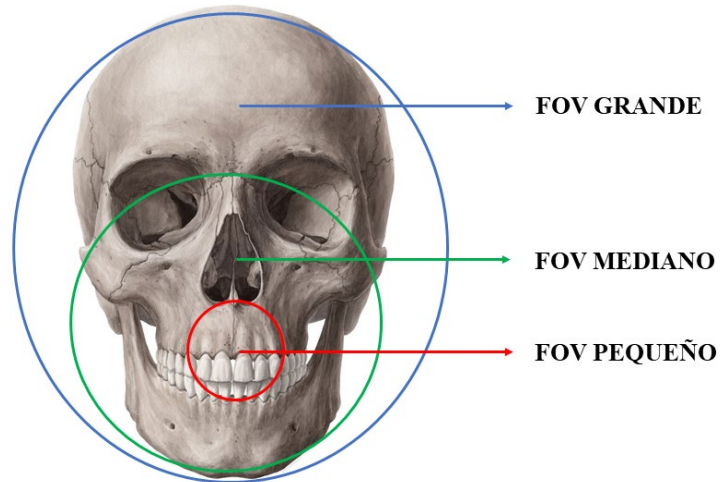


Figura 3: La imagen muestra el área que se visualiza con campos de visión pequeño, mediano o grande.

Los FOV grandes permiten la visualización de toda la cabeza. Los FOV mediano permiten escanear ambos maxilares, y los FOV pequeños permiten escanear parte de un maxilar, cuadrante o sextante solamente. La selección del FOV por lo general tiene una relación directamente proporcional con la selección del tamaño de vóxel. Es decir que mientras más grande sea el FOV, más grande tenderá a ser el tamaño de vóxel y viceversa. El tamaño del FOV tiene un efecto en la resolución espacial de la imagen, ya que al usar FOV pequeño, la dispersión de rayos X es menor y junto con un tamaño de vóxel pequeño da como resultado una imagen con mejor resolución espacial (16).

4.2. Ventajas de la TCHC

Una de las ventajas de la TCHC, es superar las limitantes de sobreproyección de estructuras y distorsión que presentan las radiografías convencionales, gracias a la producción de imágenes en todos los planos del espacio (9, 11, 30). En la figura 4 se compara un defecto de furca con radiografía convencional y con TCHC.

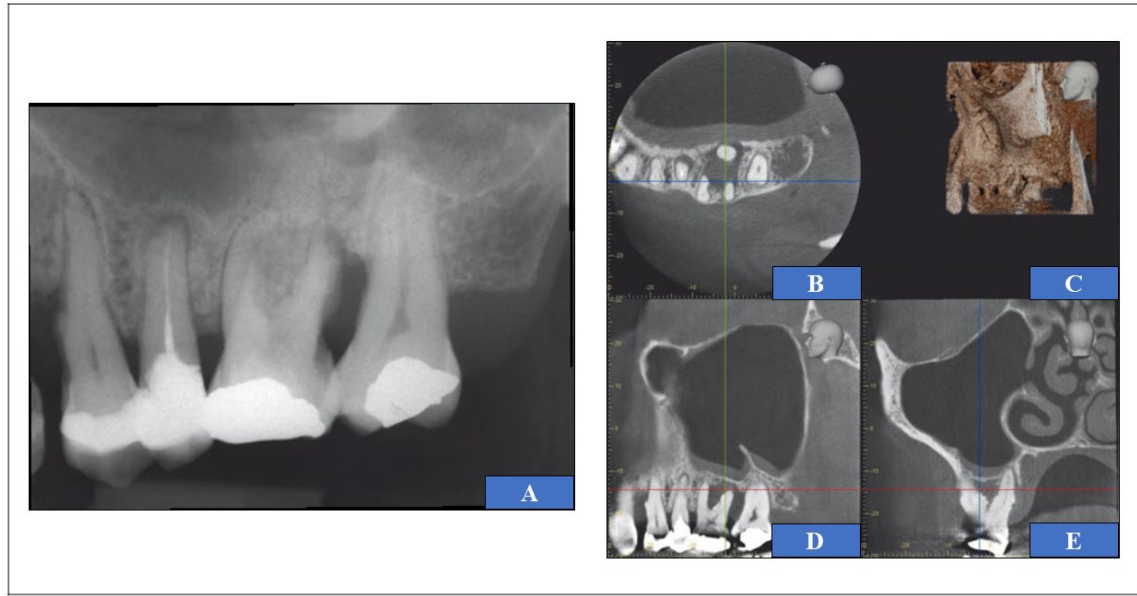


Figura 4: Comparación de un defecto de furca en radiografía convencional (imagen A) y en tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) (imágenes B, C, D y E). **A:** Se muestra radiografía periapical de la zona de molares superiores izquierdos. El primer molar presenta un defecto de furca que no es claramente observable por la sobreproyección de estructuras. **B:** Muestra imagen bidimensional (2D) del defecto de furca en sentido axial. **C:** Construcción tridimensional del defecto de furca vista desde el plano sagital. **D:** Muestra imagen 2D del defecto de furca en sentido sagital. **E:** muestra imagen 2D del defecto de furca en sentido coronal. En las imágenes obtenidas de TCHC se puede observar claramente los límites del defecto de furca (13).

La TCHC, al poder seleccionar FOV y vóxeles pequeños, tiene mayor precisión que la TC al evaluar estructuras dentomaxilofaciales (16, 31). La dosis de radiación ionizante de la TCHC es entre 76,2% y 98,5% menor que la de una TC (8, 16). Esta menor dosis de radiación ionizante se debe a que la TCHC gira sólo una vez alrededor del paciente, y usa valores inferiores de kV y mA que la TC (16, 31). El tiempo de exposición a radiación ionizante de la TCHC está entre los 10 y 40 segundos, comparable con el de una radiografía panorámica (5, 16). El costo del equipo de TCHC es aproximadamente de 3 a 5 veces menor que el de la TC y su tamaño es más pequeño y ligero, siendo más fácil de ubicar en las clínicas odontológicas (15, 16). El diseño abierto de la TCHC permite la eliminación casi completa de la claustrofobia y mejora en gran medida la comodidad y aceptación por parte del paciente, a diferencia de la TC que tiene un diseño cerrado (16).

4.3. Limitaciones de la TCHC

A pesar del creciente uso de la TCHC en odontología, esta presenta algunas limitaciones. Las principales son los artefactos, el ruido en la imagen, dificultad de diferenciar tejidos blandos y la exposición a mayores cantidades de radiación ionizante en comparación con las radiografías convencionales (16, 23, 32, 33).

Los artefactos, son discrepancias entre la realidad y la formación de la imagen digital. Estos degradan la calidad de las imágenes haciéndolas inutilizables para el diagnóstico (23, 32, 33). Los artefactos ocurren debido al movimiento del paciente, fallas en la captura de la imagen o en el proceso de formación de esta, pudiendo aparecer estructuras que no existen en el sujeto (23, 33, 34). La presencia de estructuras metálicas como incrustaciones, amalgamas e implantes producen artefactos (23, 32, 33). Estos, en la imagen pueden generar rayas alrededor de los materiales, así como también zonas oscuras que afectan su calidad, como se muestra en la figura 5 (33, 34).

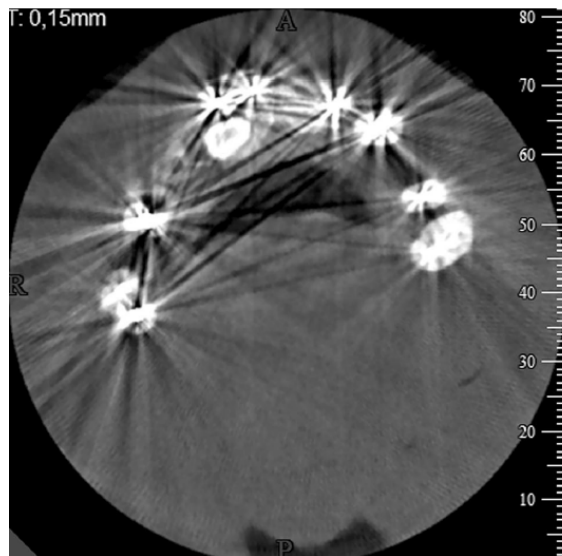


Figura 5: Corte axial de una imagen formada con tomografía computarizada de haz cónico a nivel del plano oclusal. Se observan artefactos causados por múltiples restauraciones metálicas (32).

El ruido de la imagen se debe a que la emisión de rayos X es de forma divergente durante la toma del examen, produciendo radiación dispersa (8, 16, 18). Esto resulta en interacciones con tejidos que no están en la trayectoria objetiva del rayo, registrándose en el sensor, coeficientes de atenuación que no corresponden a la realidad (8, 18). Esta atenuación

no lineal adicional registrada por el sensor se denomina ruido, y contribuye a la degradación de la imagen y tiende a reducir la visibilidad de las estructuras, especialmente las de bajo contraste, como se muestra en la figura 6 (8, 18).

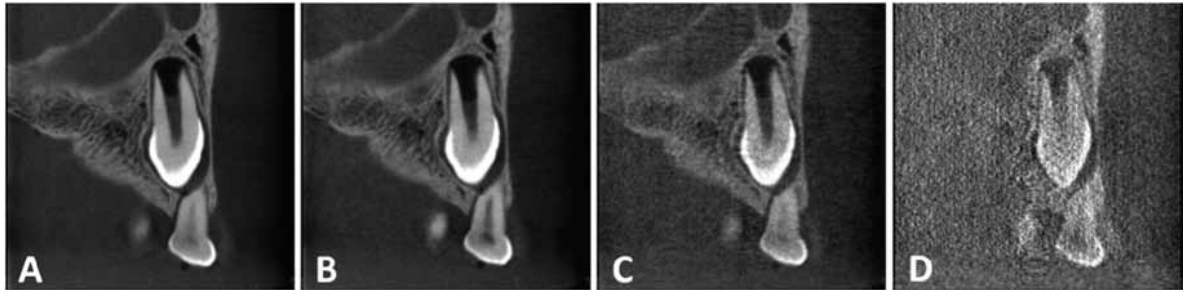


Figura 6: Ejemplo de ruido. Se muestran imágenes obtenidas con el mismo equipo de TCHC a una sección de un cráneo de estudio, modificando los parámetros de exposición de: kilovoltaje, miliamperaje y tiempo de exposición. Desde la imagen A hasta la D se observa la reducción de la resolución espacial y el aumento del ruido de acuerdo a la reducción progresiva de los parámetros de exposición mencionados (35).

La TCHC tiene un contraste de tejido blando menor que la TC (36, 37). Esto se debe a que la radiación dispersa reduce el contraste y limita la diferenciación de los tejidos blandos en las imágenes (23, 36) .

La TCHC suele exponer a los pacientes a dosis más altas de radiación que las radiografías convencionales (10, 17, 23). La dosis efectiva de una radiografía intraoral es menor a 1,5 microsievarts (μSv), para la panorámica de 2,7 a 24,3 μSv y para la TCHC, dependiendo del FOV, es de 11 a 1073 μSv (11, 17). Debido a los riesgos que genera exponer a los pacientes a radiación ionizante, surge la necesidad de aplicar los principios de protección radiológica, que buscan limitar, optimizar y justificar el uso de radiaciones ionizantes.

5. PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: EFECTOS DE LA RADIACIÓN IONIZANTE Y PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

En odontología, tanto en los exámenes imagenológicos 2D como en los 3D se expone al paciente a radiación ionizante, la que podría producir efectos adversos para la salud (17, 18). Estos efectos adversos se clasifican en reacciones tisulares y efectos estocásticos (17, 18, 38). Las reacciones tisulares (anteriormente llamadas efectos determinísticos), son causadas por exposiciones a dosis de radiación sobre los 100 milisieverts (mSv), pudiendo ser en una dosis única o acumulación anual, y producen defectos o muerte celular (17, 18). Los efectos estocásticos son mutaciones celulares que se manifiestan como cáncer y efectos heredables, y no tienen dosis mínima para aumentar su riesgo de manifestarse (17, 18). En base a esto, la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP del inglés: *International Commission On Radiological Protection*) promueve el modelo lineal sin umbral (LNT del inglés *linear-no-threshold*), que señala que no existen dosis de radiación ionizante seguras, y cualquier dosis superior a cero aumentaría el riesgo de inducción de efectos estocásticos (17, 18, 39).

Debido a la existencia de riesgos con el uso de radiación ionizante, se establecen los principios de protección radiológica, que corresponden al principio de justificación, optimización y de limitación de dosis (17). El principio de justificación está compuesto por 3 niveles. El primero propone que el uso de radiación es justificado en el ámbito de la salud si es que la exposición supone un beneficio mayor que los daños causados. El segundo se refiere a la justificación de procedimientos con objetivos específicos, procurando mantener que el beneficio sea mayor que los riesgos de exposición. El tercero se refiere a la justificación del uso de rayos para cada caso individual, así el examen mejoraría el proceso diagnóstico o el tratamiento, siendo mayor el beneficio que el daño causado (11, 18).

El principio de optimización, también llamado principio ALARA (de la sigla en inglés *As Low As Reasonably Achievable*: tan bajo como sea razonablemente alcanzable) es aplicable a situaciones que se consideran justificadas (11, 18). Este principio señala que la probabilidad de recibir exposiciones, el número de personas expuestas, y la magnitud de las dosis individuales deberían ser tan bajas como sea razonablemente alcanzable (17). Una variante planteada para ALARA es ALADA (del inglés: *As Low As Diagnostically*

Acceptable: tan bajo como sea diagnosticablemente aceptable). Este propone la aplicación del principio de optimización enfocándose en la determinación de la mínima dosis posible para desarrollar un correcto diagnóstico (40). También se propone ALADAIP (del inglés *As Low As Diagnostically Acceptable being Indication-oriented and Patient-specific*: tan bajo como sea diagnosticablemente aceptable con orientación en la indicación y paciente específico). Este plantea darle el enfoque individual de cada paciente al determinar el uso de radiación ionizante. Considera factores como la indicación del examen (refiriéndose a la “I” del acrónimo) y evaluar las características específicas del paciente (refiriéndose a la “P” del acrónimo (41, 42). Una dosis optimizada no necesariamente es la mínima disponible en el equipo, sino que es necesario hacer un balance entre el riesgo y la dosis necesaria para establecer diagnósticos y tratamientos adecuados (11).

El principio de limitación de dosis hace referencia a los parámetros de seguridad de infraestructura y equipos radiológicos establecidos por la ICRP respecto a la exposición a radiación ionizante de las personas que trabajen con equipos radiológicos o al público general. Para respetar estos parámetros, es necesario que tanto infraestructura como equipos radiológicos estén en óptimas condiciones, debiendo ser chequeados según lo establecido por las entidades responsables de cada país. Este principio no aplica a los pacientes, ya que la exposición a dosis más altas podría estar justificada en estos casos (11, 17, 18).

6. MODELO DE EFICACIA DIAGNÓSTICA

El Modelo Jerárquico de Eficacia Diagnóstica se plantea en el contexto de la protección radiológica, específicamente en el principio de justificación. Este modelo compara la eficacia diagnóstica de un examen radiográfico convencional con una nueva tecnología imagenológica (en este caso, la TCHC), buscando determinar si su uso se justifica. Este modelo, planteado por Dennis G. Fryback y John R. Thornbury el año 1991 (19), se basa en una escala de mediciones de desempeño clasificada en seis niveles jerárquicos como se muestra en la figura 7.



Figura 7: Esquema que muestra los seis niveles del modelo jerárquico de eficacia diagnóstica.

El primer nivel consiste en la eficacia técnica, que compara la calidad de los resultados del examen. A este nivel se evalúa aspectos como la resolución espacial, presencia de artefactos, nitidez, brillo y contraste. El segundo nivel, de eficacia en la exactitud diagnóstica, evalúa la capacidad del examen y del examinador, para diagnosticar precisamente. En este nivel se miden parámetros como sensibilidad, especificidad, porcentaje de diagnósticos correctos de una serie de casos, valores predictivos positivos y negativos. El tercer nivel, de eficacia en el pensamiento diagnóstico, evalúa el impacto de la información del examen en el pensamiento diagnóstico del clínico que lo solicitó. Lo anterior, vincula el contenido de información de la imagen, con los cambios en el diagnóstico del paciente. Este nivel mide aspectos como el porcentaje de casos en que la imagen se juzgó útil para hacer el

diagnóstico; cambios en la distribución del diagnóstico diferencial antes y después; y las diferencias en el diagnóstico diferencial antes y después de tomar el examen. El cuarto nivel, de eficacia terapéutica, evalúa la capacidad del examen para determinar o cambiar el tratamiento planteado. Para este nivel de eficacia, se deben evaluar parámetros tales como las veces que se utilizó la imagen para determinar, evitar, o modificar un tratamiento planteado. El quinto nivel, de eficacia en el resultado para el paciente, evalúa el costo-beneficio del examen imagenológico para el paciente. En este nivel se evalúa el porcentaje de pacientes que mejoran con la información del examen comparado con aquellos que no se les indicó; la morbilidad o procedimientos evitados debido a la información del examen y el aumento en la esperanza de vida o calidad de vida del paciente. El sexto nivel, de eficacia social, determina si el examen es beneficioso para la sociedad, y plantea analizar el costo-beneficio y costo-efectividad desde un punto de vista social (19). Un ejemplo para este nivel de eficacia es la mamografía, demostrando que el beneficio de exponerse a radiación ionizante es mayor que el perjuicio, ante la posible detección de cáncer (19).

Considerando que la TCHC es una tecnología relativamente reciente en odontología, estudiamos la eficacia diagnóstica que presenta en la evaluación del soporte óseo en la enfermedad periodontal. Si bien existen varios estudios del rol de la TCHC en la enfermedad periodontal, los resultados sobre su eficacia diagnóstica siguen siendo ambiguos (15).

Se encontraron sólo dos estudios que analizan la eficacia diagnóstica de la TCHC en la enfermedad periodontal (15, 43). En el año 2016 se planteó que la TCHC tiene una alta precisión diagnóstica en la detección de defectos intraóseos y de furca. Además, se señaló que se requieren más estudios sobre la eficacia técnica del TCHC y que sólo un estudio informó que el análisis de la TCHC facilitó una mayor eficacia en el pensamiento diagnóstico (44). Se ha planteado, además, una falta de evidencia para clasificar a la TCHC en los niveles de eficacia terapéutica, de resultado para el paciente y sólo reportó un estudio que respalda la eficacia social (45).

Al 2020 sigue reportándose que faltan investigaciones sobre los aspectos técnicos de la TCHC (15). Pese a esto se menciona que la TCHC es precisa diagnosticando defectos intraóseos y de furca, además de evaluar resultados de cirugía periodontal regenerativa. También se plantea que se requieren más estudios para evaluar los niveles de eficacia de pensamiento diagnóstico, eficacia terapéutica, y eficacia social para establecer una guía al

respecto y conocer la utilidad de la TCHC (15).

7. EVALUACIÓN DEL SOPORTE ÓSEO EN LA ENFERMEDAD PERIODONTAL BASADO EN GUÍAS CLÍNICAS DE TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO

En el contexto de la justificación del uso de radiación ionizante, se han desarrollado guías clínicas que incluyen indicaciones y recomendaciones del uso de TCHC (21). Estas guías pueden ser basadas en evidencia, juicio o consenso de expertos (46). Las guías, no tienen el objetivo de ser consideradas protocolos, sino de orientar al profesional en la toma de decisiones según cada caso particular (11). En la Tabla 1 se muestran las guías encontradas sobre el uso de la TCHC en la evaluación del soporte óseo de la enfermedad periodontal.

Título de la guía	Autor	Año de publicación	Área clínica	Método de desarrollo
Tomographie Volumique A Faisceau Conique De La Face (Cone Beam Computerized Tomography) (47)	HAS	2009	General	Juicio de expertos
Radiation protection N° 172. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (Evidence-based guidelines) (11)	EC	2012	General	Guía basada en evidencia
s2k-Leitlinie Dentale digitale Volumentomographie (48)	AWMF	2013	General	Guía basada en evidencia
Selection Criteria for Dental Radiography (49)	FGDP	2013	General	Juicio de expertos
SADMFR Guidelines for the Use of Cone-Beam Computed Tomography/ Digital Volume Tomography (50)	SADMFR	2015	General	Consenso de expertos
American Academy of Periodontology Best Evidence Consensus Statement on Selected Oral Applications for Cone-Beam Computed Tomography (14)	AAP	2017	Periodoncia	Juicio de expertos

Tabla 1. Guías de uso de Tomografía Computarizada de Haz Cónico que incluyen evaluación de soporte óseo de la enfermedad periodontal. Muestra título, autor, año de publicación, área clínica y método de desarrollo mencionado en cada guía. **HAS:** *Haute Autorité de Santé*. **EC:** *European Commission Radiation Protection*. **AWMF:** *Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften*. **FGDP:** *Faculty of General Dental Practice*. **SADMFR:** *Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology*. **AAP:** *American Academy of Periodontology*. **CT:** *Computed Tomography*.

7.1. Tomographie Volumique À Faisceau Conique De La Face (Cone Beam Computerized Tomography)

Es una guía francesa publicada el año 2009. Plantea que el uso de la TCHC está indicado en caso que la visualización de estructuras periodontales no sea suficiente con la exploración clínica y evaluación imagenológica 2D. Respalda la indicación de TCHC en la evaluación prequirúrgica de defectos de furca de molares superiores, aportando información necesaria para establecer un pronóstico adecuado en estos casos (47).

7.2. European Commission Radiation protection N° 172 Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (evidence-based guidelines)

La guía n° 172 de la Comisión Europea de Protección Radiológica, publicada el año 2012, también señala que la imagenología 2D tiene limitaciones mostrando el soporte periodontal. Esta guía plantea el uso de la TCHC para evaluar defectos intraóseos y de furca cuando las radiografías convencionales no provean la información necesaria. Además, indica el uso de la TCHC para el manejo de defectos periodontales complejos que pueden requerir tratamiento quirúrgico como opción. Se plantea la posibilidad de indicar la TCHC para el procedimiento de regeneración tisular guiada y evaluar la respuesta a la cirugía y tratamiento regenerativo de defectos intraóseos. La TCHC no está indicada como método rutinario de evaluación del soporte óseo periodontal. Menciona que la evidencia sobre el uso de la TCHC en el manejo periodontal es limitada. Sugiere que en casos que se obtengan imágenes de TCHC que incluyan dientes, se debe evaluar en estas el nivel óseo para complementar el examen clínico (11).

7.3. s2k-Leitlinie Dentale digitale Volumentomographie Version Nr. 9 vom 5 August 2013

Esta guía desarrollada en Alemania en el año 2013 propone que la evaluación periodontal debe constituirse por un examen clínico y radiográfico convencional. Esta guía también menciona que el examen radiográfico convencional tiene limitantes debido a la

sobreproyección de estructuras, por lo que el uso de la TCHC mejora estas condiciones. Se plantea que la TCHC no debe indicarse como examen de primera elección y tiene una buena precisión evaluando defectos óseos y de furca. Además, plantea que la TCHC podría implementarse en la planificación y respuesta quirúrgica de procedimientos de regeneración tisular guiada (48).

7.4. Selection Criteria for Dental Radiography. Faculty of General Dental Practice UK

Esta guía fue desarrollada por la Facultad General de la Práctica Dental del Reino Unido el año 2013 y actualizada en su versión online el 2018. Plantea que el diagnóstico periodontal depende del examen clínico y se complementa con el examen radiográfico convencional, que puede cambiar el manejo o pronóstico del paciente. Respecto a la TCHC, plantea que es más precisa que la radiografía convencional en la detección de defectos óseos y de furca. Esta guía no respalda indicar el examen de TCHC como un método rutinario de evaluación periodontal. Sugiere, además, que en casos que se obtengan imágenes de TCHC que incluyan dientes, se debe verificar en estas el nivel óseo para complementar el examen clínico (49).

7.5. SADMFR Guidelines for the Use of Cone-Beam Computed Tomography/ Digital Volume Tomography (A consensus workshop organized by the Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology)

Esta guía fue planteada por la Asociación Suiza de Radiología Dentomaxilofacial el año 2015. Esta guía plantea que falta evidencia que respalde el uso de la TCHC como herramienta radiológica de rutina para el manejo de la enfermedad periodontal. A pesar de esto, se menciona que tiene una alta precisión en la detección de la morfología de defectos intraóseos en comparación con las radiografías periapicales. Esta guía reporta una alta precisión de la TCHC en el análisis de la morfología de molares superiores, detección de defectos óseos verticales, defectos de furca y tejidos periodontales circundantes. Se plantea

que la TCHC tiene ventajas al considerar enfoques de tratamiento más invasivos y, por lo tanto, puede ayudar a planificar tratamientos complejos (50).

7.6. American Academy of Periodontology Best Evidence Consensus Statement on Selected Oral Applications for Cone-Beam Computed Tomography

Esta guía fue desarrollada por la Academia Americana de Periodoncia el año 2017. Plantea que el examen clínico y la imagenología convencional siempre debe ser la primera opción para la evaluación periodontal. También menciona que la imagenología convencional proporciona información limitada, al evaluar la severidad de la enfermedad periodontal detectando defectos óseos y de furca. El uso de la TCHC puede agregar información valiosa para el manejo de la enfermedad periodontal, y se plantea su uso en los siguientes casos: 1) Casos con defectos de furca avanzados y se haya considerado la planificación de implantes como tratamiento alternativo. 2) Pérdida ósea avanzada que invade estructuras adyacentes como el canal mandibular y cavidades sinusales. 3) Tratamiento de casos que no respondan favorablemente a la terapia periodontal localizada. 4) Evaluar la morfología geométrica de los defectos intraóseos o de furca, pudiendo determinar su pronóstico potencial regenerativo (14).

A continuación, se presenta la Tabla 2, que unifica las recomendaciones e indicaciones presentes en cada guía.

Recomendación/ Indicación	HAS	EC N°172	AWMF	FGDP	SADMFR	AAP
TCHC como primera elección				X		
Evaluación de Defectos de Furca	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Evaluación de Defectos Intraóseos	--	✓	✓	✓	✓	✓
Planificación y control de Procedimientos Quirúrgicos Regenerativos	--	✓	✓	--	✓	?

Tabla 2. Tabla que unifica recomendaciones e indicaciones de uso de la TCHC (Tomografía Computarizada De Haz Cónico) según guía. **HAS:** *Haute Autorité de Santé*. **FGDP:** *Selection Criteria for Dental Radiography*,

Faculty of General Dental Practice. AAP: American Academy of Periodontology Best Evidence Consensus Statement on Selected Oral Applications for Cone-Beam Computed Tomography. EC N°172: European Commission, Radiation protection N° 172. Cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (Evidence-based guidelines. AWMF: Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften. SADMFR: Guidelines for the Use of Cone-Beam Computed Tomography/ Digital Volume Tomography (A consensus workshop organized by the Swiss Association of Dentomaxillofacial Radiology); ✓: Sí respalda indicación; ✗: No se respalda indicación; ? : Falta evidencia para respaldar indicación; --: No se menciona.

8. DISCUSIÓN

La literatura menciona como limitación de la TCHC la exposición a mayores cantidades de radiación ionizante que la imagenología 2D (10, 17, 23). Respecto a los riesgos de esta mayor exposición a radiación ionizante, se reporta que no existen pautas basadas en evidencia para establecer parámetros de exposición de equipos de TCHC en la evaluación de soporte óseo periodontal (9, 43). Sin embargo, se recomienda ajustar el FOV, tamaño de vóxel, kV, mA, tiempo de exposición y ángulo de rotación adecuados a la región de interés y que permitan la obtención de una imagen que sea adecuada para diagnosticar respetando los principios de protección radiológica (5, 17, 40, 51).

En base a la justificación del uso de radiación ionizante, en relación al Modelo Jerárquico de Eficacia Diagnóstica (19), se pesquisó que existe escasa literatura que evalúe los niveles de eficacia del uso de la TCHC en la evaluación del soporte óseo en la enfermedad periodontal. Se ha reportado que la TCHC presenta una alta eficacia de exactitud diagnóstica evaluando el soporte óseo periodontal (15, 43). Sin embargo, faltan estudios para los niveles tres y cuatro del modelo (15, 43), lo que podría ser superado realizando investigaciones que evalúen el cambio en las propuestas de diagnóstico y tratamiento antes y después del análisis con TCHC. Respecto al quinto nivel, se menciona que la TCHC es confiable para evaluar el resultado de procedimientos quirúrgicos regenerativos de defectos óseos (15), desde ese punto de vista, se puede plantear la posibilidad de evitar la cirugía de reingreso (52, 53). Sin embargo, da la impresión de que Hassan (15) interpreta equivocadamente el nivel cinco, ya que este nivel busca evaluar la posibilidad que la nueva tecnología imagenológica produzca un mejor resultado para el paciente. Por el contrario, Hassan (15) definió este nivel como la posibilidad de evaluar los resultados con la nueva tecnología imagenológica. Esta podría ser la razón por la cual Hassan encontró artículos en este nivel, que investigaciones previas (43) no encontraron. Cabe destacar que respecto al sexto nivel, de eficacia social, ambas investigaciones (15, 43) reportan sólo un estudio piloto aplicado para este nivel (45), que evaluó con TCHC defectos de furca de molares superiores en pacientes con periodontitis. Este estudio (45) mostró que el uso de la TCHC es beneficioso al considerar tratamientos más invasivos con evaluación clínica y radiográfica convencional, permitiendo ahorrar tiempo y dinero respecto a lo propuesto en primera instancia. El uso justificado de la TCHC

es necesario para asegurar los estándares de salud de las personas, por lo que las exposiciones a radiación no pueden indicarse a menos que cada caso particular las requiera (11, 17, 18). La literatura existente sobre el uso de TCHC en periodoncia principalmente evalúa la eficacia en la exactitud diagnóstica (nivel dos del modelo). Futuras investigaciones deberían enfocarse en investigar los beneficios que se obtendrían al indicar este examen en el ámbito clínico, para el paciente y la sociedad. Esto aumentaría la evidencia respecto a los niveles más superiores del modelo jerárquico de eficacia diagnóstica.

Con respecto a las guías clínicas analizadas (11, 14, 47-50), nos llama la atención que sólo una ha sido actualizada hasta la fecha (49). Esto puede indicar la falta de investigación y evidencia respecto al uso de la TCHC en la evaluación del soporte óseo en la enfermedad periodontal. Las guías clínicas respaldan el uso de la TCHC en la evaluación del soporte óseo de la enfermedad periodontal, siendo indicada para la evaluación de defectos intraóseos y de furca, y algunas plantean un potencial uso en la evaluación y control de procedimientos quirúrgicos regenerativos (11, 48, 50). Nikolic el 2021 (9), planteó que la TCHC es una herramienta confiable para el análisis del soporte óseo periodontal al comparar imágenes con mediciones intraquirúrgicas, lo que respalda la indicación de uso para evaluación y control de procedimientos quirúrgicos periodontales que plantean las guías. También, debido a la dosis de radiación ionizante que conlleva, todas las guías encontradas plantean que la TCHC no es el examen imagenológico de primera elección para hacer la evaluación periodontal, debiendo ser evaluados primero con radiografías convencionales. Una de las guías (14) menciona el rol de la TCHC al evaluar dehiscencias y fenestraciones. Estos defectos no son causados por enfermedad periodontal, pero consideramos necesario mencionarlo, debido que al ser zonas de soporte óseo periodontal disminuido, permiten el avance de los signos de destrucción periodontal (54, 55). La guía respalda el uso de la TCHC para evaluar pacientes que se someterán a tratamientos de ortodoncia y tengan riesgo de desarrollar estos defectos óseos o recesiones gingivales (14).

En conclusión, la principal limitante de la TCHC es la exposición a radiación ionizante de las personas, por lo que es necesario respetar los principios de protección radiológica para prevenir efectos estocásticos. En base al principio de justificación, de acuerdo con el modelo jerárquico de eficacia diagnóstica y guías clínicas, se respalda indicar TCHC para la evaluación de defectos intraóseos, de furca y control de procedimientos

quirúrgicos regenerativos. Además, la TCHC no es el examen de primera elección en la evaluación del soporte óseo en la enfermedad periodontal, siendo indicada sólo cuando el examen clínico y radiográfico convencional no sean suficientes para un correcto diagnóstico y planificación de tratamiento.

9. REFERENCIAS

1. Caton JG, Armitage G, Berglundh T, Chapple ILC, Jepsen S, Kornman KS, et al. A new classification scheme for periodontal and peri-implant diseases and conditions - Introduction and key changes from the 1999 classification. *J Clin Periodontol*. 2018;45:S1-S8. doi: 10.1111/jcpe.12935.
2. Marcenes W, Kassebaum NJ, Bernabe E, Flaxman A, Naghavi M, Lopez A, et al. Global burden of oral conditions in 1990-2010: a systematic analysis. *J Dent Res*. 2013;92(7):592-7. doi: 10.1177/0022034513490168.
3. Peres MA, Macpherson LMD, Weyant RJ, Daly B, Venturelli R, Mathur MR, et al. Oral diseases: a global public health challenge. *Lancet*. 2019;394(10194):249-60. doi: 10.1016/S0140-6736(19)31146-8.
4. Chapple ILC, Mealey BL, Van Dyke TE, Bartold PM, Dommisch H, Eickholz P, et al. Periodontal health and gingival diseases and conditions on an intact and a reduced periodontium: consensus report of workgroup 1 of the 2017 world workshop on the classification of periodontal and peri-implant diseases and conditions. *J Periodontol*. 2018;89:S74-S84. doi: 10.1002/jper.17-0719.
5. Kim DM, Bassir SH. When is cone-beam computed tomography imaging appropriate for diagnostic inquiry in the management of inflammatory periodontitis? an American Academy of Periodontology best evidence review. *J Periodontol*. 2017;88(10):978-98. doi: 10.1902/jop.2017.160505.
6. Needleman I. The good practitioner's guide to periodontology. *Br Soc Periodontol*. 2016:10-4.
7. Papapanou PN, Sanz M, Buduneli N, Dietrich T, Feres M, Fine DH, et al. Periodontitis: consensus report of workgroup 2 of the 2017 world workshop on the classification of periodontal and peri-implant diseases and conditions. *J Clin Periodontol*. 2018;45:S162-S70. doi: 10.1111/jcpe.12946.

8. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am.* 2008;52(4):707-30, v. doi: 10.1016/j.cden.2008.05.005.
9. Nikolic-Jakoba N, Barac M, Jankovic S, Aleksic Z, Spin-Neto R, Wenzel A. Effect of section thickness on cone beam computed tomography-based measurements of intrabony defects compared with clinical measurements. *J Periodontol.* 2021;92(5):670-7. doi: 10.1002/JPER.20-0338.
10. Ruetters M, Hagenfeld D, ElSayed N, Zimmermann N, Gehrig H, Kim TS. Ex vivo comparison of CBCT and digital periapical radiographs for the quantitative assessment of periodontal defects. *Clin Oral Investig.* 2020;24(1):377-84. doi: 10.1007/s00784-019-02933-w.
11. European Commission. Radiation protection N° 172 cone beam CT for dental and maxillofacial radiology (evidence-based guidelines). 2012.
12. Wolf DL, Lamster IB. Contemporary concepts in the diagnosis of periodontal disease. *Dent Clin North Am.* 2011;55(1):47-61. doi: 10.1016/j.cden.2010.08.009.
13. Walter C, Schmidt JC, Dula K, Sculean A. Cone beam computed tomography (CBCT) for diagnosis and treatment planning in periodontology: A systematic review. *Quintessence Int.* 2016;47(1):25-37. doi: 10.3290/j.qi.a34724.
14. Mandelaris GA, Scheyer ET, Evans M, Kim D, McAllister B, Nevins ML, et al. American Academy of Periodontology best evidence consensus statement on selected oral applications for cone-beam computed tomography. *J Periodontol.* 2017;88(10):939-45. doi: 10.1902/jop.2017.170234.
15. Assiri H, Dawasaz AA, Alahmari A, Asiri Z. Cone beam computed tomography (CBCT) in periodontal diseases: a systematic review based on the efficacy model. *BMC Oral Health.* 2020;20(1):191. doi: 10.1186/s12903-020-01106-6.
16. Nasseh I, Al-Rawi W. Cone beam computed tomography. *Dent Clin North Am.* 2018;62(3):361-91. doi: 10.1016/j.cden.2018.03.002.

17. International Commission on Radiological Protection. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 103. Ann ICRP. 2007;37(2.4):2.
18. International Commission on Radiological Protection. Radiological protection in cone beam computed tomography (CBCT). ICRP Publication 129. Ann ICRP. 2015;44(1):9-127. doi: 10.1177/0146645315575485.
19. Fryback DG, Thornbury JR. The efficacy of diagnostic imaging. Med Decis Making. 1991;11(2):88-94. doi: 10.1177/0272989X9101100203.
20. Barba Ramírez L, Ruiz García de Chacón V, Hidalgo Rivas A. El uso de rayos X en odontología y la importancia de la justificación de exámenes radiográficos. Avances en Odontoestomatología. 2020;36:131-42.
21. Horner K, O'Malley L, Taylor K, Glenny AM. Guidelines for clinical use of CBCT: a review. Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(1):20140225. doi: 10.1259/dmfr.20140225.
22. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Tinazzi Martini P, Bergamo Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol. 1998;8(9):1558-64. doi: 10.1007/s003300050586.
23. Hayashi T, Arai Y, Chikui T, Hayashi-Sakai S, Honda K, Indo H, et al. Clinical guidelines for dental cone-beam computed tomography. Oral Radiol. 2018;34(2):89-104. doi: 10.1007/s11282-018-0314-3.
24. Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(1):20140224. doi: 10.1259/dmfr.20140224.
25. Gaeta-Araujo H, Alzoubi T, Vasconcelos KF, Orhan K, Pauwels R, Casselman JW, et al. Cone beam computed tomography in dentomaxillofacial radiology: a two-decade overview. Dentomaxillofac Radiol. 2020;49(8):20200145. doi: 10.1259/dmfr.20200145.

26. Scarfe WC, Li Z, Aboelmaaty W, Scott SA, Farman AG. Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation. *Aust Dent J.* 2012;57 Suppl 1:46-60. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01657.x.
27. John GP, Joy TE, Mathew J, Kumar VR. Fundamentals of cone beam computed tomography for a prosthodontist. *J Indian Prosthodont Soc.* 2015;15(1):8-13. doi: 10.4103/0972-4052.157001.
28. Angelopoulos C, Scarfe WC, Farman AG. A comparison of maxillofacial CBCT and medical CT. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2012;20(1):1-17. doi: 10.1016/j.cxom.2011.12.008.
29. Hidalgo-Rivas JA, Theodorakou C, Carmichael F, Murray B, Payne M, Horner K. Use of cone beam CT in children and young people in three United Kingdom dental hospitals. *Int J Paediatr Dent.* 2014;24(5):336-48. doi: 10.1111/ipd.12076.
30. Yang J, Li X, Duan D, Bai L, Zhao L, Xu Y. Cone-beam computed tomography performance in measuring periodontal bone loss. *J Oral Sci.* 2019;61(1):61-6. doi: 10.2334/josnusd.17-0332.
31. MacDonald D. Cone-beam computed tomography and the dentist. *J Investig Clin Dent.* 2017;8(1). doi: 10.1111/jicd.12178.
32. Nardi C, Borri C, Regini F, Calistri L, Castellani A, Lorini C, et al. Metal and motion artifacts by cone beam computed tomography (CBCT) in dental and maxillofacial study. *Radiol Med.* 2015;120(7):618-26. doi: 10.1007/s11547-015-0496-2.
33. Schulze R, Heil U, Gross D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: a review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2011;40(5):265-73. doi: 10.1259/dmfr/30642039.
34. Scarfe WC, Azevedo B, Pinheiro LR, Priaminiarti M, Sales MAO. The emerging role of maxillofacial radiology in the diagnosis and management of patients with complex periodontitis. *Periodontol 2000.* 2017;74(1):116-39. doi: 10.1111/prd.12193.

35. Hidalgo A, Theodorakou C, Horner K. Protección radiológica en tomografía computarizada cone-beam en odontología. *Anu Soc Radiol Oral Maxilo Facial Chile*. 2013;16:23-32.
36. Adibi S, Zhang W, Servos T, O'Neill PN. Cone beam computed tomography in dentistry: what dental educators and learners should know. *J Dent Educ*. 2012;76(11):1437-42.
37. Schulze RKW, Drage NA. Cone-beam computed tomography and its applications in dental and maxillofacial radiology. *Clin Radiol*. 2020;75(9):647-57. doi: 10.1016/j.crad.2020.04.006.
38. Federation FWD. 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(6):289-90. doi: 10.1111/idj.12148.
39. Miles D, Langlais R. NCRP report N°. 145: New dental X-ray guidelines: their potential impact on your dental practice. *Dent today*. 2004;23:128, 30, 32 passim; quiz 34.
40. Jaju PP, Jaju SP. Cone-beam computed tomography: time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Sci Dent*. 2015;45(4):263-5. doi: 10.5624/isd.2015.45.4.263.
41. Oenning AC, Jacobs R, Pauwels R, Stratis A, Hedesiu M, Salmon B. Cone-beam CT in paediatric dentistry: DIMITRA project position statement. *Pediatr Radiol*. 2018;48(3):308-16. doi: 10.1007/s00247-017-4012-9.
42. Oenning AC, Jacobs R, Salmon B, Group DR. ALADAIP, beyond ALARA and towards personalized optimization for paediatric cone-beam CT. *Int J Paediatr Dent*. 2021;31(5):676-8. doi: 10.1111/ipd.12797.
43. Nikolic-Jakoba N, Spin-Neto R, Wenzel A. Cone-beam computed tomography for detection of intrabony and furcation defects: a systematic review based on a hierarchical model for diagnostic efficacy. *J Periodontol*. 2016;87(6):630-44. doi: 10.1902/jop.2016.150636.

44. Walter C, Kaner D, Berndt DC, Weiger R, Zitzmann NU. Three-dimensional imaging as a pre-operative tool in decision making for furcation surgery. *J Clin Periodontol*. 2009;36(3):250-7. doi: 10.1111/j.1600-051x.2008.01367.x.
45. Walter C, Weiger R, Dietrich T, Lang NP, Zitzmann NU. Does three-dimensional imaging offer a financial benefit for treating maxillary molars with furcation involvement? A pilot clinical case series. *Clin Oral Implants Res*. 2012;23(3):351-8. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02330.x.
46. Kwong JS, Chen H, Sun X. Development of evidence-based recommendations: implications for preparing expert consensus statements. *Chin Med J (Engl)*. 2016;129(24):2998-3000. doi: 10.4103/0366-6999.195475.
47. de Santé HA. Tomographie volumique à faisceau conique de la face (cone beam computerized tomography). Service évaluation des actes professionnels Saint-Denis. 2009.
48. Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). s2k-Leitlinie dentale digitale volumetomographie. 2013;9.
49. Bradley A. Selection criteria for dental radiography, 3rd edition. *Br Dent J*. 2014;216(4):155-. doi: 10.1038/sj.bdj.2014.120.
50. Dula K, Benic GI, Bornstein M, Dagassan-Berndt D, Filippi A, Hicklin S, et al. SADMFR Guidelines for the Use of cone-beam computed tomography/digital volume tomography. *Swiss Dent J*. 2015;125(9):945-53.
51. Al-Okshi A, Theodorakou C, Lindh C. Dose optimization for assessment of periodontal structures in cone beam CT examinations. *Dentomaxillofac Radiol*. 2017;46(3):20160311. doi: 10.1259/dmfr.20160311.
52. Pajnigara NG, Kolte AP, Kolte RA, Pajnigara NG. Volumetric assessment of regenerative efficacy of demineralized freeze-dried bone allograft with or without amnion membrane in grade II furcation defects: a cone beam computed tomography study. *Int J Periodontics Restorative Dent*. 2017;37(2):255-62. doi: 10.11607/prd.2901.

53. Grimard BA, Hoidal MJ, Mills MP, Mellonig JT, Nummikoski PV, Mealey BL. Comparison of clinical, periapical radiograph, and cone-beam volume tomography measurement techniques for assessing bone level changes following regenerative periodontal therapy. *J Periodontol.* 2009;80(1):48-55. doi: 10.1902/jop.2009.080289.
54. Choi JY, Chaudhry K, Parks E, Ahn JH. Prevalence of posterior alveolar bony dehiscence and fenestration in adults with posterior crossbite: a CBCT study. *Prog Orthod.* 2020;21(1):8. doi: 10.1186/s40510-020-00308-6.
55. Leung CC, Palomo L, Griffith R, Hans MG. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for measuring alveolar bone height and detecting bony dehiscences and fenestrations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010;137(4 Suppl):S109-19. doi: 10.1016/j.ajodo.2009.07.013.