

Variabilidad en la planificación del tratamiento endodóntico según visualización de tomografía computarizada de haz cónico.

Gustavo Rodríguez Millán

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.



Variabilidad en la planificación del tratamiento endodóntico según
visualización de tomografía computarizada de haz cónico

Departamento de Restauradora Dental y Endodoncia
Facultad de Odontología

Programa de Doctorado: Doctorado en Odontología
Universitat Internacional de Catalunya

TESIS DOCTORAL
GUSTAVO RODRÍGUEZ MILLÁN
2017

DIRECTORES:
Dr. Francesc Abella Sans
Dr. José Rufino Bueno Martínez

Dedicada a Leticia,
a mi hija Victoria
y a mis padres Enrique y Beatriz.

“Cree a aquellos que buscan la verdad,
duda de los que la han encontrado”.

André Gide (1869-1951)

AGRADECIMIENTOS

A
B
C
D
E
F
G
H
I
J
K
L
M
N
O
P
Q
R
S

AGRADECIMIENTOS

Debo agradecer en primer lugar al Dr. Francesc Abella, quien me ánimo a emprender este camino que ha dado como resultado esta tesis doctoral, por tu disponibilidad, paciencia y por enseñarme y apoyarme incondicionalmente, ya que sin tu ayuda no hubiera sido posible la realización de este trabajo. También quiero agradecer a mi otro director el Dr. Rufino Bueno, por toda la ayuda, los consejos y la confianza depositada en mi desde mis inicios en el Máster de endodoncia.

Al Dr. Miguel Roig y al Dr. Fernando Durán-Sindreu, por ser pilares fundamentales en mi formación como especialista y por sus observaciones y correcciones durante la realización de esta tesis doctoral.

A todos los profesores y alumnos del departamento de Endodoncia de la Universitat Internacional de Catalunya, por su colaboración con el desarrollo de esta investigación y sus constantes ánimos para llegar a la meta.

A Alexandra Vivas, por su disposición y tiempo dedicado, siempre lista para ayudar y modificar las graficas.

A mi familia, por tanto cariño, por siempre estar presente a pesar de la distancia, gracias Papá por el ejemplo de superación y por tus consejos, gracias Mamá por cuidarme, apoyarme y por ser ejemplo en el que intento reflejarme.

A mi hermano Enrique, por su tiempo y ayuda en la realización de la transcripción de los datos y a mi hermano Daniel por su afecto y siempre estar pendiente.

Y en especial a mi mujer, Leticia, gracias por entender lo importante de este proyecto para mi, por tu paciencia en el tiempo dedicado a esta investigación porque les he dedicado menos horas de las que se merecen Victoria y tú, gracias por todas las cosas buenas que has hecho por mí, por tu genialidad, intelecto y amor incondicional.

ÍNDICE

ÍNDICE

ÍNDICE

1. JUSTIFICACIÓN	15
2. PREFACIO	19
3. HIPÓTESIS	23
4. OBJETIVOS	27
4.1. Objetivo general	29
4.2. Objetivos específicos	29
4.2.1. Artículo I	29
4.2.2. Artículo II	29
5. INTRODUCCIÓN	31
6. ARTÍCULOS	41
6.1. Artículo I: Influence of Cone-beam Computed Tomography in Clinical Decision Making among Specialists	43
6.2. Artículo II: Influence of Cone-beam Computed Tomography on endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists	63
7. DISCUSIÓN	79
8. CONCLUSIONES	91
8.1 Conclusión general	93
8.2 Conclusiones específicas	93
8.2.1. Artículo I	93
8.2.2. Artículo II	93
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
10. ANEXOS	103
10.1. Anexo I: Aprobación del proyecto de tesis	105
10.2. Anexo II: Solicitud de cambio de director	106
10.3. Anexo III: Comunicación aceptación de artículos	107

1. JUSTIFICACIÓN

JUSTIFICACIÓN

1. JUSTIFICACIÓN

La evaluación radiográfica y las pruebas diagnósticas son de vital importancia para realizar un adecuado plan de tratamiento. En el campo de la endodoncia, tradicionalmente se han utilizado diferentes pruebas como la palpación, la percusión, las pruebas de sensibilidad pulpar y las radiografías periapicales (RP). Hasta la actualidad las RP (convencionales o digitales) han sido un complemento indispensable para realizar el tratamiento endodóntico, así como para determinar el éxito de dicho tratamiento. Sin embargo, está demostrado que las RP presentan ciertas limitaciones como superposiciones de estructuras anatómicas, la visión en dos dimensiones (2D) y la distorsión geométrica. En ocasiones, las RP no detectan aquellas lesiones periapicales que se encuentran en hueso esponjoso. Las imágenes obtenidas mediante RP ofrecen solamente datos de la dimensión mesio-distal, lo que dificulta la detección de cierta información como: la anatomía radicular, la presencia de alteraciones alrededor de las raíces, la pérdida ósea, los diferentes tipos de reabsorciones radiculares, las fracturas radiculares y otros aspectos importantes en la planificación de una cirugía apical.

La tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), en inglés llamada *cone-beam computed tomography* (CBCT), es una herramienta que puede superar estas limitaciones. Mediante la TCHC se eliminan las superposiciones de estructuras anatómicas, se pueden detectar lesiones periapicales y se puede realizar un diagnóstico diferencial con una técnica no invasiva y altamente eficaz. En la literatura existen diversos estudios que han comparado la prevalencia de lesiones periapicales entre RP y exploraciones realizadas mediante TCHC. Tanto estudios realizados *in vitro* como *in vivo* han confirmado que con la TCHC se detectan más lesiones periapicales que con las RP.

Esta tesis doctoral se configura mediante un compendio de dos artículos de primer cuartil (publicados en el *Journal of Endodontics*) y se ha basado en observar si la visualización previa de una TCHC puede hacer variar la opción de tratamiento por parte del clínico. Otros estudios han visto que

existen diferencias en la toma de decisiones entre grupos de especialistas. Sin embargo, ninguna investigación ha usado la TCHC como herramienta diagnóstica.

En nuestra investigación se seleccionaron diversos grupos: endodoncistas, periodoncistas, prostodoncistas, cirujanos orales y odontólogos generales. En el primer artículo comparamos la variabilidad en la toma de decisión de los especialistas ante diferentes situaciones clínicas teniendo en cuenta si la TCHC afectaba a la misma. Por otro lado, en el segundo artículo nos centramos solamente en casos de fracaso endodóntico previo con el objetivo de observar cambios en el plan de tratamiento en endodoncistas y odontólogos generales. Además, a diferencia de otros estudios, nosotros también hemos considerado la dificultad en la toma de decisión como otro factor a tener en cuenta.

Por tanto, lo que se pretendió fue valorar el papel de la TCHC como herramienta diagnóstica y su influencia en la planificación del tratamiento.

2. PREFACIO

2. PREFACIO

Esta tesis doctoral se basa en la aceptación y publicación de los siguientes artículos, que serán citados en el texto por sus números Romanos (I,II):

- I. Rodriguez G, Abella F, Duran-Sindreu F, Patel S, Roig M. Influence of cone-beam computed tomography in clinical decision making among specialists. *J Endod.* 2017;43(2):194-9.
- II. Rodriguez G, Patel S, Duran-Sindreu F, Roig M, Abella F. Influence of cone-beam computed tomography on endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists. *J Endod.* *In press.*

El artículo I fue publicado en el año 2017 en la revista *Journal of Endodontics*. Se trata de una revista indexada que se sitúa en el **ISI Journal Citation Reports® Ranking, del año 2015 en Odontología, Cirugía Oral y Medicina en el puesto 10/89. Posee un factor de impacto de 2.904.**

El artículo II será publicado también en el año 2017 en la revista *Journal of Endodontics*. Se trata de una revista indexada que se sitúa en el **ISI Journal Citation Reports® Ranking, del año 2015 en Odontología, Cirugía Oral y Medicina en el puesto 10/89. Posee un factor de impacto de 2.904.**

3.HIPÓTESIS

HIPÓTESIS

3. HIPÓTESIS

Hipótesis Nula (H_0):

1. En casos endodónticos de diferentes grados de dificultad, la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) no influye en la opción de tratamiento en endodoncistas, periodoncistas, prostodoncistas y cirujanos orales.
2. Ante un fracaso endodóntico previo, la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) no influye en la opción de tratamiento en endodoncistas y odontólogos generales.
3. La tomografía computarizada de haz cónico (THCH) no influye en la dificultad a la hora de elegir una opción de tratamiento.

Hipótesis Alternativa (H_1):

1. En casos endodónticos de diferentes grados de dificultad, la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) influye en la opción de tratamiento en endodoncistas, periodoncistas, prostodoncistas y cirujanos orales.
2. Ante un fracaso endodóntico previo, la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) influye en la opción de tratamiento en endodoncistas y odontólogos generales.
3. La tomografía computarizada de haz cónico (THCH) influye en la dificultad a la hora de elegir una opción de tratamiento.

4. OBJETIVOS

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Evaluar la influencia de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) en la planificación del tratamiento endodóntico, en comparación con las radiografías periapicales (RP).

4.2. Objetivos específicos

4.2.1 Artículo I

Objetivo General: Determinar la influencia de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) en el plan de tratamiento de diferentes especialistas (endodoncistas, periodoncistas, prostodoncistas y cirujanos orales) cuando se presentan casos con diferentes grados de dificultad endodóntica.

Objetivos específico: Evaluar la dificultad en elegir una opción de tratamiento, en casos con diferentes grados de dificultad endodóntica, antes y después de visualizar la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC).

4.2.2 Artículo II

Objetivo General: Determinar la influencia de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) en el plan de tratamiento de endodoncistas y odontólogos generales cuando se presentan casos de fracaso endodóntico previo.

Objetivos específico: Evaluar la dificultad en elegir una opción de tratamiento, en casos de fracaso endodóntico previo, antes y después de visualizar la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC).

5. INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

5. Introducción

En los últimos años la odontología ha sufrido muchos avances, y éstos se basan, en parte, al gran número de investigaciones y publicaciones con alta evidencia científica. Sin embargo, esto aún no es suficiente ya que existen importantes diferencias de criterio entre odontólogos acerca del tratamiento idóneo en cada situación. Por tanto, parece esencial incorporar un enfoque interdisciplinario que integre los conocimientos, las habilidades y la experiencia de los clínicos que representan las diferentes especialidades de la odontología en un tratamiento integral.

La toma de decisión es uno de los aspectos más desafiantes y complicados en el ámbito odontológico. La selección de una adecuada opción de tratamiento es a menudo compleja y puede basarse más en valores y experiencias personales que en un análisis objetivo de los beneficios, los riesgos, el coste, el pronóstico y las alternativas del tratamiento (1-5).

Para alcanzar la opción de tratamiento más idónea se debe realizar un proceso cognitivo que implica la consideración de la mejor evidencia científica disponible. Se debe tener en cuenta diferentes parámetros relacionados con el odontólogo, el paciente y las condiciones específicas de cada diente (6). No obstante, el problema radica que en muchas ocasiones las decisiones de tratamiento se toman bajo condiciones de cierta incertidumbre y pueden variar ampliamente entre los odontólogos generales y los diferentes especialistas (6-8).

La evidencia científica resulta esencial en el proceso de determinación entre conservar o realizar la extracción del diente (9). El principal objetivo del tratamiento endodóntico, del retratamiento ortógrado y de la microcirugía apical es mantener los dientes en boca sin sintomatología, dependiendo siempre en última instancia de la restaurabilidad del diente. Por otro lado, los implantes dentales son un reemplazo, en teoría ideal, para los dientes que faltan o no se pueden salvar. La tasa de supervivencia de los dientes endodónticamente tratados y los implantes unitarios es muy similar (10-14). En una revisión

sistemática de la literatura, Iqbal y Kim concluyeron que no existían diferencias en relación a la supervivencia entre tratamientos endodónticos e implantes unitarios (15). Por consiguiente, la decisión de realizar un tratamiento endodóntico o realizar una extracción y colocar un implante debería basarse en factores distintos al éxito (15).

Varios estudios han demostrado que las tasas de éxito del tratamiento endodóntico primario se aproximan al 90% (16-18). A pesar de estos elevados resultados, la eliminación completa de bacterias de los sistemas radiculares no siempre es posible debido a la complejidad anatómica de los sistemas radiculares, a las comunidades microbianas patógenas, a las limitaciones inherentes a los métodos de instrumentación e irrigación, y a la filtración de las restauraciones permanentes (19, 20). Es inevitable, por tanto, que algunos tratamientos endodónticos iniciales fracasen.

En endodoncia, la elección de un tratamiento depende en gran medida de la interpretación radiográfica (21). En la actualidad, las radiografías periapicales (RP) se utilizan rutinariamente durante el tratamiento endodóntico, así como posteriormente para evaluar el resultado del tratamiento (21, 22). Sin embargo, la imagen de la RP proporciona una vista bidimensional (2D) de una estructura tridimensional (3D) (23-25). La tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), también conocida como tomografía volumétrica digital (TVD) o en inglés llamada cone-beam computed tomography (CBCT), es un sistema de imágenes extrabucales que fue desarrollado a finales de los años noventa del siglo pasado para producir imágenes 3D de los tejidos duros del esqueleto maxilofacial. Esta tecnología es capaz de proporcionar una resolución submilimétrica con alta calidad diagnóstica, tiempos de exploración cortos y con dosis de radiación considerablemente menores (15 veces más baja) que la tomografía computarizada convencional (TC)(21, 26).

La TCHC ha supuesto una revolución en el campo de radiología oral. Por primera vez, el clínico es capaz de usar un sistema de imágenes de fácil visualización para el paciente, que además permite observar áreas de interés en cualquier plano, en lugar de limitarse a los puntos de vista restringidos con

la radiografía convencional. Desde hace aproximadamente una década esta tecnología se ha incorporado con éxito en el proceso de diagnóstico de los centros dentales(21, 26-31).

El aumento de la disponibilidad de esta tecnología facilita al clínico una modalidad de imagen capaz de proporcionar una representación 3D del esqueleto maxilofacial con una mínima distorsión geométrica(26). La TCHC permite la visualización de un diente individual o la dentición en relación con los tejidos circundantes (29, 30). A diferencia de los métodos radiográficos tradicionales, la TCHC permite la observación de un diente o dientes individuales en cualquier vista, en lugar de una vistas predeterminadas (32). La diferencia fundamental con la TC es que en la TCHC el volumen de datos tridimensionales son adquiridos en el curso de un solo barrido del escáner. Esto se obtiene usando una relación simple y directa entre el sensor y la fuente que giran de forma sincronizada alrededor de la cabeza del paciente. Dependiendo del tomógrafo utilizado, la fuente de rayos X y el detector pueden rotar entre 180° y 360° alrededor de la cabeza del paciente. El haz de rayos X tiene forma de cono (de ahí el nombre de la técnica), y captura un volumen de datos cilíndrico o esférico, que se describe como el campo de visión, campo visual o área de adquisición del volumen. El tamaño de vóxel varía regularmente entre 80-400 μm (21, 27, 29).

Una de las principales ventajas de la TCHC sobre la TC es la reducción sustancial de la exposición a la radiación. Esta reducción se debe a que la TCHC es un examen rápido con un tiempo promedio que varía entre 10 y 40 segundos. Los rayos X emitidos por la TCHC son intermitentes, por tanto, el tiempo de exposición real es solamente una fracción de éste (2-5 segundos). Esto resulta en un máximo de 580 "mini-exposiciones individuales" o "imágenes de proyección" durante el curso de la exploración. En contra, la TC presenta una exposición continua con un tiempo promedio superior (21, 27, 29). Además, según la idiosincrasia de cada tomógrafo y los parámetros de exposición seleccionados, la dosis de radiación puede ser aún más baja.

El conjunto de datos volumétricos están representados por una unidad de volumen que consiste en una pequeña estructura cuboidal o bloque 3D conocido como vóxel. Cada uno representa un grado específico de absorción de rayos X. Se caracterizan por ser isotrópicos, es decir que todos los lados y profundidad son iguales; el tamaño de los vóxels determina la resolución de la imagen (21).

Los datos recogidos son procesados por un software en un formato que se asemeja a la producida por los escáneres de TC. Cada mini-exposición o imagen de proyección genera una matriz de píxeles que consiste en 262.144 (512 x 512) píxeles. El conjunto de datos resultante de la TCHC consta de hasta 580 matrices individuales, que luego son reconstruidas utilizando computadores personales avanzados en los conjuntos de datos 3D, que consta de 100 millones de vóxels (512^3) o más. La reconstrucción se logra en minutos. Para mejora la resolución, el número de píxeles por matriz (proyección de imagen) se puede aumentar desde 512^2 a 1024^2 . El volumen tridimensional reconstruido resultante, consistirá en 1024^3 vóxels, siendo cada vóxel la mitad de su tamaño original. Sin embargo, esta mejora en la resolución se produce a expensas de un aumento de dos a tres veces en la exposición a la radiación (29).

Los cortes tomográficos delgados como el espesor de un vóxel (80-400 μm), se pueden mostrar de formas diferentes, generalmente, las imágenes se muestran en los tres planos ortogonales: axial, coronal y sagital al mismo tiempo. La selección y el movimiento del cursor sobre una imagen en un solo plano, altera de forma simultánea los cortes reconstruidos en los otros planos, permitiendo así que el área de interés pueda ser dinámicamente explorada en "tiempo real". Las vistas de los planos coronal y axial del diente se producen fácilmente, lo que permite al clínico obtener una visión verdaderamente tridimensional del diente y su anatomía circundante (26). En los últimos años, son cada vez más los profesionales que utilizan este dispositivo para establecer diagnósticos y planificar un adecuado plan de tratamiento (33).

Existen numerosos fabricantes de estos equipos y se disponen de varios modelos. En general, los equipos de TCHC pueden categorizarse como grandes, medianos o pequeños, basados en las unidades de volumen según el tamaño de su campo de visión (27).

El tamaño del campo de visión se describe como el volumen de barrido de los equipos o tomógrafos, siendo dependiente del tamaño y forma del detector, la geometría de proyección del haz y la capacidad para colimarlos. La colimación del haz limita la exposición a los rayos X solo de la región de interés, asegurando un óptimo campo de visión que se puede seleccionar basado en la zona a estudiar. Generalmente, los volúmenes de barrido más pequeños producen imágenes de mayor resolución. En endodoncia es necesaria e indispensable una resolución óptima para la detección de alteraciones en el espacio del ligamento periodontal (LPD). Debemos tener en cuenta que el LPD mide aproximadamente $200\mu\text{m}$ lo que es fundamental para un adecuado diagnóstico (27).

La dosis de radiación varía dependiendo del tomógrafo. Los equipos de TCHC de campo limitado o reducido están diseñados específicamente para capturar información de una pequeña región del maxilar o de la mandíbula. De esta forma, se administra una menor dosis de radiación y se reduce hasta ser casi tan baja como una radiografía panorámica y considerablemente menor que una TC. Por tanto, la TCHC de campo limitado es un excelente instrumento para obtener imágenes para el tratamiento de conductos (29).

En general, las unidades de TCHC son fáciles de usar y ocupan aproximadamente el mismo espacio que un equipo panorámico, de forma que las hace adecuadas para la práctica odontológica (26). Por tanto, parece lógico pensar que el uso de la TCHC puede mejorar el diagnóstico y la planificación del tratamiento.

La mayoría de estudios han demostrado que existen diferencias en la toma de decisiones entre grupos de especialistas y generalistas cuando se usan las RP como herramienta diagnóstica (34, 35). Bigras y cols.(6) enviaron

por correo RP de 5 casos con patologías de origen endodóntico a diferentes grupos de odontólogos (generalistas, prostodoncistas, endodoncistas, periodoncistas y cirujanos orales). Todos los casos presentaban sintomatología, por lo que obligaba a los odontólogos a escoger una opción de tratamiento. Cada participante respondía 2 preguntas relacionadas con cada caso. La primera era seleccionar la mejor opción de tratamiento y la segunda evaluar el nivel de dificultad a la hora de elegir una opción mediante una escala de 1 a 5. Los resultados obtenidos mostraron una alta variabilidad en la toma de decisiones clínicas entre especialistas. En esta misma línea podemos situar los estudios realizados por Foster y cols.(36), Dechouniotis y cols.(37), y Azarpazhooh y cols.(2). En todos ellos se obtuvieron diferencias en la elección del tratamiento entre los diferentes examinadores después de evaluar las RP.

En el año 2014 una investigación realizada por el grupo de Ee y cols. utilizaron, por primera vez, la TCHC como referencia diagnóstica para determinar la influencia de ésta en el proceso de toma de decisión y plan de tratamiento endodóntico. Los autores seleccionaron aleatoriamente 30 casos endodónticos y éstos fueron mostrados a 3 endodoncistas certificados por la Asociación Americana de Endodoncia. En la primera sesión les mostraron los casos solamente con la historia clínica de cada caso y las RP. Al cabo de 2 semanas, les presentaron los mismos casos de forma aleatoria con el añadido de las imágenes de la TCHC. Se concluyó que la TCHC preoperatoria proporciona más información diagnóstica que una RP preoperatoria y que ésta puede influir directamente en el plan de tratamiento del clínico. Las modificaciones en el plan de tratamiento alcanzaron el 62% de todos los casos (38). Resultados similares fueron obtenidos también por Mota de Almeida y cols.(39) que evidenciaron el peso tan importante de la TCHC en el diagnóstico endodóntico.

Por consiguiente, es de suma importancia que en un entorno interdisciplinar exista una planificación del tratamiento endodóntico usando la TCHC como elemento diagnóstico entre los diferentes especialistas. Sin embargo, hasta la fecha no se ha tenido en cuenta la dificultad del caso endodóntico; es decir, si el plan de tratamiento se ve alterado según el caso

sea de dificultad baja, moderada o alta. La TCHC es un dispositivo relativamente nuevo, por lo que también resulta interesante observar la dificultad de elegir una opción de tratamiento u otra cuando se usa esta tecnología.

Ante los diferentes vacíos existentes en la literatura, nos planteamos como objetivo evaluar si la visualización de la TCHC influye en la planificación del tratamiento en comparación con las RP. Se presentarán casos de endodoncia con diferentes grados de complejidad a diferentes especialistas (endodoncistas, periodoncistas, prostodoncistas y cirujanos orales). Al mismo tiempo, nos planteamos dar importancia a la valoración del fracaso endodóntico. Por eso, también consideramos interesante observar la influencia de la TCHC sólo en casos de fracaso endodóntico previo. Es decir, ver si esta herramienta diagnóstica varía el plan de tratamiento de endodoncistas y odontólogos generales ante un fracaso endodóntico. Finalmente, nos proponemos evaluar el nivel de dificultad a la hora de elegir una opción de tratamiento antes y después de visualizar una TCHC preoperatoria.

6. ARTÍCULOS

6.1 Artículo I: Influence of Cone-beam Computed Tomography in Clinical Decision Making among Specialists.

Artículo publicado en el Journal of Endodontics (J Endod. 2017;43(2):194-9). Impact factor: 2,904 según JCR Science Edition. 1er cuartil de Impact factor listing for Journals on Dentistry, Oral surgery and Medicine. ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2015: 10/89 (Dentistry Oral Surgery & Medicine)

Influence of cone-beam computed tomography in clinical decision-making among specialists.

Rodríguez G, Abella F, Durán-Sindreu F, Patel S, Roig M

Department of Restorative Dentistry and Endodontics, Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona, Spain.

Department of Conservative Dentistry, King's College London Dental Institute, London, United Kingdom.

Abstract

Introduction: Clinical information and diagnostic imaging are essential components of preoperative diagnosis. The aim of this study was to determine the influence of cone-beam computed tomography (CBCT) on clinical decision-making choices among different specialists (prosthodontists, endodontists, oral surgeons, and periodontists) in endodontic treatment planning. A secondary objective was to assess the self-reported level of difficulty in making a treatment choice before and after viewing a preoperative CBCT scan. **Methods:** In accordance with the endodontic case difficulty guidelines of the American Association of Endodontists (AAE), 30 endodontic cases with varying degrees of complexity were selected. Each case included clinical photographs, digital periapical (PA) radiographs and a small volume CBCT scan. In the first evaluation, examiners were given all the information of each case, except the CBCT scan. Examiners were asked to select one of the proposed treatment alternatives, and assess the difficulty of making a decision. One month later, the examiners reviewed randomly the same 30 cases with the additional information from the CBCT data. **Results:** CBCT only had a significant influence on the treatment plan when the endodontic case was classified as high difficulty ($P < .05$). The level of difficulty in choosing a treatment choice was significantly more difficult after viewing a preoperative CBCT scan ($P < .05$), with the exception of the endodontists ($P = .033$). After viewing the CBCT

scan, the extraction option increased significantly ($P < .05$). **Conclusions:** CBCT has a substantial impact on endodontic decision-making among specialists, particularly in the high difficulty cases.

Keywords:

Cone beam computed tomography; decision-making; dental specialist; treatment planning.

Introduction

Decision-making is one of the most challenging aspects of healthcare delivery. The formulation of a decision to select a specific treatment option is often complex, and it may be based more on personal values and experience than on an objective analysis of treatment benefits, risks, cost, prognosis and alternatives (1-5).

The determination process between tooth retention and extraction should follow an evidence-based approach (6). The aim of primary, secondary and apical microsurgery endodontic treatment is to retain teeth, however, this ultimately depends on the overall restorability of the tooth. Dental implants are an ideal replacement for missing or unrestorable teeth. The survival rate of endodontically treated teeth and single-tooth implants is very similar (7-11). Iqbal & Kim (12) concluded in their systematic review that there was no difference in the survival outcome between and either of these treatment modalities. Therefore, the decision to carry out endodontic or implant treatment should be based on factors other than treatment outcome (12).

Endodontic decision-making relies heavily on radiographic interpretation, however, it is well-established that there is wide interexaminer variation in attitude to treatment of endodontic pathoses (13). At present, periapical (PA) radiographs are routinely used during endodontic treatment as well as afterward to assess the treatment outcome (14, 15). However, PA imaging provides a 2-dimensional (2D) view of a 3-dimensional (3D) structure (16-18). Cone beam computed tomography (CBCT) imaging is a relatively new method that creates 3D images of the area of interest allowing the visualization of an individual tooth

or the dentition in relation to the surrounding skeletal tissues (19, 20). Unlike traditional radiographic methods, CBCT allows the observation of an individual tooth or teeth in any view, rather than in predetermined 'default' views (21). Thus, CBCT can be used to improve diagnosis, treatment planning, as well as to objectively assess the outcome of endodontic treatment.

Ee *et al.* (22) concluded that a treatment plan might be directly influenced by information gained from a CBCT scan. In their study, the examiners (3 board-certified endodontists) changed their treatment plan after viewing the CBCT scan in 62% of the cases. However, the value of CBCT scanning in treatment planning has not been investigated among other dental specialists; nor has the endodontic case difficulty assessment and its subsequent difficulty in making decisions been taken into account.

The aim of the present study was to determine the influence of CBCT on clinical decision-making choices of different specialists (prosthodontists, endodontists, oral surgeons, and periodontists) when presented with patient scenarios with varying degrees of endodontic complexity. A second objective was to assess the self-reported level of difficulty in making a treatment choice in each different patient scenario before and after viewing a preoperative CBCT scan.

Material and methods

Study Participants

In order to obtain the most representative population, we selected different male and female dental specialists who varied in age and clinical experience. These examiners comprised 40 endodontists, 32 periodontists, 40 prosthodontists and 28 oral surgeons, who had studied a 2-year postgraduate program (as a minimum requirement), and had a private practice limited to their specialty.

Case selection

Thirty cases were carefully selected from the archives of the Department of Operative Dentistry and Endodontics (Universitat Internacional de Catalunya,

Barcelona, Spain). These cases represented a wide range of non-endodontically and endodontically treated teeth, such as PA radiolucency, underfilling, overfilling, fractured instrument, post, need for coronal restoration, etc. In accordance with the endodontic case difficulty assessment form of the American Association of Endodontists (AAE) (23), the authors (F.A & G.R.) who were experienced Endodontists selected 10 cases of minimum difficulty (Fig. 1), 10 of moderate difficulty (Fig. 2), and 10 of high difficulty (Fig. 3).

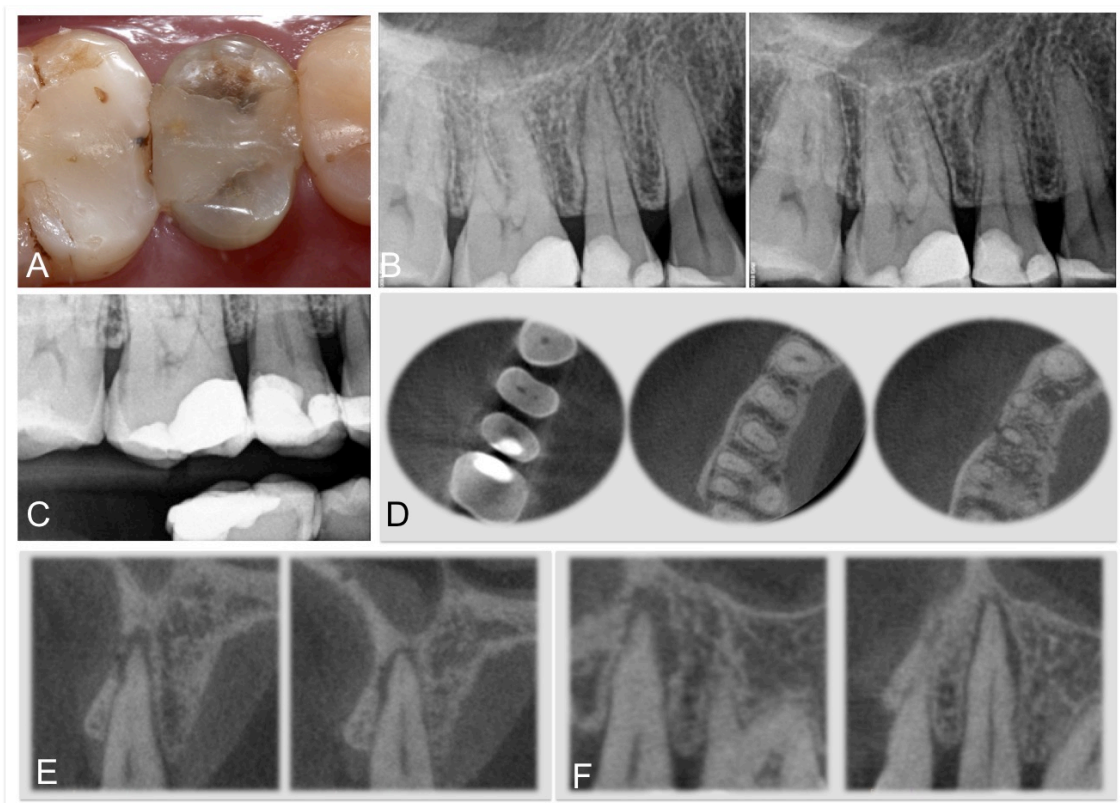


Figure 1. (A) A clinical image of the right maxillary second premolar (tooth #4). (B) Preoperative PA radiographs of tooth #4 with different horizontal angulations showing a small apical lesion. (C) Bite-wing radiograph provided more precise and less distorted information about the condition of the pulp chamber and the distance to the alveolar bone crest. Note that the apical lesion can be clearly identified on the (D) axial, (E) coronal, and (F) sagittal slices obtained from cone-beam computed tomography (CBCT) images (ProMax 3Ds [Planmeca OY, Helsinki, Finland]).

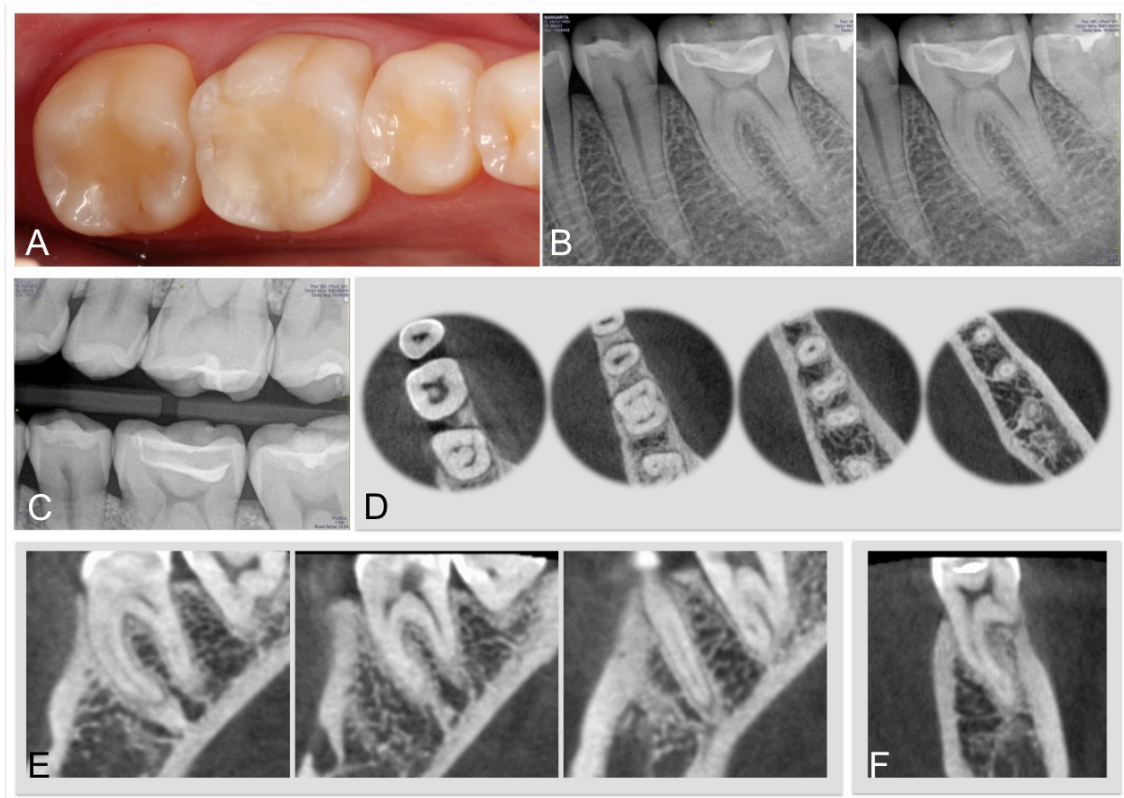


Figure 2. (A) Tooth # 19 with coronal restoration. (B) PA radiographs showed condensing osteitis at the periapical area of the mesial root of the left mandibular first molar. (C) Bite-wing radiograph. The (D) axial, (E) sagittal, and (F) coronal images obtained with CBCT showed an apical lesion associated with the distal root that was not obvious on the periapical radiographs.

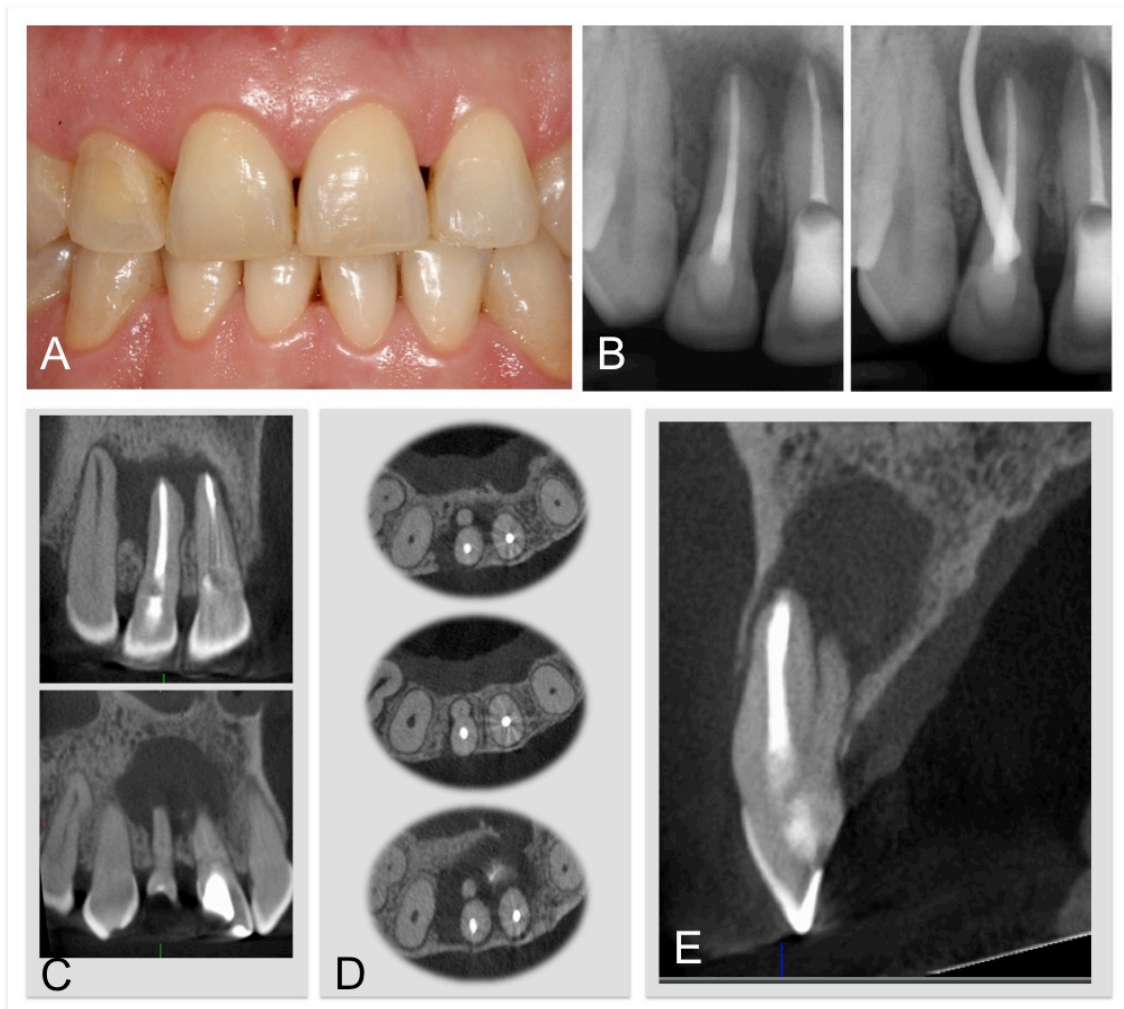


Figure 3. (A) An initial clinical picture of tooth #7. (B) PA radiographs of tooth #7 with different angulations. Top right: a gutta-percha cone was placed to trace the sinus tract. (C) A coronal view showing the extent of the apical lesion. The axial (D) and sagittal (E) views revealed the presence of an additional root (lingual).

Each case included at least 2 clinical photographs, 2 parallax digital PA, and a bitewing (in the case of posterior teeth) radiographs taken with Carestream RVG 6100 (Carestream Health, Rochester, NY, USA), and a small volume CBCT scan taken with Planmeca 3Ds (Planmeca Oy, Helsinki, Finland). CBCT operating parameters were set at 8.0 mA and 84 kV, and scanning time was 12seconds. The smallest possible field of view (FOV) was used (5 x 8 cm). Each case was shown on a Keynote presentation (Apple, Cupertino, CA, USA) slide. The cases were accompanied by their respective clinical histories including age, gender, presenting complaints, clinical symptoms and restorative, and/or periodontal treatment if planned. All of this data was intended to simulate the patient's first visit to a dentist. All personal identifiers

were removed, and tooth number to be examined was labeled in each radiograph and CBCT scan.

Procedure

The examiners from each specialty were gathered in the same room and, in order to standardize the terminology used, briefed on the treatment alternatives proposed. Individual data relating to each specialist participant were recorded. The first evaluation presented all the information of each case, except for the CBCT scan. The 30 cases were presented randomly and successively over 1 h and examiners' decisions were recorded.

For each case, the examiners were requested to:

(i) Choose one of the following seven proposed treatment alternatives:

- No treatment necessary;
- 2) wait 6 to 12 months and re-examine (watchful waiting);
- 3) endodontic treatment;
- 4) nonsurgical retreatment;
- 5) apical surgery;
- 6) nonsurgical retreatment and apical surgery;
- 7) extraction (1 to 6= save tooth; 7= extract tooth).

(ii) Assess the difficulty of making a decision by using a rating scale from 1 to 5 (1 and 2 = easy decision; 3 = moderate decision; 4 and 5 = difficult decision).

One month after the first evaluation, the examiners reviewed the same 30 cases with the additional information of the CBCT scans. The cases were organized and presented randomly. Each examiner was allowed to adjust and scroll through the volumes freely without any time limit. The examiners completed the treatment plan and the difficulty of making a decision for the 30 CBCT scans, as they previously did with the PA radiographs.

Data analysis and comparison of treatment plans

The treatment plan recommendations from both imaging modalities were compared to determine whether there was any significant difference. The

examiners' treatment plans from the PA radiographs were compared with the treatment plans after viewing the CBCT scans. Statistical analysis was performed using Microsoft Excel (Microsoft Corp, Redmond, WA) 2008 software and SPSS software (IBM, Armonk, NY).

A chi-square test was performed to determine whether there was a significant change in treatment between planning with PA radiographs and with the additional information from the CBCT scans.

Results

The results are summarized in Table 1. There was a significant change in the clinical decision-making choices between the PA radiographs and the additional information of CBCT scans for all the examiners ($P < .05$). A significant difference in treatment plan between the 2 imaging modalities was also recorded for each group of specialists ($P < .05$) (Table 2).

		BEFORE CBCT							
AFTER CBCT	TREATMENT ALTERNATIVE	1	2	3	4	5	6	7	TOTAL BEFORE
	1	10	6	22	6	2	2	8	56
	2	4	26	62	36	44	6	24	202
	3	8	60	2388	12	34	2	234	2738
	4	0	4	32	156	42	78	84	396
	5	0	4	14	30	166	44	16	274
	6	0	2	14	22	16	52	26	132
	7	0	6	132	8	2	14	240	402
TOTAL AFTER	22	108	2664	270	306	198	632	4200	

Table 1. Clinical decision-making choices before and after CBCT examination.

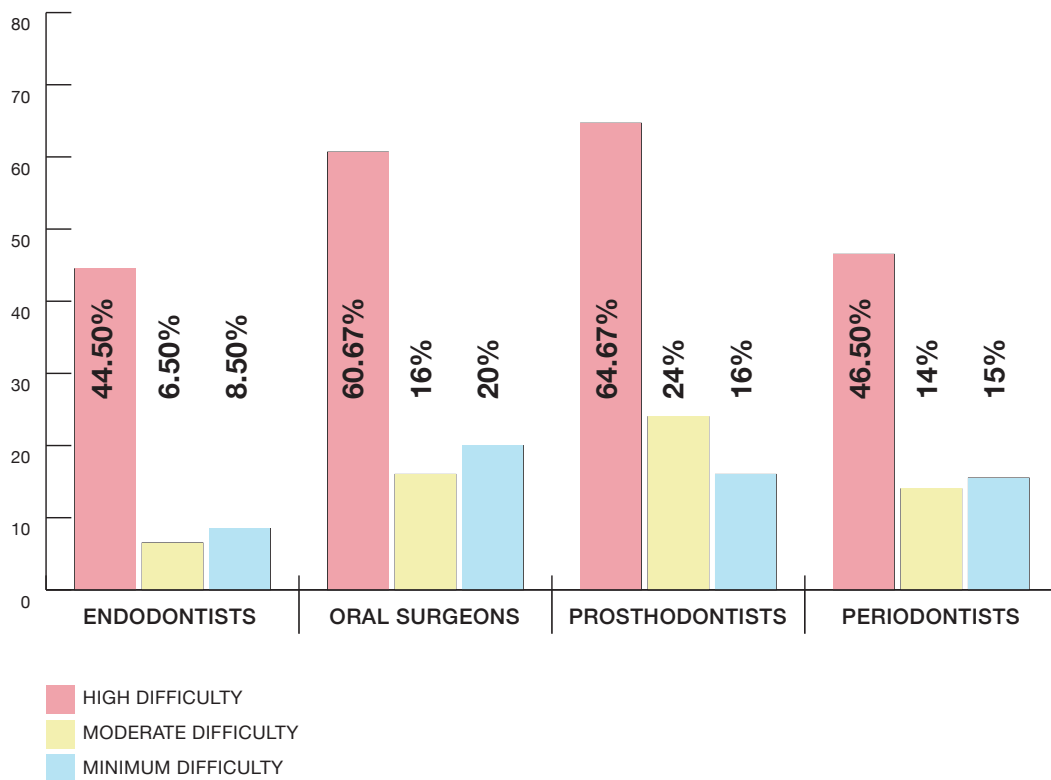


Table 2. Changes in the treatment plan before and after CBCT examination according to the different patient scenarios.

According to the patient scenarios with varying degrees of endodontic complexity, Table 2 shows only a statistical difference in treatment plan between PA radiographs and CBCT in the high difficulty cases ($P < .05$). CBCT only had a significant influence on the treatment plan of each specialist group when the endodontic case was classified as high difficulty ($P < .05$).

Chi-square test revealed that the level of difficulty in making a treatment choice was statistically significantly more difficult after viewing a preoperative CBCT scan ($P < .05$). This difference was shown in all groups of specialists with the exception of endodontists, who did not alter their self-reported level of difficulty when choosing a treatment ($P = .033$) (Table 3).

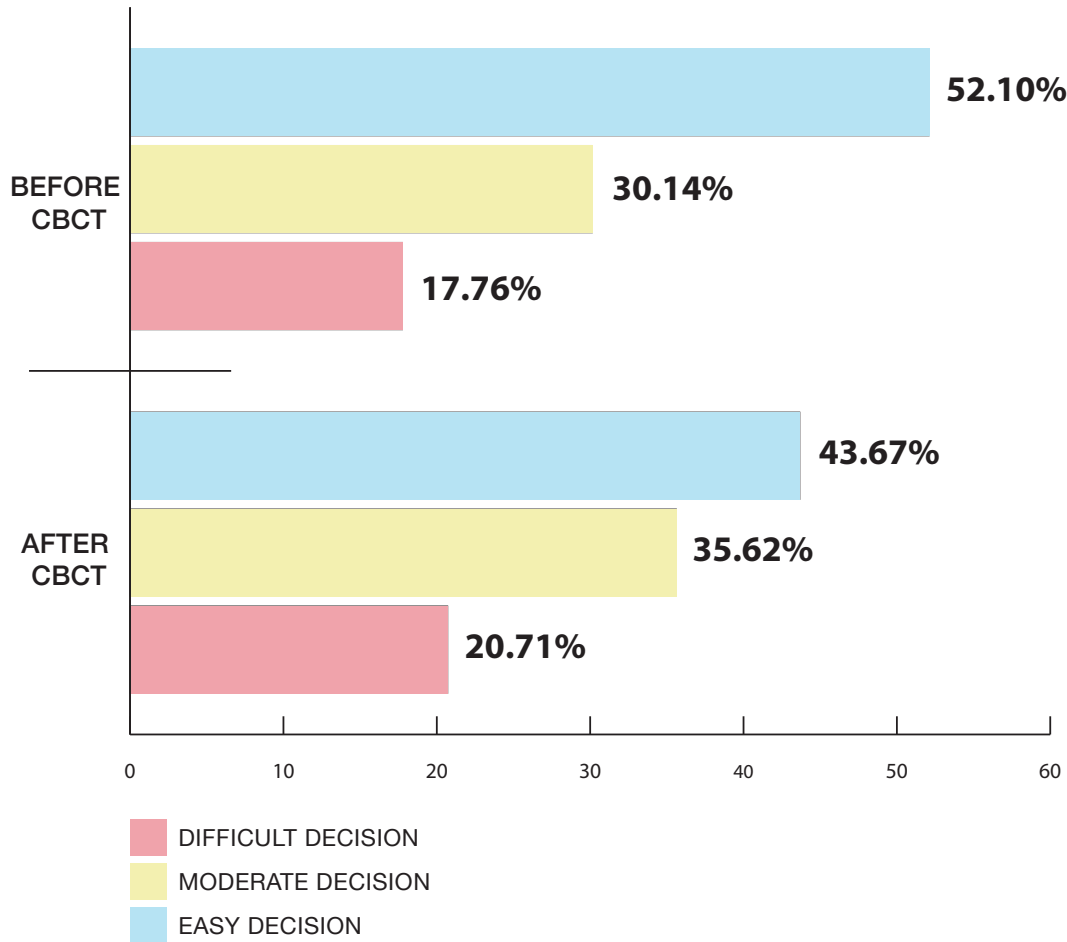


Table 3. Self-reported level of difficulty in making a treatment choice before and after viewing the preoperative CBCT scans.

In the first evaluation, the examiners selected the extraction option in 9.57% of the cases. After viewing the CBCT scan, the extraction option rose to 15.05%. This increase was statistically significant in all groups of specialists ($P < .05$). However, after the evaluation of a preoperative CBCT, no statistically significant correlation was observed between the difficulty of the case and the number of extractions ($P = .0633$) (Table 4). The prosthodontists, who extracted significantly more teeth when the difficulty of the case was high, were the only exception ($P < .05$).

The decision to extract was significantly more difficult for all groups after viewing a preoperative CBCT scan ($P < .05$) (Table 5).

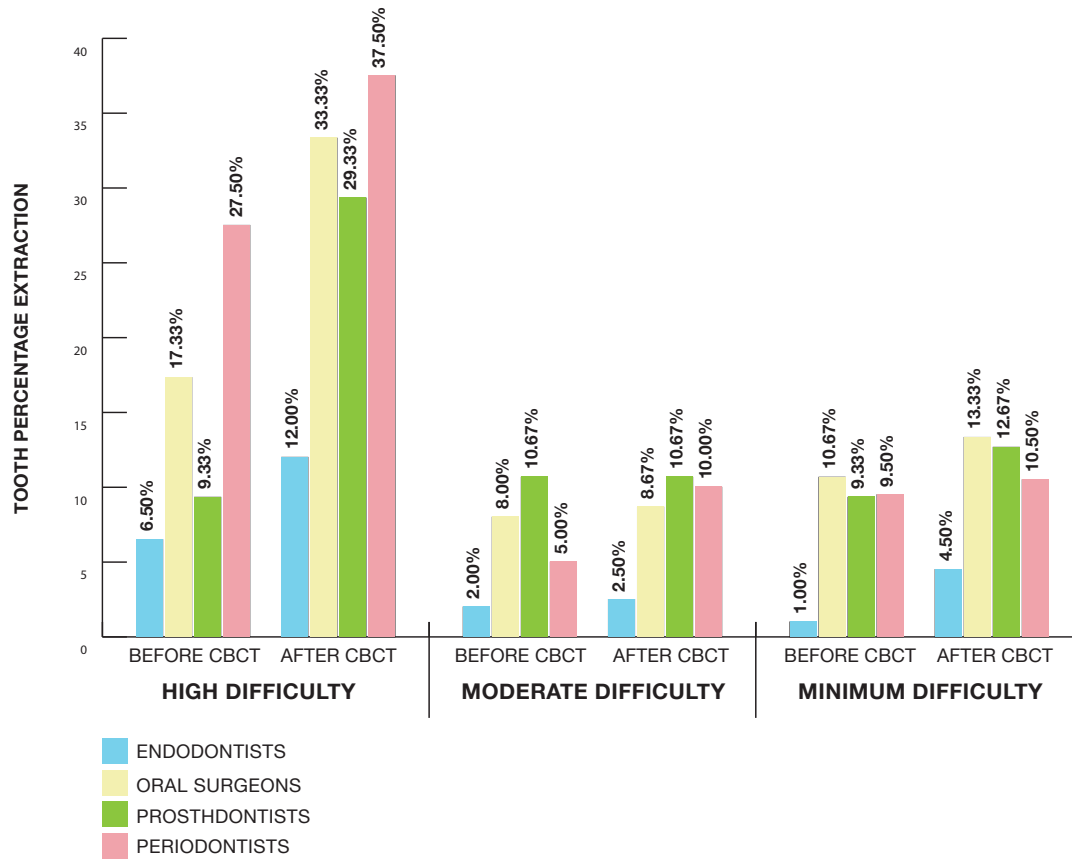


Table 4. Correlation between the difficulty of the case and the number of extractions.

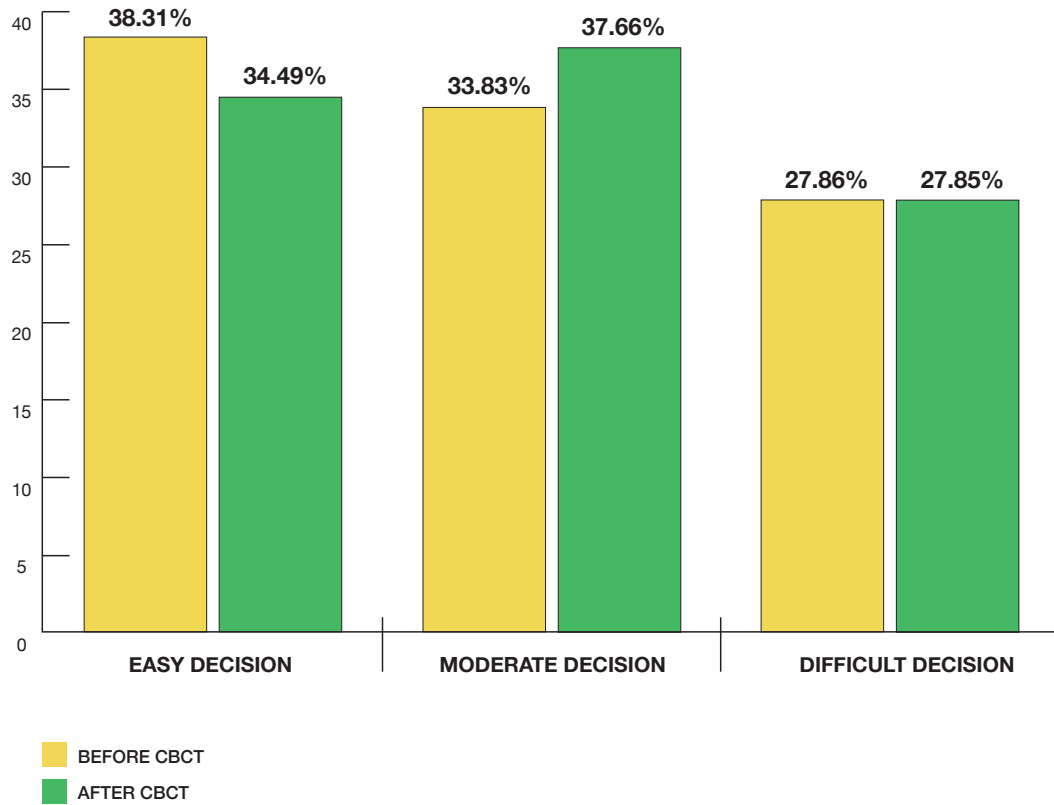


Table 5. Degree of difficulty in making the decision to extract a tooth before and after CBCT examination.

Discussion

Poor endodontic treatment planning may potentially have an impact of the outcome of planned treatment. Although the visualization of the third dimension in endodontics is well understood (14), this study was undertaken to assess whether CBCT images would alter the treatment choice of the different specialists.

The results of our study showed that CBCT examination is a useful tool with significant potential to modify the decisions-making by the clinician in endodontic cases. The examiners altered their treatment plan after viewing the CBCT in 27.3% of the cases. This result is lower than those obtained by Ee *et al.* (22) and Mota Almedia *et al.* (24), who found an alteration of the treatment plan in 62.2% and 43% of the cases, respectively. However, both studies were

based on highly difficult and complex endodontic cases. If we analyze our results according to the varying degrees of complexity, we observe that the variation of the treatment plan increases to 52.9% in high difficulty cases. In the present study it was felt that all levels of complexity should be assessed, as the results may further aid our understanding when a CBCT scan is indicated.

Our findings also showed that the additional information of CBCT scans influence the treatment plan of each specialist group. This invaluable information may allow specialists to better plan endodontic treatment. Although inter-clinician variability in decision-making is well known in medicine and dentistry (25), the objective of the present study was not to assess the magnitude of this variability among specialists. Intra- and interexaminer reliability for each assessment could not be verified because of the difficulty of re-convening all of the examiners. For the same reason, it was not possible to calibrate and train them before analyzing the CBCT images.

All groups reported a relative low decision-making level of difficulty when viewing the information when using PA. However, this trend reversed after the CBCT evaluation, increasing the difficulty of the decision-making level. The endodontists were the only group that did not vary their self-reported level of difficulty. Thus, we conclude that endodontists are more accustomed to assessing and endodontic problems with CBCT. This finding cannot be compared with other studies, since to the best of our knowledge there is no previous CBCT research on specialists. This may have an impact of other specialist groups assessing endodontic problems with CBCT-should they gain the opinion of an Endodontist.

After viewing the CBCT scan, the examiners' option to extract rose from 9.6% to 15.1%. This increase may be because CBCT has great potential in diagnosing and managing endodontic problems, as well as in assessing signs of root fractures, apical periodontitis, resorptions, perforations, and root canal anatomy (26). The decision to extract was significantly more difficult for all groups after viewing a preoperative CBCT scan. This leads us to hypothesize that a

preoperative CBCT image provides more diagnostic information, even though this information is not always easy to assess.

The present study has two main strengths; the classification of endodontic case difficulty and presentation of the clinical findings and anamnesis of each case. Balsundaram's *et al.* (25) claimed that CBCT examination does not provide information that can change a treatment plan. However, these authors did not consider the clinical findings and anamnesis.

The results of this study are relevant to clinical practice. While imaging is an essential diagnostic tool in endodontics, it should always be used as an adjunct to the clinical examination. As with any imaging technique that involves exposure of patients to ionizing radiation, it is essential that the radiation dose be kept as low as reasonably achievable (ALARA) (27, 28). In the present study, a small FOV, high resolution CBCT scanner (ProMax 3Ds) was used specifically to capture information from a small region or field of view of the maxilla or mandible, with significantly less radiation exposure to the patient than that of traditional computed tomography scans (29).

Our findings suggest that more diagnostic information can be obtained from a preoperative CBCT image than from a preoperative PA radiograph, and that this information can directly influence a clinician's treatment plan, particularly in the high difficulty cases.

Acknowledgements

The authors deny any conflicts of interest related to this study.

References

1. Kvist T, Heden G, Reit C. Endodontic retreatment strategies used by general dental practitioners. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;97:502-7.
2. McCaul LK, McHugh S, Saunders WP. The influence of specialty training and experience on decision making in endodontic diagnosis and treatment planning. *Int Endod J* 2001;34:594-606.
3. Aminoshariae A, Teich S, Heima M, Kulild JC. The role of insurance and training in dental decision making. *J Endod* 2014;40:1082-6.
4. Azarpazhooh A, Dao T, Ungar WJ, Da Costa J, Figueiredo R, Krahn M, Friedman S. Patients' values related to treatment options for teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2016;42:365-70.
5. Azarpazhooh A, Dao T, Figueiredo R, Krahn M, Friedman S.A. Survey of dentists' preferences for the treatment of teeth with apical periodontitis. *J Endod* 2013;39:1226-33.
6. Setzer FC, Kim S. Comparison of long-term survival of implants and endodontically treated teeth. *J Dent Res* 2014;93:19-26.
7. Gibbard LL, Zarb G. A 5-year prospective study of implant supported single-tooth replacements. *J Can Dent Assoc* 2002;68:110-6.
8. Lindh T, Gunne J, Tillberg A, Molin M. A meta-analysis of implants in partial edentulism. *Clin Oral Implants Res* 1998;9:80-90.
9. Lazarski MP, Walker WA, third, Flores CM, Schindler WG, Hargreaves KM. Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients. *J Endod* 2001;27:791-6.
10. Salehrabi R, Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *J Endod* 2004;30:846-50.
11. Hannahan JP, Eleazer PD. Comparison of success of implants versus endodontically treated teeth. *J Endod* 2008;34:1302-5.
12. Iqbal MK, Kim S. For teeth requiring endodontic treatment, what are the differences in outcome of restored endodontically treated teeth compared to implant-supported restorations? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22S:96-116.

13. Reit C, Gröndahl HG. Endodontic retreatment decision making among a group of general practitioners. *Scand J Dent Res* 1988;96:112-7.
14. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J* 2009;42:447–62.
15. Patel S, Wilson R, Foschi F, Dawood A, Mannocci F. The detection of periapical pathology using digital periapical radiography and cone beam computed tomography - part 2 - 1 year post treatment outcome. *Int Endod J* 2012; 45:711-23.
16. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod* 2008;34:273–9.
17. Huuonen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endod Topics* 2002;1:3–5.
18. Patel S, Dawood A, Manocci F, Wilson R, Pitt Ford T. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *Int Endod J* 2009;42:507–15.
19. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod* 2007;33:1121—32.
20. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J* 2009;42:463—75.
21. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics — a review. *Int Endod J* 2015;48:3—15.
22. 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;40:910-6.
23. Aae.org. (2016). *AAE - Endodontic Case Assessment*. [online] Available at: <http://www.aae.org/caseassessment/>
24. Mota de Almeida FJ, Knutsson K, Flygare L. The effect of cone beam CT (CBCT) on therapeutic decision-making in endodontics. *Dentomaxillofac Radiol* 2014;43:20130137.
25. Balasundaram A, Shah P, Hoen MM, *et al.* Comparison of cone-beam computed tomography and periapical radiography in predicting treatment

decision for periapical lesions: a clinical study. *Int J Dent* 2012; 2012:920815.

26. Bigras BR, Johnson BR, BeGole EA, Wenckus CS. Differences in clinical decision making: a comparison between specialist and general dentists. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:139-44.

27. Farman AG. ALARA still applies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:395-7.

28. European Society of Endodontology, Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, Lambrechts P, Lemberg K. European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *Int Endod J* 2014;4:502-4.

29. Cohenca N, Simon JH, Mathur A, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dent Traumatol* 2007;23:105-113.

6.2 Artículo II: Influence of Cone-beam Computed Tomography on endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists.

Artículo publicado en el Journal of Endodontics (). Impact factor: 2,904 según JCR Science Edition. 1er quartil de Impact factor listing for Journals on Dentistry, Oral surgery and Medicine.
ISI Journal Citation Reports © Ranking: 2015: 10/89 (Dentistry Oral Surgery & Medicine)

Influence of cone-beam computed tomography on endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists.

Rodríguez G, Patel S, Durán-Sindreu F, Roig M, Abella F.

Department of Restorative Dentistry and Endodontics, Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona, Spain.

Department of Conservative Dentistry, King's College London Dental Institute, London, United Kingdom.

Abstract

Introduction: Treatment options for endodontic failure include nonsurgical or surgical endodontic retreatment, intentional replantation, and extraction with or without replacement of the tooth. The aim of the present study was to determine the impact of cone-beam computed tomography (CBCT) on clinical decision-making among general dental practitioners and endodontists after failed root canal treatment. A second objective was to assess self-reported level of difficulty in making a treatment choice before and after viewing a preoperative CBCT scan. **Methods:** Eight patients with endodontically treated teeth diagnosed as symptomatic apical periodontitis, acute apical abscess, or chronic apical abscess were selected. In the first session, the examiners were given the details of each case, including any relevant radiographs, and were asked to choose one of the proposed treatment alternatives and assess the difficulty of making a decision. One month later, the examiners reviewed randomly the same 8 cases with the additional information from the CBCT data. **Results:** The examiners altered their treatment plan after viewing the CBCT in 49.8% of the cases. A significant difference in the treatment plan between the 2 imaging modalities was recorded for endodontists and general practitioners ($P < .05$).

After the CBCT evaluation, neither group altered their self-reported level of difficulty when choosing a treatment plan ($P = .0524$). The extraction option rose significantly to 20% after viewing the CBCT scan ($P < .05$). **Conclusions:** CBCT imaging directly influences endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists.

Key words

Cone-beam computed tomographic imaging, decision-making, endodontists, general dental practitioners, retreatment strategies.

Introduction

Clinical decision-making to reach the most suitable treatment choice is a complex process that involves consideration of the best available evidence, case-specific clinical judgment, and patient preferences (1). However, treatment decisions are usually made with some degree of uncertainty. Treatment decisions can vary widely among general dental practitioners and dental specialists (1-3) and are dependent on level training, clinical experience, attitudes and values of persons involved, as well as economic resources (4).

Several studies have shown that success rates of primary non-surgical root canal treatment generally approach 90% (5-7). Given the anatomic complexity of root canal systems, intricate and resilient pathogenic microbial communities, inherent limitations of chemomechanical instrumentation and obturation methods, and leakage of permanent restorations, complete elimination of bacteria from the root canal systems is not achievable (8, 9). It is inevitable, therefore, that some initial root canal treatments fail.

Clinicians are often faced with 3 treatment modalities for teeth with periapical disease: nonsurgical retreatment, endodontic surgery, or extraction and replacement with an implant supported crown (10). Long-term survival rates for restored single tooth implants and teeth with nonsurgical root canal treatment are remarkably similar (11-14). Over the past decade, considerable advances

have been made not only in single tooth implants but also in surgical endodontic treatment. Recent meta-analyses indicate that modern endodontic microsurgery is more successful than traditional endodontic surgery (15, 16). Tsesis *et al.* (17) evaluated the outcome of contemporary periapical microsurgery, and concluded that there was a 91.6% success rate 1 year postoperatively. Another possible treatment option in certain cases of endodontic failure is intentional replantation. A recent study on intentional replantation using contemporary materials showed an 88% mean survival (18). Thus, the decision to carry out endodontic or implant treatment should not be based only on treatment outcome (11).

Conventional periapical (PA) radiography has been used for many years as a diagnostic aid in endodontics. However, it is well established that PA radiographs are not as accurate as cone-beam computed tomography (CBCT) in detecting the presence of periapical pathology (19, 20). The amount of information gained from PA radiographs is limited by the fact that the 3-dimensional (3D) anatomy of the area being radiographed is compressed into a 2-dimensional (2D) image (20). This problem may be overcome by using small volume CBCT imaging techniques, which can generate 3D images of individual teeth and the surrounding tissues. Therefore, endodontic treatment planning based on conventional 2D PA radiographs alone may be inadequate in some cases. This is corroborated by Ee *et al.* (21), Mota Almeida *et al.* (22), and Rodríguez *et al.* (23), where the examiners altered their treatment plan after viewing the CBCT in 62.2%, 43% and 27.3% of the cases, respectively.

To date, neither the value of CBCT imaging in endodontic retreatment decisions nor the difficulty in decision-making has been investigated. The aim of the present study was to determine the influence of CBCT on treatment options chosen by general dental practitioners and endodontists after failed root canal treatment, and to assess self-reported level of difficulty in making a treatment choice before and after viewing a preoperative CBCT scan.

Material and Methods

Study Participants

In order to obtain the most representative population, we selected 120 male and female clinicians who varied in age and clinical experience. These examiners comprised 80 general dental practitioners and 40 endodontists. The general practitioner group included clinicians that had not received postgraduate training in endodontics or any advanced general dentistry programs or courses that included endodontics beyond their basic undergraduate training. The endodontists group included clinicians who had completed a 2-year postgraduate endodontics program (as a minimum requirement), and who had a private practice limited to this field. The experience of both groups ranged between 2 and 20 years. These 2 groups were chosen to represent those dentists who were most likely to be involved in decision-making in similar cases, as well as to vary clinical training and experience.

Case selection

Eight cases from the archives of the Department of Operative Dentistry and Endodontics (Universitat Internacional de Catalunya, Barcelona, Spain) were randomly selected from a list of patient who received a CBCT scan in order to complete their diagnosis. The cases in question represented a wide range of teeth affected by post-treatment apical periodontitis with the presence of clinical signs and/or symptoms.

Inclusion criteria

- Endodontically treated teeth with a range of clinical situations diagnosed as symptomatic apical periodontitis, acute apical abscess, or chronic apical abscess.
- Teeth with definitive and adequate coronal restorations (without coronal leakage).

Exclusion criteria

- Endodontically treated teeth diagnosed as asymptomatic apical periodontitis.
- Periodontal support less than 2/3 of root length.
- Evidence of crown or root fracture.
- Secondary caries or inadequate coronal restorations.

Each case included at least 2 clinical photographs, 2 parallax digital PA radiographs, and a bitewing radiograph (in the case of posterior teeth) taken with Carestream RVG 6100 (Carestream Health, Rochester, NY, USA), and a small volume CBCT scan taken with Planmeca 3Ds (Planmeca Oy, Helsinki, Finland). The smallest possible field of view (FOV) was used (5 x 8 cm). Each case was shown on a Keynote presentation slide (Apple, Cupertino, CA, USA). The cases were accompanied by their respective clinical histories, including the patient's age and gender, symptoms, and clinical signs. This information was intended to simulate the patient's first visit to a dentist. The relevant information was labeled on each radiograph and CBCT scan. All patient identifying information was removed from the image files.

Procedure

In order to standardize the terminology used, the examiners were gathered in small groups and briefed on the treatment alternatives. Individual data relating to each participant were recorded. Clinical case observations were performed in 2 separate sessions: first for the PA radiographs, and second for CBCT images. Images from each modality were viewed only once by each participant. The first evaluation presented all the information of each case, except for the CBCT scan. The 8 cases were presented randomly and the examiners' decisions were recorded.

For each case, the examiners were requested to:

(i) Choose one of the following proposed treatment alternatives (1 to 3= retain the tooth; 4= extract the tooth):

- 1) nonsurgical retreatment,
- 2) apical surgery,
- 3) intentional replantation,

- 4) extraction.

(ii) Rating the decision-making difficulty on a scale from 1 to 5 (1 and 2 = easy decision; 3 = moderate decision; 4 and 5 = difficult decision).

Four weeks after the first evaluation, the examiners reviewed the same 8 cases with the additional information of the CBCT scans. The cases were presented randomly. Each examiner was able to adjust and scroll through the volumes freely in their own time. The examiners selected the most appropriate treatment plan, and the level of decision-making difficulty for the 8 CBCT scans, as was done with the PA radiographs.

Data analysis and treatment plan comparison

The treatment plan chosen according to both imaging modalities were compared to determine whether there was any significant difference. The examiner's choice of treatment after viewing the PA radiographs and CBCT scans were compared by the main researchers (F.A & G.R.). Statistical analysis was performed using Microsoft Excel (Microsoft Corp, Redmond, WA) 2008 software and SPSS software (IBM, Armonk, NY).

A Chi-square test was run to determine whether there was a significant difference in treatment planning between PA radiographs and the additional information from the CBCT scans.

Results

Eight treatment plans based on the PA radiographs were compared with the 8 treatment plans based on the PA radiographs and the CBCT images. As summarized in Table 1, the results show a significant change in the treatment options between the 2 imaging modalities for all the examiners ($P < .05$). The examiners altered their treatment plan after viewing the CBCT in 49.8% of the cases. A significant difference in the treatment plan between the PA group and the PA/CBCT scan group was also recorded for endodontists and general

practitioners ($P < .05$) (Fig. 1). The general practitioners altered their treatment plan in 52.2% of the cases, while endodontists in 45% (Fig. 1). This difference was also statistically significant ($P < .05$).

	1	2	3	4	TOTAL
BEFORE CBCT	482	238	128	112	960
AFTER CBCT	392	216	170	192	960

Table 1. Clinical decision-making choices before and after CBCT examination (1= nonsurgical retreatment, 2= apical surgery; 3= intentional replantation; 4= extraction).

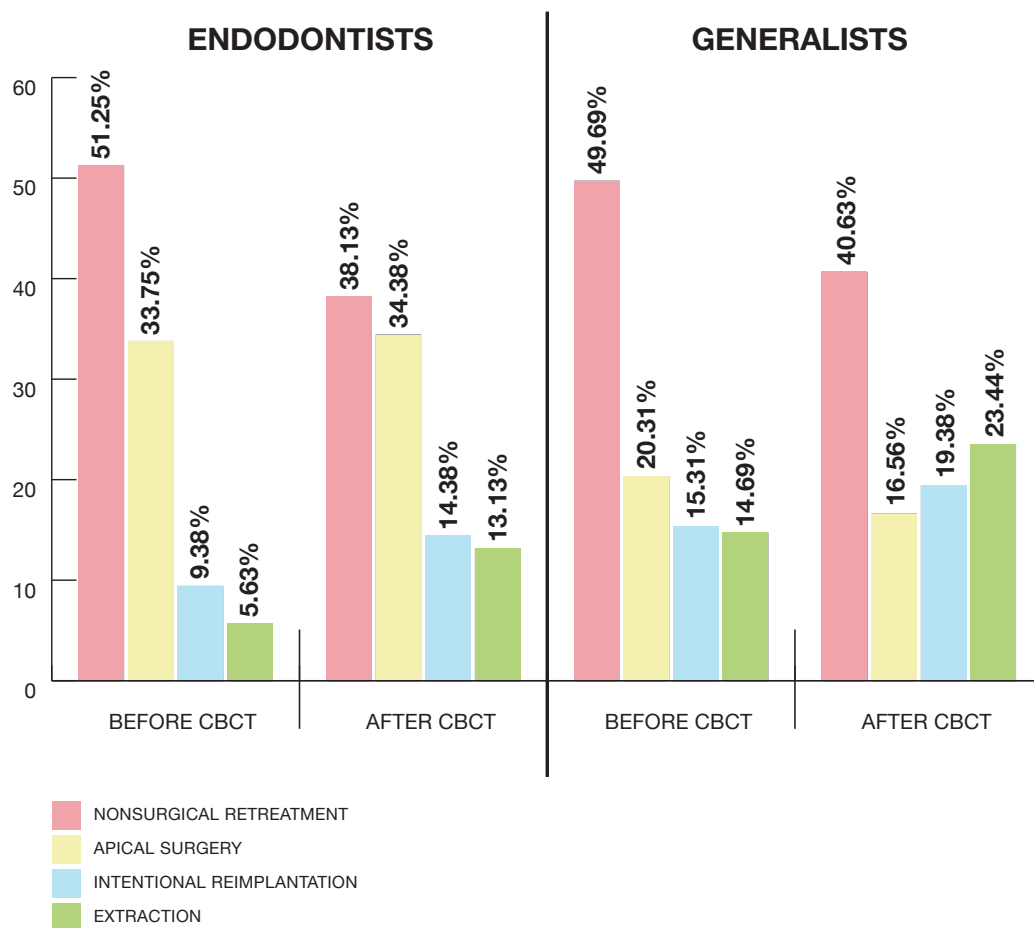


Figure 1. Changes in the treatment plan before and after CBCT examination.

Both endodontists and general practitioners did not alter their self-reported level of difficulty when choosing a treatment after evaluating the preoperative CBCT scans ($P = .0524$) (Fig. 2). After the first evaluation, Endodontist and Generalist group selected the extraction option in 5.63% and 14.69% of the cases, respectively. After viewing the CBCT scan, the Endodontist and Generalist group chose the extraction option increased to 13.13% and 23.44%, respectively. This increase was statistically significant in both groups ($P < .05$) (Fig. 1). The decision to extract was significantly more difficult for both groups after viewing the preoperative CBCT scans ($P < .05$) (Fig. 3).

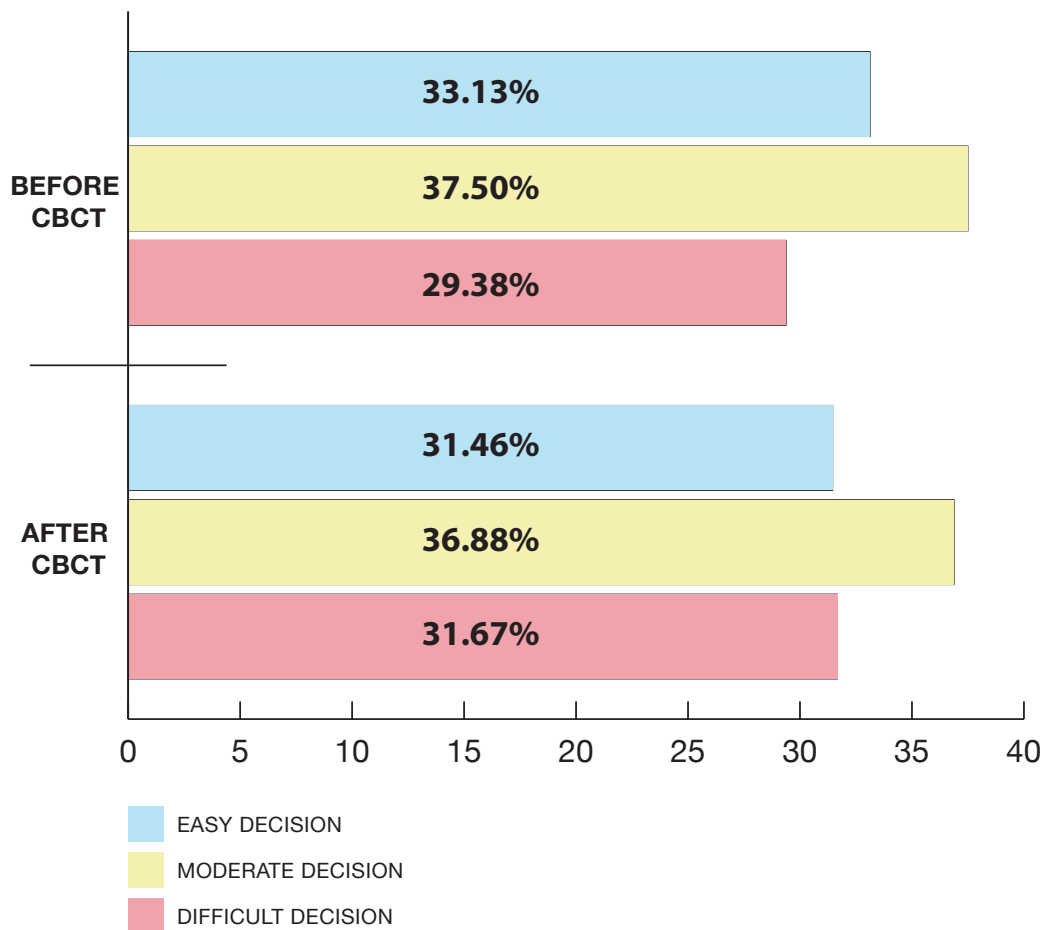


Figure 2. Self-reported level of difficulty in making a treatment choice before and after viewing the preoperative CBCT scans.

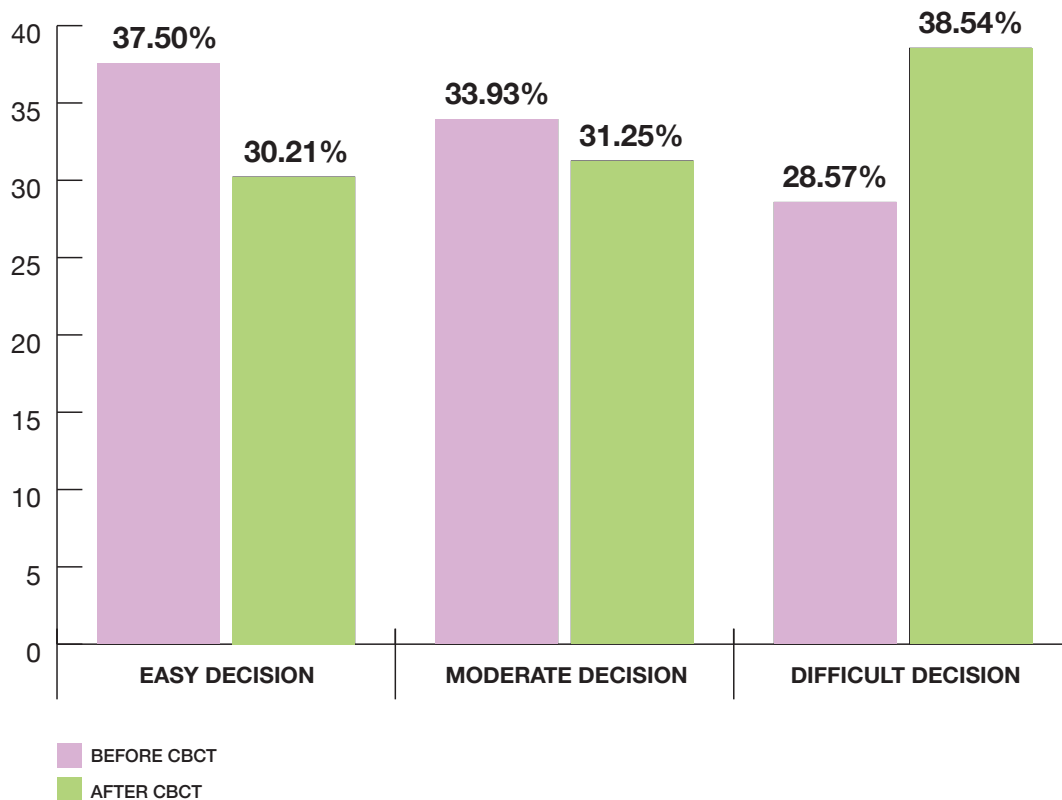


Figure 3. Degree of difficulty in making the decision to extract a tooth before and after CBCT examination.

Discussion

Decision-making can be challenging in endodontics (23). Options for endodontic failure include nonsurgical or surgical endodontic treatment, intentional replantation, and extraction with or without replacement of the tooth (24).

In this study, general dental practitioners and endodontists differed in their decision-making and treatment planning for failed endodontic treatment. In spite of the 70-90% success rate, as shown by several studies, general practitioners might underestimate the treatment option for apical surgery (12-17). These results are consistent with other studies such as Pagonis *et al.* (4), McCaul *et al.* (25), Balto & Ebtissam (2), and Dechouniotis *et al.* (26). However, in the

present study the objective was to determine the influence of CBCT on treatment options for failed root canal treatment chosen by the 2 groups of dentists.

In this study, CBCT examination proved to be a useful tool with the potential to modify decision-making in endodontic cases. In almost half (49.8%) of the cases, the examiners altered their treatment plan after viewing the CBCT scan. This result is similar to those obtained by Ee *et al.* (21), Mota Almedia *et al.* (22), and Rodríguez *et al.* (23) who found an alteration of the treatment plan in 62.2%, 43%, and 52.9% of the high difficulty cases, respectively. Significantly, more General practitioners than Endodontists changed their treatment decisions. This finding may be explained by the fact that endodontists are more accustomed to assessing endodontic problems using CBCT imaging (23).

The 8 cases used in this study were carefully selected by 2 of the authors (F.A & G.R.) to represent a wide range of clinical situations of endodontically treated teeth diagnosed as symptomatic apical periodontitis, acute apical abscess, or chronic apical abscess. Cases diagnosed as asymptomatic apical periodontitis were omitted in order not to include the response option: "no treatment necessary" "or "wait 6 to 12 months and re-examine". In addition, all cases selected were teeth with definitive and adequate coronal restorations to eliminate restorative considerations in the treatment planning decisions.

Neither group altered its self-reported level of difficulty when choosing a treatment after evaluating the preoperative CBCT scans. These results are in agreement with Rodríguez *et al.* (23), who also found that endodontists did not vary their self-reported level of difficulty. After viewing the CBCT scans, the examiner's option to extract teeth rose from 11.67% to 20%. This increase may be because CBCT imaging has greater potential to assess early and subtle radiographic signs of root fractures, apical periodontitis, resorption defects, perforations, and root canal anatomy (1). However, the decision to extract was significantly more difficult for both Endodontists and General practitioners after viewing the preoperative CBCT scans. This leads us to hypothesize that the

information gained from a CBCT is not easy to assess and needs some training. Intra- and interexaminer reliability for each assessment could not be verified because of the difficulty of reconvening all of the examiners.

Intentional replantation is an accepted endodontic treatment procedure in which a tooth is extracted and treated outside the oral cavity and then reinserted into its socket to correct an obvious radiographic or clinical endodontic failure (27). Our findings showed that clinicians no longer consider this treatment option as a last resort treatment prescribed only for "hopeless teeth" as proposed by Grossman (28). Although intentional replantation is not frequently performed, it is surprising how endodontists and general practitioners selected this treatment option in a high percentage. A recent meta-analysis revealed an overall mean survival of 88% for intentionally replanted teeth (18).

In contrast to conventional radiographic methods, which compress the 3D anatomy as a 2D image, CBCT allows the observation of an individual tooth or teeth in any view, rather than in predetermined 'default' views (29, 30). Our findings show that the treatment plan may be directly influenced by information gained from a CBCT scan. As with any radiation dose, clinicians must consider the ALARA principle (as low as reasonably achievable) when using the technique and any other imaging modalities. In this study, the smallest possible field of view was used (5 x 8 cm). The effective dose from a CBCT scan was in the same order of magnitude of 2–3 standard PA exposures (31). A CBCT scan should only be considered in cases of abnormal findings on PA radiography and/or moderate to high difficulty.

Conclusion

It can be concluded that a preoperative CBCT image provides more diagnostic information than a preoperative PA radiograph, and that this information can directly influence endodontic retreatment strategies. More studies are needed to clarify whether CBCT scanning provides added value when more cases are analyzed and presented to other specialists.

1. Bigras BR, Johnson BR, BeGole EA, Wenckus CS. Differences in clinical decision making: a comparison between specialist and general dentists. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;106:139-44.
2. Balto HA, Al-Madi EM. A comparison of retreatment decisions among general dental practitioners and endodontists. *J Dent Educ* 2004;68:872-9.
3. Wenteler GL, Sathorn C, Parashos P. Factors influencing root canal strategies by general practitioners and specialists in Australia. *Int Endod J* 2015;48:417-27.
4. Pagonis TC, Fong CD, Hasselgren G. Retreatment decisions – a comparison between general practitioners and endodontic postgraduates. *J Endod* 2000;26:240-1.
5. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature – part 1. Effects of study characteristics on probability of success. *Int Endod J* 2007;40:921-39.
6. Torabinejad M, Kutsenko D, Machnik TK, Ismail A, Newton CW. Levels of evidence for the outcome of nonsurgical endodontic treatment. *J Endod* 2005;31:637-46.
7. Lee AH, Cheung GS, Wong MC. Long-term outcome of primary non-surgical root canal treatment. *Clin Oral Investig* 2012;16:1607-17.
8. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod* 2004;30:559-67.
9. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, *et al.* Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod* 2011;37:895-902.
10. Reese R, Aminoshariae A, Montagnese T, Mickel A. Influence of demographics on patients' receipt of endodontic therapy or implant placement. *J Endod* 2015;41:470-2.
11. Iqbal MK, Kim S. For teeth requiring endodontic treatment, what are the differences in outcomes of restored endodontically treated teeth compared to implant-supported restorations? *Int J Oral Maxillofac Implants* 2007;22(suppl):96-116.
12. Torabinejad M, Lozada J, Puterman I, White SN. Endodontic therapy or single tooth implant? A systematic review. *J Calif Dent Assoc* 2008;36:429-37.

13. Hannahan JP, Eleazer PD. Comparison of success of implants versus endodontically treated teeth. *J Endod* 2008;34:1302-5.
14. Levin L, Halperin Sternfeld M. Tooth preservation or implant placement: a systematic review of long-term tooth and implant survival rates. *J Am Dent Assoc* 2013;119-33.
15. Torabinejad M, Corr R, Handysides R, Shabahang S. Outcomes of nonsurgical retreatment and endodontic surgery: a systematic review. *J Endod* 2009;35:930-7.
16. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, *et al*. Outcome of endodontic surgery: a meta-analysis of the literature – part 1: Comparison of traditional root-end surgery and endodontic microsurgery. *J Endod* 2010;36:1757-65.
17. Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcome of surgical endodontic treatment performed by a modern technique: an updated meta-analysis of the literature. *J Endod* 2013;39:332-9.
18. Torabinejad M, Dinsbach NA, Turman M, Handysides R, Bahjri K, White SN. Survival of intentionally replanted teeth and implant-supported single crowns: a systematic review. *J Endod* 2015;41:992-8.
19. Abella F, Patel S, Duran-Sindreu F, Mercadé 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;38:1588-91.
20. Kanagasingam S, Mannocci F, Lim CX, Yong CP, Patel S. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans and periapical radiography in detecting apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *Int Endod J* **in press**.
21. 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;910-6.
22. Mota de Almeida FJ, Knutsson K, Flygare L. The impact of cone beam computed tomography on the choice of endodontic diagnosis. *Int Endod J* 2015;48:564-72.
23. Rodríguez G, Abella F, Durán-Sindreu F, Patel S, Roig M. Influence of cone-beam computed tomography in clinical decision making among specialists. *J Endod* 2017;43:194-9.

24. Torabinejad M, White SN. Endodontic treatment options after unsuccessful initial root canal treatment: alternative to single-tooth implants. *J Am Dent Assoc* 2016;147:214-20.
25. McCaul LK, McHugh S, Saunders WP. The influence of specialty training and experience on decision making in endodontic diagnosis and treatment planning. *Int Endod J* 2001;34:594-606.
26. Dechouniotis G, Petridis XM, Georgopoulou MK. Influence of specialty training and experience on endodontic decision making. *J Endod* 2010;36:1130-4.
27. Peer M. Intentional replantation—a “last resort” treatment or a conventional treatment procedure? Nine case reports. *Dent Traumatol* 2004;20:48–55.
28. Grossman LI. Intentional replantation of teeth. *J Am Dent Assoc* 1966;72:111–8.
29. Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics — a review. *Int Endod J* 2015;48:3-15.
30. Abella F, Patel S, Durán-Sindreu F, Mercadé M, Bueno R, Roig M. An evaluation of the periapical status of teeth with necrotic pulps using periapical radiography and cone-beam computed tomography. *Int Endod J* 2014;47:387-96.
31. Qu XM, Li G, Ludlow JB, *et al*. Effective radiation dose of ProMax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;110:770–6.

7. DISCUSIÓN

7.DISCUSIÓN

En endodoncia, el examen clínico y radiográfico es un componente esencial para alcanzar un adecuado diagnóstico. Es difícil lograr un plan de tratamiento exitoso si el diagnóstico previo no ha sido el acertado. Una mala planificación del tratamiento endodóntico puede tener efectos potencialmente negativos en el resultado del tratamiento planificado, pudiendo resultar en un tratamiento endodóntico innecesario o inapropiado (30).

Elegir el tratamiento adecuado para cada caso es una tarea que viene condicionada por diferentes factores objetivos y subjetivos. Es un proceso que requiere, en primera instancia, de un conocimiento sólido basado en la evidencia y, por otra parte, de una valoración de factores subjetivos relacionados con el clínico y el paciente. También hay que considerar otros factores significativos tales como los antecedentes educativos y el nivel de experiencia clínica del operador (37).

Se sabe con certeza que el examen radiográfico está diseñado para detectar cambios patológicos a nivel tisular pero no a nivel celular (40). Actualmente, a pesar de utilizar sistemas de imágenes muy avanzados no es posible detectar la presencia de células inflamatorias u otros cambios sutiles que se producen en los tejidos periapicales. En una revisión sistemática de la literatura, Petersson y cols.(41) concluyeron que el examen radiográfico no proporciona suficiente información en relación a las diferentes condiciones de las lesiones periapicales (grado de inflamación y estado patológico).

En este sentido, está demostrado que las RP revelan una cantidad limitada de información que puede llevar al clínico a diagnosticar erróneamente o pasar por alto una patología. En algunos casos, la planificación del tratamiento endodóntico basada en RP puede ser inadecuada (42). Existen determinadas áreas que no pueden ser evaluables claramente debido a la superposición de estructuras anatómicas o áreas donde el hueso cortical denso enmascara pequeñas áreas de pérdida mineral en el hueso esponjoso (43). En ocasiones, las RP no detectan aquellas lesiones periapicales que se

encuentran en hueso esponjoso. Lesiones de cierto tamaño se pueden detectar cuando están cubiertas por una cortical delgada; sin embargo, cuando éstas están por debajo de una cortical gruesa no se pueden detectar con RP (22, 43, 44).

Todas las RP seleccionadas para esta investigación fueron digitales, y se tomaron siguiendo la técnica del paralelismo. Se escogieron casos que presentaban RP con diferentes angulaciones horizontales. Está demostrado que estas exposiciones adicionales (10-15° en sentido horizontal) ayudan a identificar raíces accesorias que se encuentran en el mismo plano que el haz de rayos X(45). Sin embargo, la literatura disponible indica que múltiples RP no implican una mayor detección de lesiones periapicales (46-48).

La TCHC es una herramienta que puede superar estas limitaciones. La TCHC fue especialmente diseñada para obtener imágenes tridimensionales del esqueleto maxilofacial con dosis de radiación muy bajas (49). Mediante la TCHC se eliminan las superposiciones de estructuras anatómicas, se pueden detectar lesiones periapicales y se puede realizar un diagnóstico diferencial con una técnica no invasiva y altamente eficaz. Existen diversos estudios que han comparado la prevalencia de lesiones periapicales entre RP y exploraciones realizadas con TCHC (24, 49, 50).

Estudios realizados *in vitro* e *in vivo* han confirmado que con la TCHC se detectan más lesiones periapicales (23, 42). Además, la TCHC permite superar muchas limitaciones de las RP, como la detección temprana de reabsorciones cervicales invasivas, las fracturas verticales y permiten la evaluación 3D del espacio del conducto radicular y la anatomía circundante (23, 42, 51-53).

La mayoría de estudios han demostrado que existen diferencias en la toma de decisiones entre grupos de especialistas y generalistas (7, 34, 35, 54). Pagonis y cols. (54) seleccionaron 28 casos tratados endodónticamente (ninguno de ellos con sintomatología) y los presentaron a 12 odontólogos generales y a 12 endodoncistas con el objetivo de observar el plan de

tratamiento de cada grupo. Balto y Al-Madi (7) realizaron un estudio muy parecido al anterior. Ellos seleccionaron 30 casos tratados previamente con endodoncia y los mostraron a 15 odontólogos generales y a 15 endodoncistas. En ambos estudios se observaron diferencias significativas en la opción de tratamiento elegida entre odontólogos generales y especialistas.

Sin embargo todos estos estudios realizados entre especialistas no han utilizado la TCHC como herramienta diagnóstica, como tampoco han prestado atención a la evaluación de la dificultad endodóntica de los casos ni a la dificultad a la hora de tomar la decisión (7, 34, 35, 54). Este vacío en la literatura es el que nos condujo a la elaboración de nuestro estudio.

Nuestra investigación ha evaluado la influencia de la TCHC en la planificación del tratamiento endodóntico. En una primera parte de nuestro estudio (*Artículo I*) se seleccionaron aleatoriamente 30 casos. Éstos representaban una amplia gama de situaciones clínicas con dientes no tratados y tratados endodónticamente de pacientes correspondientes al Máster Europeo de Endodoncia de la Universitat Internacional de Catalunya (UIC). Los autores principales del estudio (G.R & F.A) clasificaron los casos según la guía de dificultad de la Asociación Americana de Endodoncia(55) en tres grandes grupos: casos de dificultad baja, casos de dificultad moderada y casos de dificultad alta. Finalmente, cada grupo estuvo conformado por 10 casos, y éstos se mostraron a diferentes grupos de especialistas (endodoncistas, periodoncistas, prostodoncistas y cirujanos orales).

En la segunda parte del estudio (*Artículo II*) se seleccionaron aleatoriamente 8 casos también de los archivos del Máster Europeo de Endodoncia de la UIC. La principal diferencia respecto a la primera parte del estudio es que en ésta todos los casos correspondieron a dientes con sintomatología y fracaso endodóntico previo. La selección aleatoria de estos casos fue a partir de un grupo de dientes que presentaban molestias y que, por tanto, requerían de algún tipo de tratamiento. Esta decisión fue premeditada en el diseño de esta investigación, pues parte de nuestro objetivo era ver realmente las diferentes opciones de tratamiento entre odontólogos generales y

endodoncistas en casos de dificultad alta (fracaso endodóntico previo). Un porcentaje elevado de respuestas tipo “no se requiere tratamiento” o “esperar y ver evolución en 6 meses” podrían haber desviado el objetivo de esta investigación.

Todos los casos utilizados para esta investigación (*Artículo I y II*) fueron mostrados en una diapositiva de presentación de Keynote (Apple, Cupertino, CA). Se acompañaron por sus respectivas historias clínicas, incluyendo edad y sexo del paciente, los síntomas y/o signos clínicos, y todos los resultados de las pruebas diagnósticas (palpación, percusión vertical y horizontal, sondaje, pruebas de sensibilidad, etc). Mediante toda esta información lo que pretendíamos en todo momento era simular la primera visita de un paciente a un odontólogo. La información fue etiquetada en cada RP y TCHC. Los casos fueron anónimos, y estaban presentados de manera aleatoria.

Los examinadores se reunieron en 1 misma aula y se registraron los datos individuales para cada participante. Antes de empezar con la exposición de los casos, se realizó una explicación previa en relación a la terminología utilizada y a las alternativas de tratamiento propuestas. El tiempo de respuesta fue el mismo para todos los participantes. Posteriormente, al cabo de un mes, reunimos de nuevo a todos los examinadores para que valoraron los mismos casos organizados al azar con la información adicional de las exploraciones TCHC.

Los resultados del artículo I (*Influence of Cone-beam Computed Tomography in Clinical Decision Making among Specialists*) mostraron que el examen preoperatorio de la TCHC es una herramienta útil con un potencial significativo para modificar la toma de decisiones por parte del clínico. Los examinadores (prostodoncistas, endodoncistas, cirujanos orales y periodoncistas) alteraron su plan de tratamiento después de ver la TCHC en el 27.3% de los casos. Este porcentaje es inferior al obtenido por Ee y cols. (38) y Mota Almedia y cols. (56) que encontraron un alteración del plan de tratamiento del 62.2% y el 43% de los casos, respectivamente. Sin embargo, coincidencia o no, ambos estudios utilizaron casos endodónticos muy

complejos. Es por ello, que si nosotros solamente comparamos los resultados obtenidos en los casos de dificultad alta, podemos observar que el porcentaje (52.9%) sí se asemeja al de estos dos estudios.

Según nuestro conocimiento, y a diferencia de todos los estudios publicados hasta la redacción de esta tesis doctoral, nuestro estudio ha sido el único que ha dividido los casos según su nivel de dificultad. Creemos que la categorización de los casos puede ayudar al clínico a saber realmente cuando está indicado hacer una TCHC durante la planificación del caso endodóntico.

A partir de los resultados de esta primera publicación (*Artículo 1*), hemos concluido que la información obtenida mediante la TCHC influye en el plan de tratamiento de todos los especialistas. Esta inestimable información puede permitir a los especialistas a planificar mejor el tratamiento endodóntico o a plantearse realizar una exploración mediante TCHC antes de decidir una opción de tratamiento definitiva.

Aunque la variabilidad entre examinadores en la toma de decisiones es bien conocida en odontología (57), el objetivo de nuestra investigación no fue en ningún momento evaluar la magnitud de esta variabilidad entre los especialistas. La fiabilidad intra- e inter-examinadores para cada evaluación no pudo ser verificada debido a la dificultad de volver a convocar a todos los examinadores. Por la misma razón, no fue posible calibrarlos como tampoco entrenarlos previamente en el análisis de las imágenes de la TCHC.

En el *Artículo 1*, todos los grupos mostraron un nivel bajo de dificultad a la hora de tomar de decisiones cuando observaron únicamente RP; resultados similares a los obtenidos por Bigras y cols. (6). Sin embargo, esta tendencia se invirtió después de la visualización de las TCHC, aumentando drásticamente el nivel de dificultad en la toma de decisiones. Los endodoncistas fueron los únicos especialistas que no variaron el nivel de dificultad. Esto se puede deber a que éstos están más acostumbrados a la evaluación de casos endodónticos mediante la TCHC. Desgraciadamente, no podemos comparar este hallazgo con otros estudios, ya que hasta donde sabemos no hay ninguna investigación

previa que evalúe el nivel de dificultad entre diferentes especialistas después de valorar una TCHC.

Después de ver la TCHC, la opción exodoncia subió de 9.6% a 15.1%. Este aumento puede deberse a que la TCHC tiene un gran potencial en el diagnóstico y manejo de problemas endodónticos, así como en la evaluación de signos de fracturas radicales, periodontitis apical, reabsorción, perforaciones y anatomía del conducto radicular (6). Sin embargo, la decisión de extraer el diente fue significativamente más difícil para todos los grupos después de ver la TCHC preoperatoria.

Según nuestro punto de vista este artículo (*Artículo I*) presenta dos puntos fuertes: la clasificación de la dificultad del caso endodóntico y la presentación de los hallazgos clínicos y la anamnesis. En la literatura, encontramos que Balsundaram y cols. (57) afirmaron que la TCHC no proporciona información que pueda cambiar un plan de tratamiento. No obstante, estos autores no consideraron ni los hallazgos clínicos así como tampoco la anamnesis de cada caso. Estas dos omisiones podrían haber hecho cambiar drásticamente los resultados de su estudio.

Ante un fracaso endodóntico, existen diferentes opciones terapéuticas: retratamiento no quirúrgico o quirúrgico, reimplante intencional y extracción con o sin reposición del diente (58). Según Reit y Grondahl (59) antes que se ponga en marcha el retratamiento de un diente endodonciado con periodontitis apical, el clínico debe elegir entre 5 alternativas de tratamiento (no quirúrgico, quirúrgico, extracción, no hacer tratamiento o mantener en observación).

En el artículo II (*Influence of cone-beam computed tomography on endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists*) los examinadores (odontólogos generales y especialistas en endodoncia) difirieron en la planificación del tratamiento para el fracaso endodóntico.

Según diferentes estudios, el porcentaje de éxito de la cirugía apical se sitúa alrededor del 80-90% (60-65); no obstante, muchos odontólogos generales subestiman o no tienen en cuenta esta opción terapéutica (5, 7, 37). En los estudios de Pagonis y cols.(54), McCaul y cols.(5), Balto y Al-Madi.(7) y Dechouniotis y cols.(37) se puede observar que los odontólogos generales prefieren observar y ver la evolución del caso, o bien extraer el diente antes que plantearse la opción de hacer una cirugía apical. En nuestra investigación el objetivo fue determinar la influencia de la TCHC en las opciones de tratamiento para el fracaso endodóntico, pero en ningún caso ver la preferencias o diferencias de tratamiento entre grupos.

El retratamiento no quirúrgico predominó entre las opciones de tratamiento. Este procedimiento tiene como objetivo restablecer un estado saludable de los tejidos perirradiculares eliminando la carga microbiana dentro del sistema de conductos (60, 61). La prevalencia de una flora microbiana especial y las complejidades técnicas inherentes hacen que el retratamiento no quirúrgico sea más difícil en comparación con el tratamiento inicial (60, 61). . Diferentes estudios han demostrado que el pronóstico de un retratamiento no quirúrgico es elevado, y que, por tanto, constituye una excelente alternativa de tratamiento (62, 63).

Los resultados obtenidos en este artículo (*artículo II*) demostraron la capacidad que tiene la TCHC de modificar la toma de decisiones en casos de fracaso endodóntico. Los examinadores alteraron su plan de tratamiento en un 49.8% de los casos después de visualizar las imágenes 3D. Este resultado nuevamente concuerda con los obtenidos por Ee y cols.(38) y Mota Almedia y cols. (56) que obtuvieron una alteración del plan de tratamiento en el 62.2% y 43% de los casos, respectivamente. Los odontólogos generales cambiaron significativamente en más ocasiones su plan de tratamiento en comparación con los endodoncistas. Estos resultados se pueden explicar por una mayor experiencia de los endodoncistas a la evaluación de problemas endodónticos mediante TCHC. La falta de estudios en este sentido hace imposible una corroboración exacta de esta afirmación.

Los 8 casos utilizados en este segundo artículo fueron seleccionados para representar una amplia gama de situaciones clínicas de dientes tratados endodónticamente diagnosticados como periodontitis apical sintomática, absceso apical agudo o absceso apical crónico. Todos los casos diagnosticados como periodontitis apical asintomática se omitieron con el objetivo de no incluir la opción de respuesta: "no se necesita tratamiento" o "esperar de 6 a 12 meses y volver a evaluar". Dentro de los criterios de inclusión, se tuvo en cuenta que los dientes presentaran restauraciones definitivas sin caries secundarias o filtración marginal. De esta manera, eliminamos opciones de tratamiento que tuvieran en cuenta el estado coronal del diente.

Ninguno de los dos grupos modificó el nivel de dificultad al elegir una opción de tratamiento después de evaluar las TCHC preoperatorias. Este resultado es consistente con el del *artículo I*, en el que el grupo endodoncistas tampoco varió el nivel de dificultad.

Los endodondoncistas, al igual que sucede en el estudio de Bigras y Cols.(6), recomendaron con mayor frecuencia tratamientos para conservar los dientes en comparación con los odontólogos generales. En relación a la opción de extraer el diente, ésta se vio incrementada de un 5.63% a un 13.13% en los endodoncistas y de un 14.69% a un 23.44% en los odontólogos generales. Al igual que en el *artículo I*, este incremento puede deberse a la capacidad de la TCHC para detectar todo tipo de patologías y/o detalles tales como fracturas radiculares, reabsorciones, perforaciones, etc.(6). Sin embargo, en los dos grupos les costó significativamente más la decisión de extraer el diente después de ver las TCHC.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación (artículo I y II), hemos corroborado que una imagen TCHC preoperatoria proporciona más información diagnóstica; información que no siempre es fácil de evaluar y por la que se necesita un poco de formación. Parece importante un entreno previo a la exploración TCHC que permita a los clínicos calibrar sus ojos y habilidades a la hora de visualizar una TCHC. En este sentido, diferentes estudios como los

de Patel y cols. (22, 64) y Abella y cols. (65, 66) sí hacían una calibración previa de los examinadores para ver signos de periodontitis apical en exploraciones TCHC.

Dado que la interpretación de las imágenes TCHC requiere una capacitación o entrenamiento previo, debemos analizar nuestros resultados con cierta distancia. Por ejemplo, un operador no entrenado podría diagnosticar erróneamente artefactos tales como radiolúcencias debido a restauraciones metálicas con una lesión cariosa, una fractura radicular, etc (57).

Los odontólogos que aspiren a utilizar esta tecnología deben entrenarse, o buscar la colaboración de un técnico radiólogo que los ayude a interpretar las imágenes de la TCHC. No obstante, hay que tener presente que estas imágenes en 3D no son la panacea para todas las situaciones ni hay que utilizarlas en todos los casos. Las RP nos dan una rica información que debemos ser capaces de valorar e interpretar correctamente. Es por eso, que a día de hoy, la tecnología mediante TCHC aún no puede reemplazar la RP (57).

Antes de incorporar esta tecnología como herramienta irremplazable en el diagnóstico, debemos tener en cuenta diversos factores como: la efectividad diagnóstica, la dosis de radiación y los criterios de selección (67). Actualmente, no hay consenso entre especialistas para la solicitud de la TCHC con fines endodónticos. Al igual que con cualquier técnica de imagen que implique la exposición de los pacientes a la radiación ionizante, es esencial que la dosis de radiación se mantenga tan baja como razonablemente sea posible (ALARA) (68, 69).

Las TCHC utilizadas en este estudio utilizaban un pequeño escáner de alta resolución (ProMax 3Ds) para capturar información de una pequeña región o campo de visión del maxilar o mandíbula, con una exposición a la radiación significativamente menor que las tomografías computarizadas tradicionales (70). Además, hay que tener en cuenta que existen diferentes parámetros que pueden afectar la dosis de radiación como el tamaño del paciente, el campo de visión, la zona de interés y la resolución de la imagen. Es importante una

cuidadosa selección de cada uno de estos parámetros para optimizar la información de diagnóstico y reducir la dosis de radiación que sufre el paciente. El campo de visión utilizado fue el más pequeño posible (5 x 8 cm); lo que supone una dosis efectiva de radiación similar a la de 2 o 3 RP (71). Una TCHC sólo debe considerarse en casos de hallazgos anormales en la RP y/o dificultad moderada o alta.

Los resultados obtenidos en esta tesis doctoral sugieren que se puede obtener más información diagnóstica a partir de una imagen TCHC que de una RP preoperatoria y que esta información puede influir directamente en el plan de tratamiento de un odontólogo, particularmente en los casos de dificultad alta.

8. CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

8.1 Conclusión general

La visualización de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC), influyó de forma significativa en la planificación del tratamiento endodóntico en comparación con las radiografías periapicales (RP).

8.2 Conclusiones específicas

8.2.1 Artículo I

Conclusión general: La visualización de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) influyó de forma significativa en el plan de tratamiento de los diferentes especialistas (endodoncistas, periodoncistas, protodoncistas y cirujanos orales) cuando se evaluaron casos endodónticos de diferentes grados de dificultad.

Conclusión específica: La elección de una opción de tratamiento fue significativamente más difícil después de la visualización de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) en tres de los cuatro grupos de especialistas (periodoncistas, protodoncistas y cirujanos orales).

8.2.2 Artículo II

Conclusión general: La visualización de la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC) influyó significativamente en el plan de tratamiento de endodoncistas y odontólogos generales cuando se evaluaron casos con fracaso endodóntico previo.

Conclusión específica: La dificultad en elegir de una opción de tratamiento no varió de forma significativa en ningún grupo después de visualizar la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC).

9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

REFERENCIAS

1. Aminoshariae A, Teich S, Heima M, Kulild JC. The role of insurance and training in dental decision making. *J Endod.* 2014;40(8):1082-6.
2. Azarpazhooh A, Dao T, Figueiredo R, Krahn M, Friedman S. A survey of dentists' preferences for the treatment of teeth with apical periodontitis. *J Endod.* 2013;39(10):1226-33.
3. Azarpazhooh A, Dao T, Ungar WJ, Da Costa J, Figueiredo R, Krahn M, et al. Patients' Values Related to Treatment Options for Teeth with Apical Periodontitis. *J Endod.* 2016;42(3):365-70.
4. Kvist T, Heden G, Reit C. Endodontic retreatment strategies used by general dental practitioners. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2004;97(4):502-7.
5. McCaul LK, McHugh S, Saunders WP. The influence of specialty training and experience on decision making in endodontic diagnosis and treatment planning. *Int Endod J.* 2001;34(8):594-606.
6. Bigras BR, Johnson BR, BeGole EA, Wenckus CS. Differences in clinical decision making: a comparison between specialists and general dentists. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2008;106(1):139-44.
7. Balto HA, Al-Madi EM. A comparison of retreatment decisions among general dental practitioners and endodontists. *J Dent Educ.* 2004;68(8):872-9.
8. Wenteler GL, Sathorn C, Parashos P. Factors influencing root canal retreatment strategies by general practitioners and specialists in Australia. *Int Endod J.* 2015;48(5):417-27.
9. Setzer FC, Kim S. Comparison of long-term survival of implants and endodontically treated teeth. *J Dent Res.* 2014;93(1):19-26.
10. Gibbard LL, Zarb G. A 5-year prospective study of implant-supported single-tooth replacements. *J Can Dent Assoc.* 2002;68(2):110-6.
11. Lindh T, Gunne J, Tillberg A, Molin M. A meta-analysis of implants in partial edentulism. *Clin Oral Implants Res.* 1998;9(2):80-90.
12. Lazarski MP, Walker WA, 3rd, Flores CM, Schindler WG, Hargreaves KM. Epidemiological evaluation of the outcomes of nonsurgical root canal treatment in a large cohort of insured dental patients. *J Endod.* 2001;27(12):791-6.
13. Salehrabi R, Rotstein I. Endodontic treatment outcomes in a large patient population in the USA: an epidemiological study. *J Endod.* 2004;30(12):846-50.
14. Hannahan JP, Eleazer PD. Comparison of success of implants versus endodontically treated teeth. *J Endod.* 2008;34(11):1302-5.
15. Iqbal MK, Kim S. For teeth requiring endodontic treatment, what are the differences in outcomes of restored endodontically treated teeth compared to implant-supported restorations? *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2007;22 Suppl:96-116.
16. Lee AH, Cheung GS, Wong MC. Long-term outcome of primary non-surgical root canal treatment. *Clin Oral Investig.* 2012;16(6):1607-17.
17. Ng YL, Mann V, Rahbaran S, Lewsey J, Gulabivala K. Outcome of primary root canal treatment: systematic review of the literature - part 1. Effects of

- study characteristics on probability of success. *Int Endod J.* 2007;40(12):921-39.
18. Torabinejad M, Kutsenko D, Machnick TK, Ismail A, Newton CW. Levels of evidence for the outcome of nonsurgical endodontic treatment. *J Endod.* 2005;31(9):637-46.
 19. Peters OA. Current challenges and concepts in the preparation of root canal systems: a review. *J Endod.* 2004;30(8):559-67.
 20. Gillen BM, Looney SW, Gu LS, Loushine BA, Weller RN, Loushine RJ, et al. Impact of the quality of coronal restoration versus the quality of root canal fillings on success of root canal treatment: a systematic review and meta-analysis. *J Endod.* 2011;37(7):895-902.
 21. Patel S, Dawood A, Whaites E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J.* 2009;42(6):447-62.
 22. Patel S, Wilson R, Dawood A, Foschi F, Mannocci F. The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography - part 2: a 1-year post-treatment follow-up. *Int Endod J.* 2012;45(8):711-23.
 23. Estrela C, Bueno MR, Leles CR, Azevedo B, Azevedo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod.* 2008;34(3):273-9.
 24. Patel S, Dawood A, Mannocci F, Wilson R, Pitt Ford T. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *Int Endod J.* 2009;42(6):507-15.
 25. Huuonen S, Ørstavik D. Radiological aspects of apical periodontitis. *Endod Topics.* 2002;1(1):3-25.
 26. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006;72(1):75-80.
 27. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. *Braz Dent J.* 2012;23(3):179-91.
 28. Use of cone-beam computed tomography in endodontics Joint Position Statement of the American Association of Endodontists and the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2011;111(2):234-7.
 29. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2009;42(6):463-75.
 30. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod.* 2007;33(9):1121-32.
 31. Patel S, Dawood A, Ford TP, Whaites E. The potential applications of cone beam computed tomography in the management of endodontic problems. *Int Endod J.* 2007;40(10):818-30.
 32. 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.
 33. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dental clinics of North America.* 2008;52(4):707-30, v.

34. Doornbusch H, Broersma L, Boering G, Wesselink PR. Radiographic evaluation of cases referred for surgical endodontics. *Int Endod J.* 2002;35(5):472-7.
35. Saunders MB, Gulabivala K, Holt R, Kahan RS. Reliability of radiographic observations recorded on a proforma measured using inter- and intra-observer variation: a preliminary study. *Int Endod J.* 2000;33(3):272-8.
36. Foster KH, Harrison E. Effect of presentation bias on selection of treatment option for failed endodontic therapy. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2008;106(5):e36-9.
37. Dechouniotis G, Petridis XM, Georgopoulou MK. Influence of specialty training and experience on endodontic decision making. *J Endod.* 2010;36(7):1130-4.
38. 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.
39. Mota de Almeida FJ, Knutsson K, Flygare L. The impact of cone beam computed tomography on the choice of endodontic diagnosis. *Int Endod J.* 2015;48(6):564-72.
40. Brynolf I. A Histological and Roentgenological Study of the Periapical Region of Human Upper Incisors. *Odontol Revy.* 1967;18(11):1-176.
41. Petersson A, Axelsson S, Davidson T, Frisk F, Hakeberg M, Kvist T, et al. Radiological diagnosis of periapical bone tissue lesions in endodontics: a systematic review. *Int Endod J.* 2012;45(9):783-801.
42. Edlund M, Nair MK, Nair UP. Detection of vertical root fractures by using cone-beam computed tomography: a clinical study. *J Endod.* 2011;37(6):768-72.
43. Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod.* 1997;23(1):5-14.
44. de Paula-Silva FW, Wu MK, Leonardo MR, da Silva LA, Wesselink PR. Accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography scans in diagnosing apical periodontitis using histopathological findings as a gold standard. *J Endod.* 2009;35(7):1009-12.
45. Fava LR, Dummer PM. Periapical radiographic techniques during endodontic diagnosis and treatment. *Int Endod J.* 1997;30(4):250-61.
46. Lofthag-Hansen S, Huumonen S, Grondahl K, Grondahl HG. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2007;103(1):114-9.
47. Low KM, Dula K, Burgin W, von Arx T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod.* 2008;34(5):557-62.
48. 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.
49. Stavropoulos A, Wenzel A. Accuracy of cone beam dental CT, intraoral digital and conventional film radiography for the detection of periapical lesions. An ex vivo study in pig jaws. *Clin Oral Investig.* 2007;11(1):101-6.

50. Ozen T, Kamburoglu K, Cebeci AR, Yuksel SP, Paksoy CS. Interpretation of chemically created periapical lesions using 2 different dental cone-beam computerized tomography units, an intraoral digital sensor, and conventional film. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 2009;107(3):426-32.
51. Maini A, Durning P, Drage N. Resorption: within or without? The benefit of cone-beam computed tomography when diagnosing a case of an internal/external resorption defect. *British dental journal*. 2008;204(3):135-7.
52. Patel S, Ricucci D, Durak C, Tay F. Internal root resorption: a review. *J Endod*. 2010;36(7):1107-21.
53. Hassan B, Metska ME, Ozok AR, van der Stelt P, Wesselink PR. Detection of vertical root fractures in endodontically treated teeth by a cone beam computed tomography scan. *J Endod*. 2009;35(5):719-22.
54. Pagonis TC, Fong CD, Hasselgren G. Retreatment decisions--a comparison between general practitioners and endodontic postgraduates. *J Endod*. 2000;26(4):240-1.
55. Endodontic Case Difficulty Assessment Form and Guidelines [Internet]. 2006 [cited Junio 2016].
56. Mota de Almeida FJ, Knutsson K, Flygare L. The effect of cone beam CT (CBCT) on therapeutic decision-making in endodontics. *Dento maxillo facial radiology*. 2014;43(4):20130137.
57. Balasundaram A, Shah P, Hoen MM, Wheeler MA, Bringas JS, Gartner A, et al. Comparison of cone-beam computed tomography and periapical radiography in predicting treatment decision for periapical lesions: a clinical study. *Int J Dent*. 2012;2012:920815.
58. Torabinejad M, White SN. Endodontic treatment options after unsuccessful initial root canal treatment: Alternatives to single-tooth implants. *Journal of the American Dental Association (1939)*. 2016;147(3):214-20.
59. Reit C, Grondahl HG. Endodontic retreatment decision making among a group of general practitioners. *Scand J Dent Res*. 1988;96(2):112-7.
60. Molander A, Reit C, Dahlen G, Kvist T. Microbiological status of root-filled teeth with apical periodontitis. *Int Endod J*. 1998;31(1):1-7.
61. Sundqvist G, Figdor D, Persson S, Sjogren U. Microbiologic analysis of teeth with failed endodontic treatment and the outcome of conservative re-treatment. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*. 1998;85(1):86-93.
62. de Chevigny C, Dao TT, Basrani BR, Marquis V, Farzaneh M, Abitbol S, et al. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study--phases 3 and 4: orthograde retreatment. *J Endod*. 2008;34(2):131-7.
63. Friedman S, Mor C. The success of endodontic therapy--healing and functionality. *Journal of the California Dental Association*. 2004;32(6):493-503.
64. Patel S, Wilson R, Dawood A, Mannocci F. The detection of periapical pathosis using periapical radiography and cone beam computed tomography - part 1: pre-operative status. *Int Endod J*. 2012;45(8):702-10.
65. 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.
66. Abella F, Patel S, Duran-Sindreu F, Mercade M, Bueno R, Roig M. An evaluation of the periapical status of teeth with necrotic pulps using periapical radiography and cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2014;47(4):387-96.
67. Gazelle GS, Seltzer SE, Judy PF. Assessment and validation of imaging methods and technologies. *Academic radiology.* 2003;10(8):894-6.
68. European Society of E, Patel S, Durack C, Abella F, Roig M, Shemesh H, et al. European Society of Endodontology position statement: the use of CBCT in endodontics. *Int Endod J.* 2014;47(6):502-4.
69. Farman AG. ALARA still applies. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2005;100(4):395-7.
70. Cohenca N, Simon JH, Mathur A, Malfaz JM. Clinical indications for digital imaging in dento-alveolar trauma. Part 2: root resorption. *Dental traumatology : official publication of International Association for Dental Traumatology.* 2007;23(2):105-13.
71. Qu XM, Li G, Ludlow JB, Zhang ZY, Ma XC. Effective radiation dose of ProMax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics.* 2010;110(6):770-6.

10. ANEXOS

Barcelona, 26 de febrer de 2014

Dr. Miquel Roig,
Universitat Internacional de Catalunya
Facultat d'Odontologia
C/ Josep Trueta s/n
08195 Sant Cugat del Vallés

Benvolgut Dr. Roig,

Amb la present, li comunico que la Comissió Acadèmica del Doctorat en Ciències de la Salut, en la seva sessió del passat 11 de febrer, i una vegada estudiada la seva sol·licitud va acordar aprovar el projecte de tesi amb títol "Variabilidad en la planificación del tratamiento endodóntico según visualización de tomografía computarizada de haz cónico" presentat per Gustavo Andrés Rodríguez Millán i que sigui admès al període d'investigació del Doctorat de Recerca en Salut.

Atès que els directors proposats no compleixen els requisits establerts pel Comitè de Direcció de l'Escola de Doctorat, es va nomenar al Dr. Roig, director del projecte de tesi.

Així el projecte de tesi serà dirigit pel Dr. Miquel Roig com a Director i el Dr. Rufino Bueno com a Codirector de la Tesi.

La Comissió Acadèmica del Programa de Doctorat en Salut, els hi vol transmetre els següents suggeriments de millora:

- Justificar la grandària de la mostra de cada subgrup

Per altre banda li fem saber que la normativa de la UIC estableix que s'ha d'obtenir una avaluació favorable del Comitè d'Ètica en la Recerca, abans del inici de la investigació. Haurà d'aportar aquest informe en quan l'obtingui.

Finalment el volem informar que per poder tramitar la matrícula es poden posar en contacte amb el Sr. Jaime Oliver.

Per qualsevol qüestió que vulguin comentar no dubtin en posar-se en contacte amb nosaltres.

Atentament,



Empar Lorda
Secretaria Comissió Acadèmica Ciències de la Salut
Escola de Doctorat
Universitat Internacional de Catalunya

ESCUELA DE DOCTORADO
COMUNICADO MODIFICACIÓN DIRECCIÓN

Barcelona, 26 de abril de 2017

Apreciado Gustavo Rodríguez,

Por la presente le comunico que la Comisión Académica de Doctorado en Ciencias de la Salud ha aceptado el cambio en la dirección de su tesis, se añade al Dr. Francesc Abella como director.

Título de la tesis: Variabilidad en la planificación del tratamiento endodóntico según visualización de tomografía computarizada de haz cónico

Director: Dr. Francesc Abella Sans

Codirector: Dr. Rufino Bueno Martínez

Universitat Internacional
de Catalunya
Escola de Doctorat

UIC
barcelona

Sònia Soriano
Secretaria Escuela de Doctorado

From: **The Journal of Endodontics** <support@elsevier.com>
Date: 2016-10-10 22:06 GMT+02:00
Subject: Acceptance of JOE Manuscript
To: franabella@uic.es

Ref.: Ms. No. JOE 16-716R1
Influence of cone-beam computed tomography in clinical decision-making among specialists

Dear Dr. Abella,

I am pleased to inform you that your manuscript has now been accepted for publication in Journal of Endodontics.

You will soon be contacted by our publisher to review the galley proofs.

When your paper is published on ScienceDirect, you want to make sure it gets the attention it deserves. To help you get your message across, Elsevier has developed a new, free service called AudioSlides: brief, webcast-style presentations that are shown (publicly available) next to your published article. This format gives you the opportunity to explain your research in your own words and attract interest. You will receive an invitation email to create an AudioSlides presentation shortly. For more information and examples, please visit <http://www.elsevier.com/audioslides>

This journal offers a free service called AudioSlides. These are brief, webcast-style presentations that are shown next to published articles on ScienceDirect and can be viewed for free. This format gives you the opportunity to explain your research in your own words and promote your work by embedding it on your own website and sharing in social media. For more information and examples, please visit <http://www.elsevier.com/audioslides> or watch our webinar: <https://www.publishingcampus.elsevier.com/pages/206/Tell-your-research-story-with-AudioSlides.html>

Thank you for submitting this manuscript. I look forward to seeing it published soon.

With kind regards,

Ken Hargreaves
Editor
Journal of Endodontics

From: **The Journal of Endodontics** <eesserver@eesmail.elsevier.com>
Date: 2017-04-03 0:39 GMT+02:00
Subject: Acceptance of JOE Manuscript
To: franabella@uic.es

Ref.: Ms. No. JOE 17-5R1
Influence of cone-beam computed tomography on endodontic retreatment strategies among general dental practitioners and endodontists

Dear Dr. Abella,

I am pleased to inform you that your manuscript has now been accepted for publication in Journal of Endodontics.

You will soon be contacted by our publisher to review the galley proofs.

When your paper is published on ScienceDirect, you want to make sure it gets the attention it deserves. To help you get your message across, Elsevier has developed a new, free service called AudioSlides: brief, webcast-style presentations that are shown (publicly available) next to your published article. This format gives you the opportunity to explain your research in your own words and attract interest. You will receive an invitation email to create an AudioSlides presentation shortly. For more information and examples, please visit <http://www.elsevier.com/audioslides>

This journal offers a free service called AudioSlides. These are brief, webcast-style presentations that are shown next to published articles on ScienceDirect and can be viewed for free. This format gives you the opportunity to explain your research in your own words and promote your work by embedding it on your own website and sharing in social media. For more information and examples, please visit <http://www.elsevier.com/audioslides> or watch our webinar: <https://www.publishingcampus.elsevier.com/pages/206/Tell-your-research-story-with-AudioSlides.html>

Thank you for submitting this manuscript. I look forward to seeing it published soon.

With kind regards,

Ken Hargreaves
Editor
Journal of Endodontics