

# DIAGNÓSTICO IMAGENOLÓGICO DE CONDUCTOS OBLITERADOS: UNA REVISIÓN

IMAGENOLOGICAL DIAGNOSIS OF OBLITERATED DUCTS: A REVIEW

**Francisco Javier  
Morales-González<sup>1\*</sup>**  
pacomor\_333@hotmail.com

## RESUMEN

Los exámenes radiográficos son de gran ayuda para que el endodoncista diagnostique y realice planes de tratamiento eficientes en sus pacientes. Hasta hace unos años, las proyecciones en 2 dimensiones, principalmente las radiografías periapicales, eran utilizadas para la planeación de casos endodóncicos de conductos obliterados; sin embargo, en la actualidad, el empleo de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) es la herramienta más precisa y su uso cada vez es más frecuente, específicamente en casos de obliteración del canal radicular.

Aunque todavía no se tienen datos sobre alguna técnica clínica que permita la localización exacta del canal calcificado, se sabe que, en situaciones de endodoncia muy complicadas, el uso intraoperatorio de TCHC puede ayudar al endodoncista a obtener un diagnóstico más adecuado, a garantizar un procedimiento eficaz y, por lo tanto, a conseguir resultados más acertados después del tratamiento. Recientemente, la endodoncia guiada y navegada se ha considerado como procedimiento alternativo al tratamiento convencional que ofrece una solución a los casos de conductos parcial o totalmente obliterados.

Debido a que es necesario considerar la preservación de la estructura y la retención a largo plazo del diente después del tratamiento endodóncico, es importante mencionar que las endodoncias guiadas y las navegadas presentan una considerable reducción de lesiones iatrogénicas, como menores complicaciones durante la localización de obliteración en el conducto radicular. Por este motivo, el objetivo de esta revisión fue describir el estado del arte del diagnóstico imagenológico de los conductos obliterados, con las técnicas actuales más novedosas.

**Palabras clave:** calcificación de la pulpa dental, obturación del canal radicular, tomografía computarizada de haz cónico

**Artículo recibido: 02/08/2020**  
**Arbitrado por pares**  
**Artículo aceptado: 12/11/2020**  
**Artículo publicado: 10/12/2020**

**Autor de correspondencia:**  
Francisco Javier Morales-Gonzalez  
pacomor\_333@hotmail.com

## ABSTRACT

Radiographic examinations are very useful for endodontists to diagnose and plan efficient treatment for their patients. Until recently, 2-dimensional projections, mainly periapical radiographs, were used for treatment planning of endodontic cases with obliterated canals. However, at present, the use of cone beam computed tomography (CBCT) is the most accurate tool and its use is increasingly more frequent, especially in cases of obliteration of the root canal.

Image-guided endodontics has become an alternative procedure to conventional treatment, facilitating the treatment of partially or totally obliterated root canals. While there are still no data on any clinical technique able to determine the exact location of a calcified canal, the intraoperative use of CBCT in very complicated endodontic cases can help endodontists obtain a more accurate diagnosis to perform the most adequate procedure and, thereby achieve more successful treatment outcomes.

**Citar como:** Morales-González F.  
Diagnóstico imagenológico de conductos  
obliterados: una revisión. Rev Cient Odontol  
(Lima). 2020;8(3): e038  
DOI: 10.21142/2523-2754-0803-2020-038

<sup>1</sup> Escuela de Odontología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Michoacán, México.

The preservation of the structure and long-term retention of the tooth is essential after endodontic treatment and the use of image-guided endodontics considerably reduces iatrogenic lesions with fewer complications during the localization of site of obliteration in the root canal. Thus, the objective of this review was to describe the state of the art in the imaging diagnosis of obliterated ducts.

**Keywords (MeSH):** Dental Pulp Calcification, Root Canal Obturation, Cone Beam Computed Tomography.

## INTRODUCCIÓN

La obliteración de los conductos pulpares (también conocida como “calcificación del canal pulpar” o “metamorfosis calcificada”) está caracterizada por la deposición o acumulación de tejido calcificado por todo el trayecto del conducto radicular, así como en sus paredes. En consecuencia, el espacio del canal radicular puede quedar parcial o completamente obstruido <sup>(1)</sup>. Por este motivo, los conductos radiculares obliterados representan un desafío para el endodoncista debido a que, generalmente, están asociados con el establecimiento de dentina terciaria relacionada con procesos cariosos o posteriores a la restauración dentaria. Se puede producir en órganos dentales con ápices abiertos o después de haber sufrido algún traumatismo en las estructuras de soporte del diente <sup>(1,2)</sup>. Las técnicas de endodoncia se han desarrollado con el propósito de conseguir un acceso más sencillo tanto en conductos con obliteraciones parciales como en dientes totalmente calcificados, lo cual ha permitido procesos de desinfección y preparación correcta del conducto radicular de forma libre <sup>(2)</sup>.

Los estudios imagenológicos suelen ser un apoyo importante al realizar un diagnóstico clínico, ya que permiten visualizar más efectivamente el área por tratar. Actualmente, las radiografías intraorales convencionales son el método más empleado debido a que proporcionan una alta resolución de imagen rentable; sin embargo, el diagnóstico de las radiografías periapicales se ve limitado debido a que la información que ofrecen puede ser difícil de comprender, sobre todo cuando el patrón de la anatomía y el fondo son complicados <sup>(3)</sup>.

Por este motivo, aunque la radiografía periapical es aprobada para demostrar la anatomía del conducto

radicular, la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) ofrece mayores ventajas de visión de uno o más órganos dentales, tanto en sus ángulos como en sus estructuras anatómicas y tejidos circundantes, por tratarse de un estudio radiológico tridimensional <sup>(4,5)</sup>. A partir de esto, se puede decir que, aunque las radiografías intraorales son de gran importancia para el diagnóstico y plan de tratamiento de las piezas con calcificaciones del canal radicular, la TCHC ha demostrado ser un mejor instrumento en el diagnóstico y planeación no invasivo, y de mayor certeza, por lo que puede facilitar las valoraciones anatómicas y morfológicas tridimensionales del conducto radicular y las estructuras del complejo maxilofacial <sup>(6,7)</sup>.

Actualmente, el objetivo es realizar accesos menos invasivos y más seguros al momento de enfrentarse a conductos radiculares obliterados; por ello, a estos tratamientos se han incorporado técnicas de accesos guiados o navegados para mejorar las vías de entrada. De esta manera, al utilizar conjuntamente este tipo de sistemas y la planeación con la TCHC, se busca incrementar la exactitud de los procedimientos al realizar un tratamiento de conductos en piezas con canales radiculares calcificados <sup>(8,9)</sup>. Así, al tener un acceso mínimamente invasivo y previamente planeado, se podrá conservar la estructura dental y se evitarán perforaciones, lo cual apoyaría un pronóstico más favorable a largo plazo <sup>(10)</sup>. Sin embargo, en la literatura actual no hay una revisión de la literatura que permita llevar a cabo una comparación entre las ventajas y desventajas de este método en conductos calcificados; por lo tanto, el propósito de esta investigación fue describir el estado del arte del diagnóstico imagenológico de conductos obliterados, en busca de brindar nuevos conocimientos al endodoncista para que tenga una mejor práctica clínica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha realizado una revisión de la literatura seleccionando los artículos más relevantes y actuales del tema. Estos artículos se obtuvieron de las principales fuentes de información, como la base de datos de Medline vía PubMed, SCielo y Scopus, de los últimos 10 años, y mediante las revistas científicas de ciencias de la salud más importantes en la actualidad, como *Journal of Endodontics*, *European Endodontic Journal*, *International Endodontic Journal* y *The European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology*. Se consultaron 115 artículos relacionados, de los cuales se seleccionó los 40 más actuales, relevantes y orientados al manejo clínico y radiológico de los conductos obliterados, y se excluyó el resto. Los textos completos se obtuvieron mediante búsqueda electrónica manual. Las palabras claves fueron: calcificación de la pulpa dental, obturación del canal radicular, tomografía computarizada de haz cónico. Los términos MeSH utilizados fueron “Dental Pulp Calcification”, “Root Canal Obturation” y “Tomography”.

### Conductos obliterados en endodoncia

La obliteración de los canales pulpares es la secuela de un traumatismo dental especialmente relacionado con la subluxación. La calcificación de los canales pulpares se define como la acumulación de tejido duro en el interior del conducto radicular; lo que genera un aspecto amarillento color grisáceo en la corona clínica del diente. Esta afección puede ser parcial o total<sup>(11)</sup>. Diversos agentes como traumatismos dentales, abfracciones, abrasiones, caries, desequilibrio oclusal, recubrimientos pulpares, tratamientos de ortodoncia, hábitos orales dañinos y la edad pueden causar la obliteración de los conductos pulpares<sup>(12)</sup>.

La Asociación Americana de Endodoncia refiere que este tipo de obliteración es una respuesta de la pulpa frente a algún trauma caracterizado por una acelerada deposición de tejido duro dentro del conducto radicular. Se puede decir que su proceso de formación es aún desconocido; no obstante, es posible relacionarlo con el daño que existe en el abastecimiento neurovascular de la pulpa al momento de sufrir una lesión<sup>(1, 11, 13, 14)</sup>.

La principal prevalencia de obliteraciones se da en los incisivos centrales y laterales<sup>(15)</sup>.

Histológicamente, hay que considerar que la presencia de fibras finas residuales de la pulpa es tan constante como la transferencia de material orgánico y la existencia de componentes inflamatorios<sup>(17)</sup>. Generalmente, la constitución de las calcificaciones del conducto radicular se relacionan con tres causas: la primera es que algunas células estrelladas en la pulpa dental forman una dentina irregular en la periferia de los depósitos calcificados; la segunda es el desprendimiento de odontoblastos mientras el diente se encuentra en desarrollo, lo cual genera islas de dentina; la tercera causa puede relacionarse con que cuerpos extraños, como células muertas o bacterias, sufran hipercalcemia<sup>(40)</sup>.

La incidencia de calcificación del conducto posterior a un trauma oscila entre un 4% y un 24%<sup>(14)</sup>. Por su parte, la obliteración de los conductos pulpares tiene como incidencia un 3% en dientes con raíces en formación y un 7% en dientes con raíces completamente formadas. En los casos con presencia de subluxación, la obliteración está presente en un 11% en los dientes con raíces incompletas y un 8% en dientes con formación de raíces completa<sup>(16, 17)</sup>, y en algunas ocasiones las causas suelen ser de origen idiopático<sup>(18)</sup>. Regularmente, este tipo de dientes no presentan síntomas y radiográficamente se ven normales, por lo que su condición es identificada clínicamente hasta los tres meses posteriores de haber sufrido el trauma o, incluso, hasta después de un año<sup>(13)</sup>.

Radiográficamente, la obliteración de los conductos pulpares se puede clasificar en dos formas: la primera de forma parcial, donde la cámara pulpar no es evidente y el conducto se oblitera considerablemente, y la segunda de forma total, con la cámara pulpar y conducto radicular casi imperceptibles, además de una falta de evidencia radiográfica del conducto pulpar<sup>(14, 19-21)</sup>.

Existen varios procedimientos, equipos, materiales e instrumentales que se usan para realizar la terapia endodóncica en las obliteraciones de los conductos, entre ellas las técnicas ultrasónicas, los agentes quelantes, la magnificación con uso del microscopio, las distintas aplicaciones radiológicas, los exploradores

de endodoncia, entre otros <sup>(11,21)</sup>. En la actualidad, la literatura detalla procedimientos para el manejo de la obliteración del conducto radicular, pero aún hay carencia de protocolos para realizar tratamientos seguros y eficaces de los conductos calcificados <sup>(23)</sup>. Después de los tratamientos aplicados a piezas que tienen o tuvieron calcificación del conducto radicular, lo ideal sería realizar un examen clínico y radiográfico periódico; solamente por razones cosméticas, se propondría mantener un tratamiento estético conservador. El tratamiento de conductos únicamente se llevará a cabo si existen síntomas de periodontitis apical; la endodoncia guiada y navegada se ha convertido en una solución alternativa para estos casos <sup>(24)</sup>.

### La nueva era radiológica aplicada a la obliteración del conducto pulpar

Antes de considerar cualquier estudio radiológico, se debe realizar un examen clínico detallado, en conjunto con el interrogatorio y las pruebas diagnósticas de cada paciente. El clínico, además tiene como obligación contar con imágenes clínicas del paciente y, de ser posible, con radiografías previas <sup>(5, 25)</sup>. Por ello, cualquier estudio radiológico tiene que ser justificado y sus beneficios deben ser mayores a la exposición a la radiación ionizante, sobre todo en pacientes más susceptibles a esos efectos, como los niños. En caso de solicitar algún método radiológico, se debe llevar a cabo con el principio ALARA (tan bajo como sea razonablemente posible), ya que la exposición a los rayos X no debe tomarse como examen rutinario <sup>(26)</sup>. Una de las partes más importantes entre los procedimientos de endodoncia es la planeación del tratamiento; en este caso, las radiografías periapicales son de gran ayuda para hallar estrategias de tratamiento más adecuadas.

Actualmente, la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) ha probado ser una herramienta útil en un gran número de aplicaciones dentro del campo de la endodoncia <sup>(3,27)</sup>, ya que es una forma de diagnóstico que ofrece imágenes en 3D de la región oral y maxilofacial con una mínima dosis de radiación; además, proporciona una resolución espacial suficiente para los distintos usos de diagnóstico y el plan de tratamiento en el área

de la endodoncia. La visualización y la detección de lesiones apicales y periodontales, conductos calcificados, reabsorciones radiculares, fracturas verticales radiculares, anatomía dental y de los conductos pulpares, así como de la anatomía de los tejidos circundantes del diente, son solo algunas de las ventajas que tiene la TCHC frente a las radiografías convencionales <sup>(28)</sup>.

Se ha debatido en distintas ocasiones si la TCHC debe utilizarse como un estudio de imagen preoperatorio habitual en endodoncia o no, ya que <sup>(5)</sup>, al ser una imagen en 3D, necesita de una radiación ionizante adicional en comparación con la radiografía 2D convencional. Por ello, aunque el uso de la TCHC ha ido en aumento por los endodoncistas para la resolución de problemas complicados en endodoncia <sup>(29)</sup>, el estudio radiológico de primera elección para el diagnóstico endodóncico es la radiografía periapical, por su alta resolución y su baja radiación, así como su accesibilidad y rentabilidad <sup>(3, 4, 30,31)</sup>; sin embargo, la Sociedad Europea de Endodoncia en declaración apoya el uso de imágenes TCHC para la valoración de la anatomía y casos complejos <sup>(5)</sup>.

El tratamiento en conductos severamente obliterados provoca un exceso de fallas técnicas y un pronóstico no tan favorable para el clínico ya que, generalmente, se llegan a producir perforaciones por la dificultad tanto de localizarlos como de identificar su trayectoria mediante un examen radiológico de rutina. Debido a esto, se realiza un diagnóstico tridimensional que permita la planeación endodóncica según la severidad de cada caso <sup>(29)</sup>. Recientemente, la TCHC es considerada como una herramienta no solo de diagnóstico y planeación en la especialidad de endodoncia, sino de ejecución de los conductos obliterados, debido a su capacidad de revelar morfología detallada del conducto radicular <sup>(32)</sup>.

Si se comparan las mediciones realizadas en radiografías convencionales y los cortes tomográficos obtenidos mediante la TCHC, estos últimos suelen ser más precisos y muestran errores pequeños e insignificantes desde el punto de vista clínico; sin embargo, el operador aún debe interpretar y planificar el procedimiento por seguir de una forma tradicional. Por este motivo, es necesario realizar técnicas innovadoras que utilicen las nuevas tecnologías imagenológicas, tales como el CAD-CAM

y las planeaciones digitales, como apoyo para realizar el tratamiento de los conductos radiculares calcificados.

### **Técnicas de abordaje endodóncico asistidas por TCHC en el tratamiento de piezas con obliteración de conductos**

Realizar tratamientos exitosos en piezas con conductos obliterados, comúnmente, ha representado cierta complejidad; sin embargo, la tendencia de realizar planeaciones y procedimientos más predecibles y con técnicas mínimamente invasivos ha ido en aumento en la actualidad, ya que las técnicas están basadas en la planeación radiológica. Por este motivo, la TCHC es útil desde el punto de vista diagnóstico para la planeación virtual guiada o navegada.

Debido a que localizar los conductos radiculares calcificados solía ser una maniobra complicada para el especialista, actualmente se cuenta con tecnología que permite realizar técnicas de endodoncia guiada para ubicar el conducto, conservar la mayor parte posible de la constitución morfológica dental y prevenir accidentes o iatrogenias como la perforación de la raíz del diente <sup>(33)</sup>.

En la actualidad, las cavidades endodóncicas se manipulan con otro tipo de diseños cavitarios, tanto para evitar el desgaste excesivo del diente como para mantener el órgano dental trabajado con la mayor estabilidad posible; sin embargo, aun así llegan a ocurrir fracturas radiculares. Por tal motivo, puede decirse que, entre menores sean la invasión y el desgaste sobre el diente, la instrumentación, la limpieza, la desinfección, la conformación y el llenado de los conductos serán más exitosos <sup>(34)</sup>.

En la endodoncia, para atender los canales radiculares obliterados es necesario contar con un software para la planeación de guías quirúrgicas de implantes que permitan lograr una planificación virtual con sistemas digitales. Con este soporte, el diagnóstico y la proyección se adaptarán para el tratamiento de conductos con la elaboración de una guía endodóncica. Asimismo, se requiere de una TCHC del paciente en la cual se observe el órgano dental que se va a tratar; por ello, debe ser tomada con una alta resolución y con el tamaño mínimo

de voxel que ofrezca el tomógrafo en donde se realice el estudio.

La TCHC sirve para evaluar todos los tejidos del diente como el esmalte, la dentina, la porción radicular y el canal pulpar para los casos de obliteraciones parciales; por ello, permite tanto observar el sitio y las medidas exactas donde hacer la perforación de acceso al conducto como la observación de las estructuras anatómicas circundantes del diente, como el hueso alveolar, el espacio para el ligamento periodontal y la lámina dura. Incluso, ayuda a saber si existe la presencia de algún proceso osteolítico apical <sup>(35)</sup>.

El procedimiento para atender los canales radiculares obliterados incluye los siguientes procesos. Después del diagnóstico y la evaluación tomográfica, se debe realizar un escaneo del maxilar donde se pretende hacer la guía endodóncica. Este escaneo se puede realizar al paciente directamente con un escáner intraoral o con un escáner para laboratorio, con el fin de obtener un archivo en formato STL (*Standard Triangle Language*), el cual servirá para la evaluación clínica del paciente. Este archivo será recuperado en el *software* con el archivo DICOM (*Digital Image and Communication in Medicine*), tomada de la TCHC, con el cual se creará la guía endodóncica luego se obtendrá como archivo STL y se exportará del *software* para llevarlo a una impresora 3D. Una vez impresa, debe lavarse, fotocurarse y esterilizarse para poder llevarla a la boca del paciente <sup>(36)</sup>. Durante el procedimiento de endodoncia guiada, se procederá a colocar la plantilla impresa en los dientes del paciente (previamente aislados); luego, se realizará el fresado para acceder al canal radicular para hacer con precisión la instrumentación, desinfección y obturación del conducto radicular.

Este tipo de planeaciones tridimensionales iniciaron con un enfoque implantológico y en la práctica endodóncica se pueden realizar desde 2012 <sup>(37)</sup>. A diferencia de los métodos convencionales, la endodoncia guiada brinda seguridad al clínico, ya que puede acceder al canal radicular aún en casos complicados <sup>(8)</sup>. En el campo de la endodoncia aplicada en conductos con metamorfosis calcificada, la navegación dinámica es otro método de mínima invasión.

Tanto en la endodoncia como en la odontología en general, se busca que los tratamientos sean tan conservadores como sea posible. Por este motivo, al momento de tratar piezas con obliteración de conductos radiculares, se pretende hacer cavidades de acceso de mínima invasión denominados “Ninja”, los cuales, además de conservar el tejido dental más íntegro, predicen un tratamiento del conducto calcificado más exitoso. A pesar de esto, en endodoncia los sistemas de navegación dinámica y las guías quirúrgicas se han usado como sistema para la localización y el tratamiento de los conductos obliterados, basado en una TCHC y el emparejamiento de un modelo virtual del paciente para realizar una técnica de navegación en tiempo real.

Los procedimientos virtuales para la planeación digital de los conductos obliterados se pueden clasificar en dos tipos de orientación, la corriente estática y la corriente dinámica. La primera sería representada por las guías quirúrgicas y la segunda, por la navegación, ya que esta cuenta con un sistema de cámaras con tecnología óptica que permite que el tratamiento y el procedimiento se puedan realizar simultáneamente a mano alzada, lo cual, de ser necesario, ayuda a cambiar la inclinación y la profundidad para aumentar su seguridad <sup>(38)</sup>.

Para llevar a cabo un procedimiento de navegación dinámica, se debe contar con una TCHC, con la evaluación radiológica del paciente y el diagnóstico. El estudio debe realizarse en el maxilar donde se ubica el diente por tratar y con la boca abierta para que no interfieran los dientes antagonistas a la hora de hacer el emparejamiento de las imágenes tomográficas con los modelos virtuales. Una vez que se hayan alineado los archivos DICOM y STL en el *software* de navegación (Navident), el procedimiento incluye la colocación de la cámara en la boca del paciente para que el material termoplástico se pueda adaptar a la arcada del mismo. Luego, se fija con un adhesivo y se hará una marcación para sincronizar con el sensor (dispositivo que se coloca a la pieza de mano para que detecte los movimientos que se hagan en tiempo real y los sincronice con la TCHC). Finalmente, se hará la calibración de las fresas a utilizar

para llevar a cabo el procedimiento en tipo real con base en un GPS, cámaras de video y sistemas ópticos <sup>(39)</sup>.

Aunque la experiencia profesional del endodoncista favorece el uso de los sistemas digitales, el aprendizaje de su uso y manejo requiere una permanente actualización y entrenamiento para lograr un tratamiento satisfactorio. El tiempo, la diferencia de costo entre sistemas digitales virtuales y la relación entre el clínico y los centros radiológicos deben ser temas para llevar a cabo la planeación y el enfoque del tratamiento guiado o navegado.

## CONCLUSIONES

La nueva era de la endodoncia digital para el tratamiento de los conductos obliterados se encuentra tanto en la técnica guiada como en la navegada, debido a que parecen ser métodos clínicos factibles que facilitan la localización de los conductos radiculares. Además, permiten la prevención de complicaciones en conductos calcificados, algo que no era posible con la terapia endodóncica tradicional.

El uso de la TCHC es recomendado para la perspectiva imagenológica del tratamiento antes mencionado porque ofrece una dosis de radiación muy baja y una resolución alta, que permite una planeación más certera frente a casos complicados de conductos obliterados.

**Contribución de autoría:** Francisco Javier Morales González ha participado en la concepción, la recolección de datos, la redacción y la aprobación de la versión final del artículo.

**Fuente de financiamiento:** Autofinanciado.

**Potenciales conflictos de intereses:** El autor declara que no existen conflictos de intereses de ningún tipo en relación con la publicación de este artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fonseca WL, Diniz AC, De Carvalho MV, Feitosa LC, Ribeiro AP. Guided Endodontic access of calcified anterior teeth. *JOE*. 2018;44. doi: 10.1016/j.joen.2018.04.014.
2. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Bjorndal L. Guided root canal preparation using cone beam computed tomography and optical surface scans - an observational study of pulp space obliteration and drill path depth in 50 patients. *Int Endod J*. 2019; 52 (5): 559-68. doi: 10.1111/iej.13038
3. Ee J, Fayad MI, Johnson BR. Comparison of endodontic diagnosis and treatment planning decisions using cone-beam volumetric tomography versus periapical radiography. *J Endod*. 2014; 40 (7): 910-6. doi: 10.1016/j.joen.2014.03.002
4. Patel S, Patel R, Foschi F, Mannocci F. The impact of different diagnostic imaging modalities on the evaluation of root canal anatomy and endodontic comparison of endodontic diagnosis and treatment planning decisions using cone-beam volumetric tomography versus periapical radiography. Residents' Stress Levels: A Clinical Study. *J Endod*. 2019; 45 (4): 406-13. doi: 10.1016/j.joen.2014.03.002
5. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review. *Int Endod J*. 2015; 48 (1): 3-15. doi: 10.1111/iej.12270
6. Chogle S, Zuaitar M, Sarkis R, Saadoun M, Mecham A, Zhao Y. The recommendation of cone-beam computed tomography and its effect on endodontic diagnosis and treatment planning. *J Endod*. 2019. doi: 10.1016/j.joen.2019.10.034
7. Geduk G, Denis Y, Zengin AZ, Eroglu E. Cone-beam computed tomography study of root canal morphology of permanent mandibular incisors in a Turkish sub-population. *Journal of Oral and Maxillofacial Radiology*. 2015; 3 (1). doi: 10.4103/2321-3841.151638
8. Krastl G, Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Kuhl S. Guided Endodontics: a novel treatment approach for teeth with pulp canal calcification and apical pathology. *Dent Traumatol*. 2016; 32 (3): 240-6. doi: 10.1111/edt.12235
9. Zehnder MS, Connert T, Weiger R, Krastl G, Kuhl S. Guided endodontics: accuracy of a novel method for guided access cavity preparation and root canal location. *Int Endod J*. 2016; 49 (10): 966-72. doi: 10.1111/iej.12544
10. McCabe PS, Dummer PM. Pulp canal obliteration: an endodontic diagnosis and treatment challenge. *Int Endod J*. 2012; 45 (2): 177-97. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01963.x
11. De Toubes KMS, De Oliveira PAD, Machado SN, Pelosi V, Nunes E, Silveira FF. Clinical approach to pulp canal obliteration: a case series. *Iran Endod J*. 2017; 12 (4): 527-33. doi: 10.22037/iej.v12i4.18006
12. Oginni AO, Adekoya-Sofowora CA, Kolawole KA. Evaluation of radiographs, clinical signs and symptoms associated with pulp canal obliteration: an aid to treatment decision. *Dent Traumatol*. 2009; 25 (6): 620-5. doi: 10.1111/j.1600-9657.2009.00819.x
13. Siddiqui SH, Mohamed AN. Calcific metamorphosis: a review. *Int J Health Sci (Qassim)*. 2016; 10 (3): 437-42. PMID: 27610067
14. De Cleen M. Obliteration of pulp canal space after concussion and subluxation: endodontic considerations. *Quintessence Int*. 2002; 33 (9): 661-9. PMID: 12666890
15. Connert T, Zehnder MS, Weiger R, Kuhl S, Krastl G. Microguided endodontics: accuracy of a miniaturized technique for apically extended access cavity preparation in anterior teeth. *J Endod*. 2017; 43 (5): 787-90. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.016
16. Malhotra N, Mala K. Calcific metamorphosis. Literature review and clinical strategies. *PracticeManagement*. 2017; 40: 48-57. doi: 10.12968/denu.2013.40.1.48
17. Selden HS. Radiographic pulpal calcifications: normal or abnormal--a paradox. *J Endod*. 1991; 17 (1): 34-7. doi: 10.1016/S0099-2399(07)80159-2
18. Amir FA, Gutmann JL, Witherspoon DE. Calcific metamorphosis: a challenge in endodontic diagnosis and treatment. *Quintessence Int*. 2001; 32 (6): 447-55. PMID: 11491624
19. Munley PJ, Goodell GG. Calcific metamorphosis. *Clinical Update for Naval Postgraduate Dental School*. 2005; 27.
20. Moule AJ, Moule CA. The endodontic management of traumatized permanent anterior teeth: a review. *Aust Dent J*. 2007; 52 (1 Suppl): S122-37. doi: 10.1111/j.1834-7819.2007.tb00520.x
21. Ngeow WC, Thong YL. Gaining access through a calcified pulp chamber: a clinical challenge. *Int Endod J*. 1998; 31 (5): 367-71. doi: 10.1046/j.1365-2591.1998.00176.x
22. Nanjannawar GS, Vagarali H, Nanjannawar LG, Prathasarathy B, Patil A, Bhandi S. Pulp stone--an endodontic challenge: successful retrieval of exceptionally long pulp stones measuring 14 and 9.5 mm from the palatal roots of maxillary molars. *J Contemp Dent Pract*. 2012; 13 (5): 719-22.
23. Maia LM, Moreira Junior G, Albuquerque RC, de Carvalho Machado V, da Silva N, Hauss DD, et al. Three-dimensional endodontic guide for adhesive fiber post removal: A dental technique. *J Prosthet Dent*. 2019; 121 (3): 387-90. doi: 10.5005/jp-journals-10024-1216
24. Abella F, Patel S, Duran-Sindreu F, Mercade M, Bueno R, Roig M. Evaluating the periapical status of teeth with irreversible pulpitis by using cone-beam computed tomography scanning and periapical radiographs. *J Endod*. 2012; 38 (12): 1588-91. doi: 10.1016/j.joen.2012.09.003
25. Brown J, Jacobs R, Levring Jaghagen E, Lindh C, Baksi G, Schulze D, et al. Basic training requirements for the use of dental CBCT by dentists: a position paper prepared by the European Academy of DentoMaxillofacial Radiology. *Dentomaxillofac Radiol*. 2014; 43 (1): 20130291. doi: 10.1259/dmfr.20130291
26. Estrela C, Bueno MR, De Alencar AH, Mattar R, Valladares Neto J, Azevedo BC, et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *J Endod*. 2009; 35 (11): 1491-7. doi: 10.1016/j.joen.2009.08.009
27. Michetti J, Maret D, Mallet JP, Diemer F. Validation of cone beam computed tomography as a tool to explore root canal anatomy. *J Endod*. 2010; 36 (7): 1187-90. doi: 10.1016/j.joen.2010.03.029

28. Gambarini G, Ropini P, Piasecki L, Costantini R, Carneiro E, Testarelli L, et al. A preliminary assessment of a new dedicated endodontic software for use with CBCT images to evaluate the canal complexity of mandibular molars. *Int Endod J.* 2018; 51 (3): 259-68. doi: 10.1111/iej.12845
29. Casadei BA, Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Araujo CV, de Freitas CA, Machado VC, et al. Access to original canal trajectory after deviation and perforation with guided endodontic assistance. *Aust Endod J.* 2019. doi: 10.1111/aej.12360
30. Bornstein MM, Lauber R, Sendi P, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam computed tomography in mandibular molars for analysis of anatomical landmarks before apical surgery. *J Endod.* 2011; 37 (2): 151-7. doi: 10.1016/j.joen.2010.11.014
31. Setzer FC, Hinckley N, Kohli MR, Karabucak B. A survey of cone-beam computed tomographic use among endodontic practitioners in the United States. *J Endod.* 2017; 43 (5): 699-704. doi: 10.1016/j.joen.2016.12.021
32. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Santa-Rosa CC, Machado VC. Guided endodontic access in maxillary molars using cone-beam computed tomography and computer-aided design/computer-aided manufacturing system: a case report. *J Endod.* 2018; 44 (5): 875-9.
33. Lara-Mendes STO, Barbosa CFM, Machado VC, Santa-Rosa CC. A new approach for minimally invasive access to severely calcified anterior teeth using the guided endodontics technique. *J Endod.* 2018; 44 (10): 1578-82. doi: 10.1016/j.joen.2018.07.006
34. Clark D, Khademi J. Modern molar endodontic access and directed dentin conservation. *Dent Clin North Am.* 2010; 54 (2): 249-73. doi: 10.1016/j.cden.2010.01.001
35. Van der Meer WJ, Vissink A, Ng YL, Gulabivala K. 3D Computer aided treatment planning in endodontics. *J Dent.* 2016; 45: 67-72. doi: 10.1016/j.jdent.2015.11.007
36. Kuhl S, Payer M, Zitzmann NU, Lambrecht JT, Filippi A. Technical accuracy of printed surgical templates for guided implant surgery with the coDiagnostiX software. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015; 17 Suppl 1: e177-82. doi: 10.1111/cid.12152
37. Buchgreitz J, Buchgreitz M, Mortensen D, Bjorndal L. Guided access cavity preparation using cone-beam computed tomography and optical surface scans - an ex vivo study. *Int Endod J.* 2016; 49 (8): 790-5. doi: 10.1111/iej.12516
38. Chong BS, Dhesi M, Makdissi J. Computer-aided dynamic navigation: a novel method for guided endodontics. *Quintessence Int.* 2019; 50 (3): 196-202. doi: 10.3290/j.qi.a41921
39. Serota K. Dynamic navigation—The future of minimally invasive endodontics. *Trends & applications.* 2019; 3: 6-9.
40. Floratos S, Miltiadous ME. Intraoperative use of CBCT for identification and localization of calcified canals: a clinical technique. *Case Rep Dent.* 2017; 2017: 1265701. doi: 10.1155/2017/1265701