



**ESTUDIO DE LA VELOCIDAD DE CURACIÓN ÓSEA TRAS LA
REALIZACIÓN DE LA CIRUGÍA PERIAPICAL MEDIANTE LA
TOMOGRFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO**

TESIS DOCTORAL

MARÍA AMPARO RAMIS ALARIO

DIRECTORES

PROF. DR. MIGUEL PEÑARROCHA DIAGO

PROF. DR. DAVID PEÑARROCHA OLTRA

DEPARTAMENT D'ESTOMATOLOGIA

FACULTAT DE MEDICINA I ODONTOLOGIA

UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

PROGRAMA DE DOCTORAT EN ODONTOLOGIA

(CODI 3143, RD 99/2011)

València, abril de 2022

AGRADECIMIENTOS

Quisiera en las siguientes líneas agradecer a todas aquellas personas que han contribuido en la realización de esta Tesis:

Al Prof. Dr. Miguel Peñarrocha por abrirme las puertas de su facultad, que en su día también fue la mía, involucrándome en este difícil proyecto, y debo decir que prometiéndome que sería fácil. He de destacar la paciencia que ha mostrado durante todos estos años que ha durado la realización de la tesis, pues al haber estado tanto tiempo sin pisar la facultad, mi nivel académico para afrontar una tesis no estaba a la altura. Ha demostrado estos 5 años, casi 6, un enorme interés, consiguiendo que una antigua alumna que, sin conocer ya apenas casi, desarrollase un trabajo de esta envergadura. Y aunque en varios momentos he estado a punto de tirar la toalla, por circunstancias laborales y familiares, siempre ha conseguido que desistiera en mi idea de abandonarla.

No menos agradecimiento merece el Prof. Dr. David Peñarrocha. Sin conocerme de nada, pues no llegamos a coincidir en la universidad, ha estado en todo momento a mi lado, haciendo aportaciones siempre muy acertadas y necesarias. Además, debo destacar su entusiasmo para resaltar las cosas buenas de mi estudio que, aunque al principio eran más bien pocas, conseguía con ello subir mi ánimo, motivándome así para trabajar en mi tesis y no desistir.

A los compañeros de artículos y doctores también, Beatriz Tarazona y David Soto. Ambos han sido unos excelentes compañeros de viaje, en la difícil tarea de presentar artículos en la comunidad científica. Cuando empezamos con el metanálisis, si realmente hubiera sabido el tiempo y esfuerzo que íbamos a invertir en ello, es muy probable que no lo hubiera realizado. David siempre conseguía inyectar positivismo con su visión de la vida y también con su admiración por la ciencia. Por otro lado, Beatriz desde su comprensión por estar en una situación familiar similar a la mía, aguantaba todos mis momentos de incertidumbre, haciendo que no me sintiera sola.

Sin olvidarme de Rafael Gálvez, cuya paciencia es infinita. Ha estado en todo momento ayudándome en los temas burocráticos que cada año se debían hacer, por no hablar del empujón final en el tema de presentar la tesis, que no es cosa fácil.

A Joel, el mejor compañero de vida, también le quiero agradecer su paciencia y tiempo invertido para que yo pudiera dedicarme a mi tesis. Además, su fe en que yo pudiera llevar a cabo este proyecto ha contribuido en parte también.

A Lluc y Sira, que sin entender muy bien porque su madre les robaba tiempo para realizar la tesis, y más aún Sira que nació durante la realización de la misma, han aceptado este hecho sin rechistar más de lo necesario.

A mis ángeles en el cielo, Salva y mi abuela Victoria, a quien siempre me dirijo en los momentos de baja, y a mis padres y hermanos que, aunque no han intervenido con su tiempo en esta tesis, si me han educado para esforzarme siempre al máximo.

A todos ellos, GRACIAS.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS	15
3.	OBJETIVOS	21
4.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	25
5.	MATERIAL Y MÉTODO	75
6.	RESULTADOS	117
7.	DISCUSIÓN.....	157
8.	CONCLUSIONES	185
9.	BIBLIOGRAFÍA	189
10.	ANEXOS	211
11.	PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL AUTOR SOBRE EL TEMA DE LA TESIS.....	225
12.	ARTÍCULOS PUBLICADOS SOBRE LA TESIS	231

1.INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La periodontitis apical persistente, o también llamada periodontitis apical postratamiento, se define como la respuesta inmunitaria del periodonto ante la presencia de microorganismos o de sus productos, en el interior del canal radicular previamente tratado, resultando en una reabsorción ósea como mecanismo de defensa ¹⁻³. Radiográficamente se observa una radiotransparencia conectada con la parte más apical de la raíz, y que excede al menos el doble de la anchura periodontal normal ⁴. Debido a que la periodontitis apical persistente es habitualmente asintomática, es muy frecuente que se detecte únicamente durante un examen radiográfico rutinario ⁵ donde se haya podido realizar una radiografía periapical o panorámica, o más recientemente, donde también se haya podido realizar una tomografía computarizada de haz cónico con otros fines que no fueran una revisión rutinaria.

La cirugía periapical permite eliminar dicha lesión alrededor del ápice radicular, conservando el diente causal ⁶. Se realizará en dientes cuya lesión periapical no pueda ser resuelta mediante un retratamiento endodóncico convencional ⁷. El procedimiento quirúrgico ha sido mejorado y el éxito de la cirugía periapical ha ido aumentando considerablemente en los últimos años, hasta alcanzar tasas que superan el 90% ⁸⁻¹¹. Varios son los estudios encargados de investigar los factores pronósticos que afectan al resultado de la cirugía apical, y un gran número de ellos incluyen el tamaño de la lesión como una variable importante ¹²⁻¹⁸. Teóricamente, en las lesiones periapicales de gran tamaño, la proliferación de fibroblastos desde el periostio hasta el defecto óseo resultará en la formación de un tejido de cicatrización en vez de una regeneración ósea tras la cirugía, derivando en una disminución de la cicatrización ¹⁹. También, es bien sabida la importancia del periostio como fuente de células osteo-competentes y como barrera en contra de la infiltración de células epiteliales al sitio cicatrizante; sin embargo, en lesiones periapicales de gran diámetro, el periostio se verá frecuentemente dañado por el proceso infeccioso ^{20,21}. Es por ello que, en algunos estudios, los resultados son mejores cuando las lesiones son más pequeñas, incluso algunos trabajos ponen cifras, afirmando que cuando estas lesiones tienen un diámetro inferior a 5 mm, los porcentajes de éxito tras la realización de la cirugía periapical son más favorables ²²⁻²⁵. Aunque en menor número, hay otros estudios que afirman que el resultado de la cirugía periapical no está correlacionado con el tamaño preoperatorio de la lesión ^{26,27}.

Además del estudio de la relación entre el tamaño preoperatorio de la lesión periapical y el pronóstico de la cirugía, también existen otros muchos factores, relacionados con el diente o con el paciente, que pueden afectar al pronóstico de la cirugía. La relación entre estos factores

y el pronóstico de la cirugía fue ampliamente estudiada en el metanálisis realizado por von Arx y Peñarrocha ²⁸, en él analizan la influencia en el éxito de la cirugía de los distintos factores relacionados con el diente, con el paciente y con la cirugía, descritos en los diferentes artículos científicos disponible hasta el 2010 incluyendo un total de 38 artículos. Así, en la literatura científica vemos bien estudiada la relación entre los factores preoperatorios y el pronóstico de la cirugía periapical, pero menos son los estudios que analizan la relación entre estos factores preoperatorios y el tamaño inicial del área periapical^{29,30}. Por otro lado, tampoco se ha estudiado la relación existente entre el tiempo necesario para la curación del área periapical y estos mismos factores preoperatorios.

Para obtener un adecuado diagnóstico, pre y postoperatorio, un exacto plan de tratamiento y poder evaluar los resultados de la cirugía periapical, es indispensable disponer de unos adecuados registros radiográficos ³¹. Pudiendo ser estos registros bidimensionales, como son la radiografía periapical y la radiografía panorámica, o tridimensionales como lo es la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC). La radiografía periapical es todavía el método más comúnmente utilizado tanto para el diagnóstico de esta patología como para el seguimiento tras la realización de la cirugía ³². Pero las imágenes convencionales, comprendiendo aquí a ambos métodos bidimensionales periapical y panorámica, comprimen la anatomía tridimensional en una imagen bidimensional, limitando así en gran parte la calidad diagnóstica ³³. Además, las lesiones pequeñas que están limitadas a hueso esponjoso difícilmente pueden ser detectadas por las radiografías bidimensionales, debido a la superposición de la cortical ósea ³⁴. Los clínicos deberían ser conscientes de que el tamaño de la lesión periapical está frecuentemente subestimado y que, en algunos casos, estas lesiones, no pueden ser detectadas por las radiografías periapicales, por lo que la presencia de la patología periapical persistente no puede ser descartada en todos los casos cuya radiotransparencia no sea observada en las radiografías ³⁴⁻³⁸. Es por ello, que, en los últimos años, el uso de la TCHC ha aumentado en el diagnóstico y tratamiento de los problemas endodóncicos, incluso en el seguimiento de la cirugía periapical ³². La TCHC permite una visualización tridimensional del objetivo y minimiza el ruido anatómico de las estructuras superpuestas ³⁹. Varios estudios han demostrado que las imágenes obtenidas con la TCHC muestran tasas de detección mayor de la periodontitis apical que la radiografía periapical, por lo que la TCHC se muestra como una herramienta convincente para la detección de la periodontitis apical ³⁹⁻⁴⁸.

Por otro lado, aunque la TCHC posee un mejor rendimiento diagnóstico que las imágenes bidimensionales, existen dos razones frecuentes para no usar este método diagnóstico, que son el coste económico del aparato y el espacio necesario para la instalación de este según un

estudio basado en encuestas en los Estados Unidos ⁴⁹. Un hecho que puede representar un problema crítico en otros países en desarrollo, con ingresos más bajos, donde la radiografía bidimensional a menudo se usa todavía en la toma de decisiones.

Mención especial merecen las lesiones periapicales cercanas al seno maxilar. Es muy frecuente que los senos maxilares, al contrario que los otros senos paranasales, aparezcan en las radiografías realizadas a los dientes, y en el caso de la tomografía también aparecerán frecuentemente, aunque limitemos el campo de visión. Habitualmente las lesiones periapicales pasarán desapercibidas al ser evaluadas con los métodos radiográficos bidimensionales cuando el seno maxilar se encuentra entre las raíces, no siendo así cuando se estudian con la TCHC ⁵⁰. También la inflamación de la mucosa sinusal puede tener un origen dental y podría ser detectada radiológicamente⁵¹. El conocimiento de la relación de las áreas periapicales con el seno maxilar será importante para la planificación de la cirugía periapical, así como también para evitar posibles complicaciones ^{52,53}.

El propósito del presente trabajo es estudiar la velocidad de la curación ósea tras la realización de la cirugía periapical a través del análisis de las imágenes obtenidas con la TCHC.

2.JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

2. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

La prevalencia de la periodontitis apical persistente varía según los estudios, pudiendo oscilar desde un 21,7% hasta un 64,5% de los dientes endodonciados⁶, y aunque los porcentajes varían bastante de unos estudios a otros, en cualquier caso, se trata de una prevalencia muy elevada. Es por ello que, la odontología debe responder de manera clara a esta patología. Así, la elección entre la realización de tratamientos destinados a la preservación del diente, como son el retratamiento endodóntico o la realización de la cirugía periapical, o por el contrario la realización de la exodoncia y colocación de un implante dental es un dilema clínico que nos planteamos en la práctica clínica diaria. Aunque como es evidente, siempre que sea posible nos decantaremos por la preservación del diente. De los tratamientos disponibles para conservar el diente en boca, en los casos de periodontitis apical en dientes endodonciados, siempre que se pueda se debe realizar la reendodoncia. Pero en muchas ocasiones, debido a factores anatómicos del diente o por otras causas, como puede ser la existencia de un poste intrarradicular que no se puede retirar o cuando el área periapical alcanza un tamaño considerable, no es posible realizar la reendodoncia; siendo entonces cuando nos planteamos la realización de la cirugía periapical. Así que, viendo la prevalencia que presenta la periodontitis apical persistente⁶ y su dificultad para ser resuelta en numerosas ocasiones con un retratamiento endodóntico, podemos considerar que la cirugía periapical puede ser un tratamiento que se necesite realizar con frecuencia en la clínica dental.

Por otra parte, tanto la aparición de la periodontitis apical, como su evolución postoperatoria tras la cirugía periapical, son diagnosticados y evaluados con un seguimiento clínico y radiográfico. Pero debido a que la patología periapical persistente puede ser clínicamente asintomática en numerosas ocasiones, el estudio radiológico es esencial para determinar la presencia de esta patología, así como también el tamaño de la misma y su relación con estructuras anatómicas vecinas. El método radiográfico utilizado para el diagnóstico ha sido históricamente la radiografía periapical, aunque en los últimos años ha cobrado una especial importancia la TCHC, pues ha demostrado su superioridad en el diagnóstico de esta patología^{4,55}. Menos frecuente es el estudio de la evolución tras la realización de la cirugía periapical con la TCHC, que generalmente se hace el seguimiento con la radiografía periapical, y sabiendo la incapacidad de este método para la detección de esta patología en muchos casos durante el preoperatorio, cabe esperar tasas de curación más optimistas que las reales. Es por ello por lo que se necesitan más trabajos en los que se estudie la curación tras la realización de la cirugía

periapical mediante la TCHC, para poder confirmar las tasas de curación que actualmente se manejan.

Además del estudio del éxito en la curación, también es importante los tiempos de curación tras la realización de la cirugía apical, pues en numerosas ocasiones, del pronóstico del diente pueden depender otros tratamientos previstos por el odontólogo, como podría ser la utilización del diente en cuestión para un pilar de prótesis dentosoportada, o también ocurre que el paciente nos pide información sobre el tiempo de seguimiento necesario tras la cirugía periapical. Por lo que sería interesante saber cuánto tiempo va a necesitarse para obtener una curación completa del diente en cuestión. También cabría pensar que el tiempo de curación tras la cirugía podría depender de muchos factores que influyeran negativa o positivamente, es decir, aumentando o disminuyendo el tiempo, por lo que sería interesante analizar estos factores. Esta relación, entre la velocidad de cicatrización y los factores preoperatorios relacionados con el paciente o con el diente, no ha sido analizada en los estudios científicos hasta el momento. A su vez, estos mismos factores, además de influir en la velocidad de curación, podrían afectar el resultado final de la misma, ayudando a un resultado positivo de la cirugía o, por el contrario, a un fracaso de esta; así como también podrían tener alguna relación con el tamaño preoperatorio de la lesión periapical.

Por todo lo anteriormente mencionado, y con el fin de intentar mejorar la evidencia científica disponible sobre la curación en cirugía periapical, se ha realizado el siguiente trabajo de investigación, con el fin de evaluar los tiempos de curación radiográficos tras esta cirugía y los porcentajes de éxito, así como también la influencia de algunos factores dependientes del paciente, como son el sexo, la edad, el tabaco, la higiene oral y los síntomas y signos clínicos, y dependientes del diente, como el tipo de diente, arcada dental, elemento de retención intrarradicular, altura de la cresta ósea, estado preoperatorio de la cortical ósea y engrosamiento de la membrana sinusal, en los tiempos de curación y los porcentajes de éxito de la cirugía.

También se ha analizado si existe alguna relación entre el engrosamiento sinusal preoperatorio y la cercanía de las lesiones al seno maxilar, para los molares y premolares superiores con patología periapical. Además, se ha estudiado si se han producido cambios significativos en dicho engrosamiento tras la cirugía periapical.

Se plantearon las siguientes hipótesis de trabajo:

Hipótesis principales:

1. Respecto al estado de la curación ósea tras la cirugía periapical, estudiado a través de la TCHC:

1.1 Al comparar los volúmenes de las áreas periapicales iniciales con los medidos durante el período de control, encontramos diferencias significativas. Con una reducción de volumen importante, en términos de porcentaje, visible en las imágenes de control.

1.2 No se observa ninguna relación entre el estado de la curación ósea y los factores estudiados relacionados con el paciente, siendo estos el sexo, la edad, el tabaco, la higiene oral y los síntomas y signos clínicos. Así como tampoco se observa relación alguna de estos factores con la velocidad de curación ósea.

1.3 Los factores estudiados relacionados con el diente, que fueron el tipo de diente, la arcada dental, la existencia de elementos de retención radicular, la altura de la cresta ósea, el estado de la cortical ósea y el engrosamiento de la membrana sinusal tampoco tienen ninguna relación con el estado de curación, ni con la velocidad de curación.

2. La sensibilidad diagnóstica de las radiografías periapical y panorámica son similares entre sí, y similares a la obtenida por la TCHC, considerada como el método de referencia. Además, dicha sensibilidad no varía entre el período preoperatorio y el período de control tras la realización de la cirugía periapical.

Hipótesis secundarias:

1. En el caso de los molares y premolares superiores, no existen diferencias en lo que se refiere al engrosamiento sinusal, entre las lesiones periapicales que están a menos de un mm del seno maxilar y las que están a más de un mm de distancia del seno en el estudio preoperatorio.

2. Para los molares y premolares superiores donde se estudió el engrosamiento sinusal, no existen cambios significativos al comparar el engrosamiento preoperatorio y el medido durante el período de control.

3.OBJETIVOS

3. OBJETIVOS

Objetivos principales:

1. Evaluar la curación ósea tras la realización de la cirugía periapical y su velocidad, mediante el estudio de las imágenes de TCHC, con relación a:
 - 1.1. Cambios volumétricos apreciables entre la tomografía preoperatoria y la de control, y su relación con el tiempo transcurrido
 - 1.2. Factores del paciente (sexo, edad, tabaco, higiene dental, síntomas y signos clínicos)
 - 1.3. Factores relacionados con el diente (tipo de diente, arcada dental, elemento de retención intrarradicular, altura de la cresta ósea, estado de la cortical ósea y engrosamiento de la membrana sinusal)
2. Comparación de la sensibilidad diagnóstica entre la radiografía periapical, la radiografía panorámica y la TCHC, tanto en la fase preoperatoria como durante el período de control tras la realización de la cirugía periapical.

Objetivos secundarios:

En el caso de los dientes relacionados con el seno, se estudió:

1. La relación entre el engrosamiento de la membrana sinusal y la proximidad de la lesión al seno, durante el preoperatorio.
2. La existencia de cambios en el engrosamiento de la membrana sinusal tras la cirugía periapical.

4.REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En el siguiente apartado se ha desarrollado una revisión narrativa sobre los aspectos más relevantes de esta tesis doctoral. Además, se ha realizado una revisión sistemática y metanálisis sobre los métodos radiológicos que se utilizan para el diagnóstico de la patología periapical, ya que es la clave de este proyecto de investigación.

4.1 Revisión bibliográfica de los métodos radiológicos en el diagnóstico de la patología periapical. Ventajas e inconvenientes

La radiografía periapical es el método de elección para el diagnóstico de la periodontitis apical^{39,56}, sin embargo, este tipo de radiografía corresponde a una imagen bidimensional representando una estructura tridimensional. Lo mismo sucede con la radiografía panorámica, que, aunque nos da una visión mucho más amplia, no es la radiografía de elección para detectar esta patología, y presenta los mismos inconvenientes que la radiografía periapical⁵⁷. Son varios los estudios que demuestran que la prevalencia de la patología periapical es más alta al estudiarla con la TCHC que cuando se hace a través de las radiografías convencionales.⁵⁸⁻⁶¹

El primer prototipo de Tomografía computarizada de haz cónico fue desarrollado en 1982 para aplicaciones angiográficas⁶². Y es a final de los años 1990, cuando se adapta la tecnología de haz cónico al ámbito bucal⁶³. La TCHC utiliza una radiación de haz cónico que realiza una sola rotación alrededor del paciente, pudiendo ser de 180° o 360°, dependiendo del modelo. Una fuente cónica divergente de radiación ionizante se dirige a través del centro del campo de interés hacia un área detectora de rayos X en el lado opuesto, un sensor con una gran superficie de detección. Ambos giran alrededor de un fulcro de rotación fijado en el centro de la región de interés. Durante esta rotación se adquieren múltiples imágenes planas secuenciales de la proyección del campo visual. Debido a que la exposición involucra a todo el campo visual, sólo una secuencia rotacional es necesaria para adquirir suficientes datos para la reconstrucción de la imagen por completo⁶⁴.

El corte histológico sería el ideal como referencia estándar para confirmar la validez de los tres métodos radiográficos en el diagnóstico de la presencia o ausencia de la patología periapical, sin embargo, esto no siempre es posible en un estudio clínico in vivo⁴⁷, ya que sí sería posible su obtención durante la cirugía periapical pero no sería posible su obtención durante el período de control sin una reintervención quirúrgica. En cuanto a la medición en boca, del área periapical, durante el momento de la cirugía, es un procedimiento bastante complicado. Pues generalmente se trata de una cavidad cóncava, donde la perforación suele ser menor que el

mayor diámetro de la lesión y no estaría justificado ampliar la ventana, para poder realizar la medida de la cavidad in vivo. Existe un estudio previo a la TCHC, que realiza dichas mediciones, en él se mide la altura y la anchura de la ventana ósea de acceso realizada durante la cirugía, así como también realiza otra medición lineal para calcular la profundidad de la cavidad ósea, midiendo desde vestibular hasta la pared palatina de la cavidad; y con estas tres mediciones calcula el volumen aproximado de la cripta ósea¹³, calculando el volumen como si se tratara de un cubo ideal, y claro está que las áreas periapicales tienen formas irregulares por lo que este cálculo del volumen no simula los valores reales.

En un estudio realizado en perros, se ha demostrado que la periodontitis apical puede ser detectada por la radiografía convencional en tan solo 15-30 días desde que empieza la enfermedad, sin embargo, con la TCHC es posible detectar la patología desde solo 7 días de su inicio⁶⁵. En ciertas situaciones, como por ejemplo reabsorciones radiculares y en la valoración de la cirugía periapical, la visualización tridimensional del problema endodóntico es de gran ayuda. En estas circunstancias, las imágenes tridimensionales proporcionadas por la TCHC son extremadamente útiles³³.

4.1.1 Ventajas, inconvenientes y limitaciones de las radiografías bidimensionales

La radiografía intraoral está basada en la transmisión, atenuación y grabación de los rayos X en una placa radiográfica analógica o en un receptor digital. Este tipo de radiografía en dos dimensiones proporciona una relación coste-beneficio y una resolución, que la siguen situando como el método más popular para la obtención de imágenes indirectas en odontología actualmente⁶⁶. No se encuentran diferencias entre la elección del método digital o el analógico en lo que a la detección de la patología periapical se refiere^{67,68}. Pero este tipo de radiografía, tanto las analógicas como los sensores digitales, ofrecen información limitada por varios motivos que se explican a continuación:

1. Compresión de la anatomía tridimensional: las radiografías convencionales comprimen la anatomía tridimensional en imágenes bidimensionales, limitando así el diagnóstico. Ofrecen una visión de vestibular a lingual, pero importantes características del diente y sus tejidos circundantes se observarán solo en la proyección mesio-distal⁶⁹.

En los molares maxilares, las raíces bucal y palatina pueden superponerse, por lo que puede dificultar la identificación de la raíz afectada, y por ello obstaculizar un buen diagnóstico¹⁶. Lo mismo sucede con las raíces que presentan más de un conducto radicular. Siendo habitual en las raíces mesiales de los molares superiores y en los premolares superiores, en los cuales, la radiografía en dos dimensiones nos puede hacer pensar en la existencia de un solo conducto.

Por lo que muchas veces, si la endodoncia no ha sido muy cuidadosa, y no se ha realizado un adecuado acceso cameral, es posible que ese conducto no haya sido tratado, y haya aparecido como consecuencia la infección periapical. Este problema también puede aparecer en otros dientes que habitualmente no presentan dos conductos, pero que esporádicamente pueden hacerlo, siendo el caso de incisivos inferiores, caninos y premolares inferiores ³³.

En un intento por superar las limitaciones de las radiografías convencionales, exposiciones adicionales con variaciones de entre 10 y 15° en la posición horizontal del tubo podrían ser consideradas. Varias radiografías intraorales realizadas desde diferentes ángulos podrían ser necesarias para diagnosticar traumatismos dentarios (como fracturas radicales o luxaciones dentarias) o separar raíces o conductos que podrían superponerse en el mismo plano que el haz de rayos X (caso frecuente del 2º conducto mesiovestibular del primer molar maxilar). Aunque múltiples proyecciones radiográficas intraorales tampoco garantizan la identificación de todas las características anatómicas o enfermedades posibles ^{70,71}. De hecho, para la identificación de posibles áreas radiotransparentes asociadas a los dientes, actualmente no está justificada la realización de una radiografía periapical adicional cambiando la angulación ⁴⁷.

II. Distorsión geométrica: Para una reproducción exacta de la anatomía del área periapical, el receptor de rayos X debe estar paralelo al eje axial del diente, y el haz de rayos X debe incidir perpendicularmente al diente y al receptor. Esto es más factible en la región posterior de la mandíbula, donde el suelo de la boca acomoda confortablemente al sensor radiológico, aunque también hay limitaciones en ciertos pacientes con bocas pequeñas o poca tolerancia al receptor ⁷². Pero en el maxilar superior, una bóveda palatina poco profunda, puede impedir la colocación ideal del sensor, incluso aunque se utilicen posicionadores radiográficos. Lo que desembocará en una distorsión radiográfica de la imagen ⁷³. Esto sucedía en menor medida con la radiografía analógica, pues es más elástica, y permite mejor adaptabilidad, pero por otro lado, la radiación es mayor. Una situación parecida ocurre en los incisivos inferiores, pues rara vez cabe el sensor de manera totalmente paralela al eje axial de estos dientes, siendo habitual una leve inclinación del sensor. Algunos autores argumentan que, aunque se hagan las radiografías perfectamente posicionadas, cabe esperar aproximadamente un 5% de magnificación en la imagen final, debido a la separación entre la placa y el diente, más aún en maxilar superior. Este efecto se puede reducir, con una adecuada distancia entre la placa y el tubo ^{74,75}.

Posicionar el sensor paralelo a todas las raíces va a ser posible en dientes con raíces rectas. Sin embargo, no es infrecuente que los dientes multiradicales presenten raíces divergentes o convergentes. En estas situaciones es imposible eliminar completamente cierto grado de

distorsión o magnificación, por lo que no se podrán realizar todas las mediciones en una sola proyección sin cierto grado de distorsión. Esto cobra especial relevancia en la zona posterior maxilar ⁶⁰.

III. Ruido anatómico: determinadas características anatómicas pueden obstaculizar el área de interés, resultando en una dificultad para la interpretación de las imágenes radiográficas. Estas características anatómicas pueden ser radiopacas (como por ejemplo el arco cigomático) o radiotransparentes (es el caso del seno maxilar). Cuanto más complejo es el ruido anatómico, más grande es la reducción de contraste en el área de interés, y como resultado más difícil será la interpretación ^{76,77}.

Las superposiciones anatómicas que nos pueden llevar a equivocación son: la superposición del canal incisivo que puede hacernos pensar en un área periapical en los incisivos centrales superiores, en el caso de los molares maxilares también puede crear confusión la superposición del seno maxilar, la superposición de los tejidos blandos nasales en la zona de incisivos superiores y lo mismo ocurre con la salida del nervio mentoniano a la altura de los premolares inferiores, que podría simular la existencia de un área periapical a nivel de éstos ⁷⁸.

Las lesiones periapicales reducidas al hueso esponjoso, que no afectan a la cortical, raramente son detectadas por los métodos radiográficos convencionales. Una lesión de un cierto tamaño puede ser detectada si está cubierta por una cortical muy fina, sin embargo, la misma lesión cubierta por una cortical más gruesa, puede no ser visible a las radiografías en dos dimensiones. Los ápices de las raíces de los incisivos maxilares están muy cercanos a la cortical vestibular, por lo que la cortical suele desaparecer tempranamente facilitando la visualización de la lesión periapical. En otras zonas como los molares mandibulares, donde la cortical es más gruesa y las raíces están más alejadas de la misma, la apariencia radiográfica será menos clara ^{35,79}.

Para ser visible radiográficamente, a través de la panorámica o la periapical, la radiotransparencia debe alcanzar al menos entre el 30% y el 50% de desmineralización ósea ³⁵. Otras condiciones como alteraciones anatómicas apicales, densidad del hueso circundante, angulación del tubo de rayos X y el contraste radiográfico, también pueden influir en la interpretación radiográfica ⁸⁰. Incluso cuando los síntomas clínicos están presentes, la radiografía periapical o la panorámica, no siempre van a detectar cambios patológicos visibles ⁶⁰.

También se debe tener en cuenta que la calidad del relleno radicular obtenido con la endodoncia, no se puede valorar adecuadamente con las radiografías bidimensionales. Estudios in vitro demuestran que los defectos en el relleno radicular se observan mejor en las radiografías

mesiodistales que en la vestibulolinguales. Lo cual no se puede realizar en boca, pues no es posible realizar la proyección mesiodistal⁸¹.

La exactitud diagnóstica para la detección de la patología periapical, entre la radiografía periapical y la panorámica, no es la misma. Aunque son pocos los estudios que incluyen la panorámica en el estudio, los que sí lo hacen, concluyen que la exactitud diagnóstica es significativamente mayor para las radiografías periapicales^{41,82,83}.

En cuanto a la radiografía panorámica cabe destacar que dota de una exhaustiva visión bidimensional de los maxilares. Su extensa cobertura de las estructuras maxilo-mandibulares, su baja dosis de radiación, corto periodo de exposición y su comodidad y simplicidad, forman parte de sus ventajas⁸⁴.

Los inconvenientes de la radiografía panorámica son: baja calidad de la imagen en comparación con las radiografías periapicales, distorsión geométrica (que se muestra como una magnificación y elongación desigual de las distintas estructuras), solapamiento en la región de los premolares, superposiciones de las vértebras cervicales en la región de los incisivos y presencia de imágenes falsas. La radiografía panorámica consiste en tres imágenes superpuestas en una, una imagen posteroanterior de las estructuras localizadas mesialmente a los caninos, y dos imágenes laterales de las estructuras localizadas distalmente a los caninos. Esto podría restar credibilidad a las mediciones realizadas sobre la misma⁸⁵.

Se cometen una serie de errores comunes a la hora de hacer las mediciones de las áreas periapicales en las radiografías panorámicas en comparación a la TCHC⁸⁶:

- La longitud de los dientes anteriores medida en la TCHC es, en la mayoría de los casos, mayor que la medida obtenida en la radiografía panorámica. Esto puede ser debido a la inclinación bucal de la tabla vestibular, por lo que las medidas obtenidas de las áreas radiotransparentes de estos dientes también pueden verse menores en la radiografía panorámica de lo que es en realidad.
- En algunas ocasiones, las mediciones realizadas a nivel de los premolares en la radiografía panorámica son mayores que las realizadas en la TCHC. Tanto en altura como en anchura.
- A nivel de los molares, las mediciones realizadas en referencia a la altura suelen ser bastante verídicas, siempre y cuando no se vean enmascaradas por el seno maxilar, lo cual, por otro lado, es bastante común.

- En cuanto a la anchura medida en la zona de molares, en la radiografía panorámica suelen ser menor que en la TCHC.

Se debe tener en cuenta a la hora de hacer las mediciones sobre la panorámica, que los errores en la posición de la cabeza causarán distorsiones en el plano horizontal más frecuentemente que en el vertical, especialmente en la zona anterior de los maxilares. Si el plano sagital medio del paciente no está simétrico con la proyección del rayo, los premolares y molares, y por consiguiente su área periapical, aparecerán más anchos en un lado que en el otro ⁵⁷.

4.1.2 Ventajas, inconvenientes y limitaciones de la TCHC

En primer lugar, vamos a comparar la TCHC respecto a la TC. Se muestra a continuación la tabla 1 con las diferencias entre ambas ^{69,87-90}:

TC	TCHC
<ul style="list-style-type: none"> • Detector CCD 	<ul style="list-style-type: none"> • Detector CCD o de panel plano
<ul style="list-style-type: none"> • Haz plano 	<ul style="list-style-type: none"> • Haz cónico
<ul style="list-style-type: none"> • Múltiples rotaciones de 360°. En cada rotación una imagen 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 rotación de entre 360-180°. Por cada grado 1-2 imágenes
<ul style="list-style-type: none"> • Vóxeles anisotrópicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Vóxeles isotrópicos
<ul style="list-style-type: none"> • Grosor de los cortes $\pm 1\text{mm}$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Grosor de los cortes $< 1\text{mm}$
<ul style="list-style-type: none"> • Dosis de radiación elevadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Dosis de radiación más bajas
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor coste económico 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor coste económico
<ul style="list-style-type: none"> • Ocupa más espacio 	<ul style="list-style-type: none"> • Ocupa menos espacio
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor dificultad de manejo 	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil manejo
<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de evaluación de tejidos blandos 	<ul style="list-style-type: none"> • No es adecuado para la evaluación de tejidos blandos
<ul style="list-style-type: none"> • Posibilidad de realizar mediciones de densidad ósea (unidades Hounsfield) 	<ul style="list-style-type: none"> • Información limitada sobre la densidad ósea

Tabla 1. Diferencias entre la Tomografía computarizada y la Tomografía computarizada de haz cónico.

Con el detector CCD (Dispositivo de carga acoplada) se pueden crear distorsiones geométricas que se deberán procesar después con el programa informático pertinente ⁸⁹.

La TCHC utiliza un haz de rayos X en forma cónica y adquiere el volumen total de imágenes con solamente una rotación alrededor del paciente, la rotación varía entre 180° y 360°, mientras que el TC utiliza rayos paralelos entre sí, estrechos, en forma de abanico (fan beam) que giran alrededor de un aro de detectores, todo esto mientras el paciente es movido continuamente por una mesa que pasa dentro de este aro ⁸⁹.

La resolución de la imagen en el TC es anisotrópica y no uniforme, puesto que trabaja con vóxeles anisotrópicos, cuya altura y anchura no son iguales (fig. 1). Es por ello que, en el TC, la posición del paciente es muy importante, la imagen debe obtenerse directamente, no se puede reformatear ni girar, ya que si se rota se crearán distorsiones ^{69,89}. La TCHC trabaja con vóxeles isotrópicos que tienen las mismas dimensiones en los tres ejes del espacio ^{69,91} (fig. 1). Debido a esto, los errores de malposición del paciente durante el escaneado pueden ser corregidos y ajustados posteriormente de manera interactiva, sin que existan problemas de distorsión ⁹². Es por ello también, que las mediciones realizadas sobre el esqueleto maxilofacial son más fiables en la TCHC que en el TC. Lo cual es de gran ayuda para el estudio que nos ocupa ⁶⁹.



Figura 1. Vóxel anisotrópico en la Tomografía convencional y vóxel isotrópico en la TCHC

El tamaño del vóxel también influirá en la imagen. Con tamaños menores de vóxel, la imagen será mejor. Pero esto implicará mayor tiempo de escaneado, y por lo tanto mayor radiación; por lo que se debe tener en cuenta el criterio ALARA (*As low as reasonably achievable*, es decir, tan bajo como sea razonablemente alcanzable) para evaluar cada caso en concreto según lo que convenga. El tamaño de vóxel puede variar entre 0,076 y 0,4 mm³ ^{93,94}.

La TCHC emite rayos de forma intermitente y tiene un campo visual más reducido, lo que disminuye considerablemente la dosis de radiación absorbida por el paciente, y reduce el tiempo de examen en menos de un minuto, la duración media suele oscilar entre 10 y 40 segundos. Mientras que, en el TC, el haz de rayos se emite de manera continua, el campo visual es notablemente más amplio y el tiempo de examen es de 20 minutos, haciendo que la dosis emitida sea mucho mayor ^{63,92,95}. Así, la radiación con la TCHC es mucho menor que con el TC, algunos artículos afirman que puede llegar a ser 400 veces menor ⁹². Aunque, sin embargo, si es mayor que la radiación producida con la radiografía panorámica, la telerradiografía y la radiografía periapical ⁹⁵.

La TCHC usa un hardware más simple y económico que el TC. La reconstrucción de los datos puede hacerse en un ordenador que bien puede ser personal, a diferencia de los TC convencionales, donde son necesarios varios equipos de alto rendimiento para la obtención de la imagen, un equipo para la adquisición de las imágenes y un equipo para el procesamiento de

las imágenes. Lo que hace que el precio final de la TC sea muy superior a la TCHC. Esto se traduce en un aumento del uso de la TCHC en las clínicas dentales ^{69,96}. Comparado con el TC convencional, la TCHC tiene un tamaño mucho más pequeño, lo que es de gran ayuda para su posicionamiento en la clínica dental ⁹⁷.

Se hace inevitable, hablar entonces de la Dosis absorbida, efectiva y equivalente ^{88,98}.

- *Dosis absorbida* es la cantidad de energía que deposita la radiación por cantidad de masa radiada. Cuya unidad de medida es el Gray (Gy).
- La *dosis efectiva* es la suma ponderada de las dosis absorbidas por los diferentes órganos radiosensibles, o también podría definirse como la mínima cantidad de radiación necesaria para obtener una imagen de calidad. Y su magnitud se obtiene de multiplicar la dosis equivalente por un factor que tiene en cuenta la sensibilidad de los órganos a la radiación.
- Y, por último, la *dosis equivalente* es la magnitud que se obtiene de multiplicar la dosis absorbida por un factor que depende del tipo de radiación, para así tener en cuenta el daño que producen los distintos tipos de radiaciones ionizantes. Su unidad de medida es el Sievert (Sv)

Para una comparación significativa del riesgo de radiación, las exposiciones a la radiación son convertidas en Dosis efectiva, que se miden en Sieverts (SV). Como se trata de una unidad demasiado grande cuando se aplica al ámbito oral, en nuestro campo se usan los miliSieverts (10^{-3} mSv) o microSieverts (10^{-6} μSv). La dosis de radiación para los tejidos específicos es medida, ajustada según la cantidad de tejido en el campo de visión, y pesada en base a la radiosensibilidad del tejido. La dosis ponderada del tejido es entonces sumada para evaluar la Dosis Efectiva ⁹⁶. Los órganos o tejidos usados para calcular la dosis efectiva son especificados por la Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Los órganos usados para calcular la dosis efectiva en la cabeza incluyen la médula ósea, tiroides, esófago, piel, superficie ósea, glándulas salivales, cerebro y después ya el resto de los tejidos ^{96,98}.

A continuación, se muestra la tabla de límite de dosis con las que se trabaja actualmente (tabla 2):

	Límites de dosis	
	Trabajadores	Público
Dosis efectiva	20 mSv/año promediado a lo largo de períodos definidos de 5 años ¹	1 mSv en un año ²
Dosis equivalente ³ anual en:		
Cristalino	150 mSv	15 mSv
Piel	500 mSv	50 mSv
Manos y pies	500 mSv	–
<p>1. Con el requisito adicional de que la dosis efectiva no debería superar 50 mSv en un año cualquiera.</p> <p>2. Bajo condiciones excepcionales se podría permitir una dosis efectiva más alta en un único año, siempre que la media de 5 años no supere 1 mSv/año.</p> <p>3. La limitación de la dosis efectiva asegura una protección contra efectos estocásticos. Hay límite adicional para exposiciones locales (Dosis equivalente) para evitar los efectos deterministas.</p>		

Tabla 2. Artículo 9 y 10 del Real Decreto 783/2001

En la siguiente tabla aparecen las distintas radiaciones emitidas por cada uno de los equipos utilizados habitualmente en odontología ⁹⁹ (tabla 3):

	Dosis efectiva (μSv)
Radiografía intraoral	<1,5
Radiografía Panorámica	2,7-24,3
Telerradiografía Lateral	<6
TCHC (small FOV)	48-652
TCHC (large FOV)	68-1073
Tomografía médica	280-1410

Tabla 3. Dosis efectiva de las radiografías convencionales y de la TCHC en μSv.

Para poderlo entender mejor, en un país como Estados Unidos, la dosis efectiva media anual proveniente de la radiación ambiental es de 3.000 μSv (3,0 mSv) ⁹⁶.

La dosis de radiación se verá influida por: talla del paciente, FOV, región de interés, resolución, tipo de equipo, tiempo de exposición y la energía/potencial (kV) ¹⁰⁰. Una adecuada selección de estos parámetros es necesaria para optimizar el diagnóstico y la radiación producida sobre el paciente. Atendiendo a las recomendaciones del Sistema de Protección Radiológico (ICRP, 2009) el riesgo para un adulto de padecer un tumor maligno debido a la TCHC está entre 1/100.000 y

1/350.000, y para un niño el riesgo puede ser el doble como mucho. Por lo que, los beneficios de la TCHC para el diagnóstico de enfermedades y la planificación quirúrgica son indiscutibles, sin embargo, debido a la radiación extra que supone, debe estar correctamente justificado ¹⁰¹.

Para la evaluación del área periapical con la TCHC, se puede reducir la dosis de radiación sin que tenga un perjuicio en la veracidad de las mediciones realizadas de dicha área ^{102,103}. No siendo así para el estudio de otros datos de interés, como podría ser el hallazgo de más de un conducto en una misma raíz ⁴⁷. La dosis de radiación puede reducirse disminuyendo el tamaño del campo de visión o FOV, aumentando el tamaño del vóxel y reduciendo el número de proyecciones realizadas por la fuente de rayos X. Disminuyendo el FOV, se consigue irradiar la zona elegida, limitando a la vez las otras zonas que no son de interés. Así se contribuye a una excelente resolución a la vez que se minimizan los riesgos sobre el paciente ^{57,95}.

La solución a un tratamiento radicular fallido ya sea quirúrgica o no, será tanto más efectiva cuanto antes se diagnostique la patología periapical persistente. Esta temprana identificación cambia con la TCHC, traduciéndose en un diagnóstico más precoz y un manejo más efectivo de la enfermedad periapical. En las situaciones donde los pacientes tienen escasa sintomatología asociada con raíces no tratadas o previamente endodonciadas, y el examen clínico y radiográfico convencional no muestran signos de enfermedad, la TCHC puede revelar la presencia de una patología previamente no diagnosticada ^{69,87}. El ligamento periodontal presenta como media una anchura de 200 μm , cuando el diente está sano, por lo que es recomendable que la TCHC alcance una resolución que pueda detectar alteraciones de esta magnitud ⁹⁶.

La imagen tridimensional permite relacionar los ápices radiculares con las estructuras anatómicas vecinas, como es el canal mandibular inferior, el agujero mentoniano y el seno maxilar, quedando perfectamente situados antes de cualquier intervención ⁵⁹. Así se puede estudiar la raíz palatina de los molares maxilares, y averiguar la presencia o ausencia del seno maxilar entre las raíces de los mismos, lo que guiará enormemente la técnica quirúrgica ^{50,60}. En esta zona, la de los molares maxilares, cuando la distancia entre el seno maxilar y las raíces es menor de 1 mm, cobra especial importancia la utilización de la TCHC, pues es muy probable que la detección de la patología pase desapercibida cuando se intenta diagnosticar con las técnicas convencionales ⁵⁰.

También es de gran utilidad la TCHC para el estudio de la membrana sinusal previamente a la cirugía, pudiendo medir así el engrosamiento de esta debido a la infección periapical, y planificar mejor la cirugía apical evitando riesgos como la perforación sinusal, para el caso de molares y

premolares superiores ¹⁰⁴. Según la literatura, un engrosamiento superior a 2 mm es clasificada como patológica ¹⁰⁵. Si el engrosamiento de la mucosa es menor de 3 mm, la tasa de detección por parte de la radiografía panorámica, de este hallazgo patológico, respecto a la TCHC es significativamente menor ¹⁰⁶.

En cuanto a la identificación de los canales a tratar, se atribuye que la TCHC es capaz de encontrar hasta un 10% más de canales que las imágenes bidimensionales ⁶⁰. Canales radiculares no identificados, y por lo tanto no tratados, pueden ser observados utilizando los cortes axiales, lo que es imposible con las radiografías periapicales o panorámicas. Además, se atribuye mayor localización de conductos radiculares a la TCHC que al microscopio, pero sin llegar a tener una diferencia significativa ⁴⁷. El tamaño, localización y extensión del área periapical, se puede intuir con los tres métodos, pero solo la raíz que exactamente está asociada con el área periapical se puede observar con la TCHC ⁶⁹.

Inconvenientes de la TCHC:

I. Resolución espacial: a pesar de la dotación de una tercera dimensión, la resolución espacial de las imágenes de la TCHC, que va desde 0,4mm hasta 0,076 mm, lo que es equivalente a 1,25 hasta 6,5 pares de línea por mm^{-1} o lp.mm^{-1} ¹⁰⁷, es inferior a las radiografías convencionales analógicas, que tienen aproximadamente 20 lp.mm^{-1} , o las radiografías digitales que varían desde 8 hasta 20 lp.mm^{-1} ^{96,108}.

II. Aparición de artefactos: se entiende como artefacto cualquier distorsión o error en la imagen que no está relacionado con el sujeto a estudiar. Los artefactos serán mayores cuanto mayor sea el FOV (campo de visión), pues el algoritmo de Feldkamp ¹⁰⁹, que es el que se utiliza actualmente para la reconstrucción de las imágenes en la TCHC, garantiza una alta calidad de la imagen en el plano central del examen de la TCHC, y la imagen se va degradando a medida que nos alejamos de este plano central, así, ante FOV más grandes, más se degradará la calidad de la imagen ¹¹⁰. Los artefactos pueden clasificarse de acuerdo a su causa ^{96,110}:

- ✓ Relacionados con el haz de rayos X: se debe al comportamiento del haz de rayos X cuando atraviesa las estructuras corporales, es lo que se conoce como "Beam Hardening" o Endurecimiento del haz ¹¹⁰. Se considera uno de los artefactos más visibles ¹¹¹. Se pueden visualizar de dos maneras distintas ¹¹²⁻¹¹⁴:
 1. Una, la más frecuente, que se visualiza como la distorsión de las estructuras metálicas debido al diferencial de absorción, conocido como "cupping artifact". Como pueden

ser la presencia de postes intraradiculares, obturaciones con amalgama, coronas metálicas o implantes dentales.

2. Otra, que se presenta como bandas rayadas y oscuras. Estas pueden aparecer entre dos objetos densos.

Esto es más acusado en la TCHC que en el TC convencional. Para intentar evitarlo es aconsejable reducir el campo de visión para evitar incluir regiones susceptibles al endurecimiento del rayo (restauraciones metálicas, implantes) lo que se puede evitar mediante la colimación, la modificación de la posición del paciente o la separación de las arcadas dentales¹¹⁴⁻¹¹⁶. Además, en estos casos será de gran ayuda complementar la información con una radiografía bidimensional.

- ✓ Artefactos relacionados con el paciente: concretamente debidos al movimiento del paciente, que puede originar problemas en el registro de los datos, lo que se traduce como falta de agudeza en la imagen reconstruida. Es posible minimizarlo usando posicionadores de cabeza y reduciendo al máximo el tiempo de escaneado^{110,117}. Este es un problema frente a las radiografías en 2D, pues en estas el tiempo de ejecución es mucho menor. Y normalmente lo que provocará serán dobles contornos. Actualmente, el tiempo de todas las TCHC es inferior a un minuto, otro aspecto que lo diferencia del TC cuyo tiempo es mucho mayor. Por lo que cuando durante la TCHC el paciente se mueve, esto afectará a toda la imagen; por el contrario, cuando un paciente se mueve durante la realización de un TC, esto solo afectará a algunos cortes.
- ✓ Relacionados con el equipo: estos se presentan en forma de círculos o anillos concéntricos alrededor del eje de rotación, resultado de imperfecciones en el detector o por una mala calibración. Puede resultar consistente y repetitivo en cualquier posición y toma de imágenes, y aparecen coplanares con el plano del movimiento de la fuente (en el plano axial en el caso de la TCHC)^{94,110,117}.
- ✓ En relación al haz cónico: si la resolución del vóxel seleccionada en la evaluación es mayor que el espacio o contraste de resolución del objeto a examinar es posible que ocurra un artefacto producto de una irregularidad en el promedio de tamaño que se asigna al volumen (derivado de la geometría cónica de proyección del haz de la TCHC). Esto ocurre en regiones donde las superficies cambian rápidamente en el eje. Se aprecia como un escalón en el nivel de intensidad del píxel^{94,118}.

III. Bajo muestreo: ocurre cuando muy pocas proyecciones son proporcionadas para la reconstrucción. Esta pobre cantidad de datos lleva a problemas de registro, bordes afilados e imágenes ruidosas. Este efecto no degrada la imagen severamente, pero cuando el detalle es importante necesitamos evitarlo tanto como sea posible manteniendo el número de la proyección de imágenes constante ^{110,118}.

IV. El ruido en la imagen: debido a la dispersión de la radiación se produce un aumento en el ruido de la imagen, pues esta radiación dispersa también es recibida por el detector, provocando una distorsión de esta. Esa información grabada, que no refleja la verdadera atenuación del objeto al ser atravesado por el haz de rayos, resulta en una imagen final distorsionada ^{110,116,117}. La TCHC generalmente presenta más ruido que la TC.

Con la TCHC disponemos de unos filtros de mejora que permiten contrarrestar algunos de estos inconvenientes que estamos nombrando, pero, por otro lado, la aplicación de estos filtros puede modificar las mediciones de interés en la TCHC ¹¹⁹.

V. Pobre contraste en los tejidos blandos: el contraste se refiere a la intensidad de un punto de una imagen con respecto a los adyacentes. En las imágenes de la TCHC el valor registrado para los tejidos blandos es significativamente menor al registrado para los tejidos duros. Es por ello que, el uso de estos equipos está en su mayoría orientado al estudio de tejido óseo y dentario. Los diferentes valores en la escala de grises asignados a tejidos blandos han aportado información, pero no la suficiente aún para registrar resultados concluyentes ⁹⁵. Se podría trabajar en conseguir una mejor visualización de los tejidos blandos, pero entonces ya se emitiría una radiación similar al TC convencional.

VI. La densidad ósea: en el TC, se puede medir la densidad ósea utilizando las unidades Hounsfield, lo que podría ser de gran utilidad en las visitas de control de los dientes a los cuales se les ha realizado una cirugía apical. Pero en el caso de la TCHC existe una falta de estandarización en la distribución de los niveles de gris, pues las unidades Hounsfield han sido designadas para la TC, pero no es aplicable para la TCHC ^{120,121}.

Si bien cabe, se podría añadir un inconveniente más de la TCHC, y es la falta de preparación adecuada del personal que maneja el equipo. Pues generalmente, no son radiólogos, y se trata de individuos que no han recibido toda la formación adecuada para su uso. Lo que implica, en muchas ocasiones, el uso de un campo de visión más amplio de lo necesario para analizar lo que realmente se desea, aumentando pues, la dosis de radiación del paciente ⁹⁵. Y también implica, que, al no haber en nuestro país, la especialidad de radiólogo maxilofacial, no se controlen los siguientes factores: adecuada calibración del equipo, control del brillo y del contraste,

luminosidad ambiental, monitor adecuado y pertinente control de los ajustes que presenta el equipo de TCHC.

Tampoco existe, ningún tipo de consentimiento informado, que autorice al clínico a estudiar solo un área específica de la TCHC, y como consecuencia, puede ser responsable de un diagnóstico no observado, incluso cuando dicho problema, se encuentre fuera de la zona de interés del técnico ⁹⁵. El técnico debería observar la imagen completa y no solo el área que despierta su interés en ese momento. Debiendo redactar un detallado informe de todas las estructuras que se observan. Lo que en muchas ocasiones requiere una formación extra por parte del técnico.

4.2 Concepto e indicaciones de la cirugía periapical

La cirugía periapical es un procedimiento quirúrgico que consiste en la eliminación de una lesión periapical conservando el diente causal, y solo se realizará cuando no se pueda resolver mediante un retratamiento de conductos convencional. Consta de tres técnicas básicas: legrado apical, resección apical y la obturación retrógrada ⁷.

Su principal objetivo es la regeneración tisular del periápice, extirpando para ello toda la lesión mediante el legrado y la resección del ápice radicular, para después aislar los conductos radiculares con un adecuado sellado apical ⁷.

Con el objetivo de mejorar el resultado de la cirugía periapical tres factores han de ser tenidos en cuenta: mejora del instrumental y de la técnica quirúrgica, cambios en la técnica quirúrgica y la selección del caso apropiado ²⁸.

No existe un claro consenso entre los profesionales del sector sobre las indicaciones y contraindicaciones de la cirugía periapical. A continuación, se muestran las indicaciones descritas por von Arx ⁷ siguiendo el protocolo establecido por la *Sociedad Europea de Endodoncia* ¹²³:

- 1) cuando el conducto radicular esté obstruido (y no pueda hacerse la reendodoncia) y existan signos radiográficos o síntomas clínicos
- 2) cuando exista sobreextensión del material de obturación y existan signos radiológicos o síntomas clínicos
- 3) fracaso del tratamiento endodóncico y no sea apropiado realizar la reendodoncia (sintomatología aguda, riesgo de fractura radicular)

4) perforaciones radiculares con signos radiográficos o síntomas clínicos, imposibles de tratar por vía ortograde

En cuanto a las contraindicaciones, descritas por el mismo autor ⁷ y siguiendo el mismo protocolo ^{122,123}, fueron:

- 1) factores anatómicos locales (Ej: ápices inaccesibles)
- 2) falta de soporte periodontal
- 3) dientes sin función (dientes que no tienen antagonista o no son pilares de una prótesis removible o fija)
- 4) paciente no colaborador
- 5) paciente médicamente comprometido

4.3 Diagnóstico de la patología periapical

El diagnóstico de la patología periapical se hace clínica y radiológicamente. Pero en numerosas ocasiones esta patología es asintomática, por lo que se diagnostica solo a través del examen radiográfico ³⁴. Así, la radiografía es esencial para un diagnóstico exitoso y oportuno de la patología periapical, aunque históricamente este diagnóstico ha sido limitado a las radiografías panorámica y periapical ¹²⁴. Sin embargo, las radiografías bidimensionales tienen limitaciones inherentes como son la superposición y distorsión de importantes estructuras que pueden enmascarar las lesiones periapicales ^{125,126}. Actualmente la TCHC ha permitido mejorar la visualización de estructuras anatómicas relacionadas en tres dimensiones con una mejor resolución, perfeccionando así el diagnóstico de la patología periapical en pacientes con síntomas y signos clínicos inespecíficos ^{39,127,128}.

Varias son las revisiones sistemáticas previas que han estudiado la relación entre las radiografías convencionales bidimensionales y la TCHC, aunque sin resultados concluyentes debido a dos factores, la heterogeneidad en la elección de la prueba estándar de referencia y la utilización de muestras in vitro o ex vivo ^{129,130}. Un estudio reciente basado en el examen histológico como prueba de referencia, concluyó que las radiografías periapicales, incluyendo la convencional y la digital, ofrecían una exactitud adecuada en la discriminación de lesiones creadas artificialmente, de manera mecánica o química, en mandíbulas in vitro ¹.

Es por ello por lo que se hizo a continuación una revisión sistemática y metanálisis de la bibliografía disponible sobre los métodos radiográficos para el diagnóstico de la patología periapical:

4.3.1 Revisión sistemática y metanálisis de los métodos radiodiagnósticos en cirugía periapical

Estrategia de búsqueda:

La revisión se realizó siguiendo los ítems de PRISMA-DTA ¹³¹, las pautas STARD 2015 ¹³² y la guía AMSTAR-2 ¹³³. Se utilizó la TCHC como prueba estándar de referencia ^{41,82,134,135}, y siguiendo el formato PIRD (Population, Index test, Reference test, diagnosis of interest) ^{131,136} para enfocar la pregunta: ¿En pacientes con periodontitis apical persistente o patología tras el tratamiento radicular (P), ofrece la radiografía convencional (I) mejor exactitud diagnóstica (D) que la TCHC (R) como complemento en el diagnóstico clínico de las lesiones apicales?

Dos revisores (A.R.A. y D.S.P.) cribaron los títulos por duplicado usando las hojas de cálculo de Excel (Microsoft® Excel versión 16.16.1, Microsoft® Redmond, WA, USA). Se incluyeron los estudios clínicos observacionales (estudios de cohortes, casos y controles, estudios transversales y ensayos clínicos aleatorizados) dirigidos al diagnóstico de las lesiones periapicales persistentes tras el tratamiento radicular (incluyendo tratamiento endodóntico no quirúrgico y retratamiento endodóntico no quirúrgico) basados en TCHC y radiología convencional (radiografía periapical y panorámica) en humanos.

Los criterios de exclusión para la selección de los artículos fueron en una primera etapa:

1. Estudios no relacionados con el tema en cuestión (por ejemplo: implantes dentales, tratamiento ortodóntico y otras disciplinas médicas)
2. Revisiones sistemáticas, narrativas o literaria.
3. Estudios que incluyeran dientes sin el tratamiento endodóntico hecho o dentición temporal
4. Estudios que incluyeran pacientes con enfermedades sistémicas o tratamientos farmacológicos que afectaran el metabolismo óseo (como la osteoporosis, bifosfonatos, enfermedad hepática crónica, diabetes)
5. Reportes de casos clínicos
6. Estudios preclínicos, y estudios in vitro o ex vivo

Aquellos estudios que no tenían suficiente información para ser excluidos por título y resumen pasaron a una segunda etapa de selección.

En una segunda etapa, los estudios fueron considerados para ser finalmente incluidos o no, atendiendo a los siguientes criterios:

1. No proporcionaban suficiente información para construir una tabla de contingencia 2x2 (verdaderos positivos [VP], falsos positivos [FP], verdaderos negativos [VN], falsos negativos [FN]) para los dientes tratados endodónticamente.
2. Solo proporcionaban datos diagnósticos para la TCHC.
3. Estudios que agrupaban datos provenientes de otros estudios.

Además, aquellos estudios con más de una versión, se incluyó la versión más reciente.

La búsqueda electrónica fue realizada en cuatro bases de datos (Medline vía PubMed, Web of Science [WOS], EMBASE y Google Scholar) y en la literatura gris (www.opengrey.org) sin restricciones de lenguaje hasta diciembre de 2019 (Anexo 1). Además, se realizó una búsqueda manual de las fuentes primarias relevantes en odontología, cubriendo los últimos tres años en The Journal of Dental Research, Journal of Dentistry, Journal of Endodontics, American Journal of Endodontics, Journal of Clinical Periodontology, Journal of Periodontology, Journal of Periodontal Research y Clinical Oral Investigations. Finalmente, para mantener la búsqueda electrónica actualizada, se programaron notificaciones por correo electrónico para cada base de datos semanalmente, para recuperar nuevos títulos potencialmente elegibles ajustados a las estrategias de búsqueda.

Recopilación, extracción y gestión de datos:

Para el cribado y la selección de trabajos, los títulos obtenidos fueron recolectados y seleccionados para la eliminación de duplicados usando un administrador de citas (Mendeley Desktop 1.19.2). Además, se revisaron los títulos y resúmenes en una hoja de cálculo predefinida de Excel (Microsoft® Excel versión 16.16.1, Microsoft® Redmond, WA, USA). En una segunda etapa, la evaluación de texto completo de los artículos seleccionados se realizó en los estudios que parecían cumplir con los criterios de inclusión. Se evaluó la conformidad entre los revisores para determinar la selección del estudio, utilizando las puntuaciones de Kappa (coeficiente k de Cohen). El nivel de acuerdo se interpretó utilizando la escala de Landis y Koch. Las discrepancias se resolvieron mediante discusión con un tercer revisor (D.P.O.).

Ambos revisores (A.R.A. y D.S.P.) extrajeron independientemente, los datos de interés, incluyendo características básicas de cada estudio (primer autor y año, país), características de la muestra (número de pacientes, sexo, edad y localización de los dientes de la muestra), test de prueba y test de referencia, definición de condición objetivo, resultados de las radiolucideces

apicales, unidad de análisis y fuentes de financiación. Además, para cada tabla de 2x2 (VP, VN, FP y FN) se obtuvieron las siguientes medidas de exactitud siguiendo la guía STARD ¹³²:

- Principales medidas diagnósticas: sensibilidad y especificidad, y la relación entre ambas a través del área bajo la curva (AUC_{ROC}) (trazando la sensibilidad frente a la especificidad)
- Medidas diagnósticas secundarias: valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN), razón de verosimilitud positiva y negativa (RP+; RP-) i exactitud (ACC).

Evaluación del sesgo:

La calidad metodológica de los estudios seleccionados fue evaluada independientemente por dos revisores (A.R.A. y B.T.A.) según la guía QUADAS-2 ¹³⁷. Cuatro dominios fueron evaluados, según la herramienta QUADAS-2: selección de pacientes, prueba índice, prueba de referencia y flujo y tiempos. Se evaluaron dos aspectos, "riesgo de sesgo" y "problemas de aplicabilidad" a la pregunta de revisión. Para adaptar la revisión sistemática se cambió la pregunta "¿Recibieron los pacientes la misma prueba de referencia?" por "¿Se indicó el tiempo entre el tratamiento radicular y la TCHC?". Esto se decidió porque se considera un aspecto metodológico relevante capaz de influir en la detección de la radiotransparencia periapical, y no se aborda de manera exhaustiva en la evidencia disponible. Cada estudio se calificó en una escala de 3 puntos, lo que refleja las preocupaciones sobre la aplicabilidad y el riesgo de sesgo (bajo, alto o incierto).

Resumen de medidas y síntesis de resultados:

Los datos de los estudios incluidos se extrajeron y resumieron en hojas de cálculo Excel (Microsoft® Excel para Mac versión 16.16.3; Microsoft®, Redmond, CA, EE. UU.) En busca de comparabilidad, los VP y Sensibilidad, así como los VN y la especificidad, fueron ajustados usando tablas de 2x2.

Se realizó un metanálisis de efectos aleatorios de Dersimonian-Laird para cada indicador con el fin de obtener un tamaño de efecto global con un intervalo de confianza del 95% (IC del 95%) para la distribución Z. Se generaron "forest plots" para representar los efectos de los resultados del metanálisis. En estudios con más de una técnica radiográfica, los datos se segmentaron en un intento de permitir que el análisis de subgrupos aisle el efecto de cada técnica por separado. Se estimaron dos indicadores adicionales: la curva de características operativas del receptor (ROC), que prueba la sensibilidad contra la tasa de falsos positivos (1-especificidad), y el área bajo la curva (AUC) que sirve como estadística resumida (AUC_{ROC}) para la exactitud diagnóstica. La interpretación de AUC_{ROC} fue la siguiente: 0,90 a 1 (excelente), 0,80 a 0,90 (muy bueno), 0,70 a 0,80 (bueno), 0,60 a 0,70 (pobre) y 0,50 a 0,60 (fracaso)¹³⁸.

Se utilizaron los estadísticos I^2 y la correspondiente prueba de nulidad Q; los valores de I^2 del 25%, 50% y 75% se interpretaron como heterogeneidad baja, moderada y alta, respectivamente. La consistencia del estudio se exploró basado en gráficos de Galbraith. El potencial de sesgo de publicación se examinó mediante la prueba de Egger y se representó mediante gráficos Funnel plots. El nivel de significancia se estableció en 5% ($\alpha = 0.05$). El programa R 3.5.1 (R Core Team 2018) (Fundación R para la informática estadística, Viena, Austria. URL <http://www.R-project.org>) se utilizó en todo momento.

Análisis adicionales:

Análisis de meta-regresión: se planificó un modelo de análisis de meta-regresión de efectos mixtos para evaluar las covariables del estudio, tipo de técnica radiográfica (radiografía digital sí o no), región objetivo (diente o raíz) y tiempo transcurrido hasta el diagnóstico después del tratamiento radicular (<3 años, ≥ 5 años), entorno clínico y fuentes de financiación.

Se buscaron otras posibles fuentes de inconsistencia basadas en la evidencia relacionadas con cuestiones metodológicas y de informes en los estudios incluidos. El lugar de realización del estudio (continente) para evaluar "la ubicación" o "el sesgo de los países desarrollados" ¹³⁹, el año de publicación para evaluar el posible "sesgo de lapso de tiempo" ¹⁴⁰, la propensión al riesgo de sesgo de selección, prueba índice y el tiempo de flujo se consideró para cada resultado de acuerdo con la evidencia empírica que arroja luz sobre el impacto de los defectos metodológicos en las estimaciones del tamaño del efecto. La variable de prueba siempre fue la última categoría, su impacto está representado por el valor estadístico R-cuadrado (R^2).

Certeza de la evidencia: se evaluó la calidad de la evidencia de la precisión de las pruebas de diagnóstico en función de su certeza (muy baja, baja, moderada o alta). Se desarrolló una tabla con el resumen de hallazgos (SoF) utilizando el software GRADEpro (<https://gdt.gradepro.org>). El enfoque GRADE integra de una manera transparente el riesgo de sesgo, evidencia indirecta, inconsistencia, imprecisión y otras consideraciones (por ejemplo, indicios de sesgo de publicación, gran tamaño del efecto, posible confusión), relevantes para la interpretación de metaevidencia ¹⁴¹.

El PRISMA flowchart representando el proceso de selección de los estudios fue el siguiente (fig. 2):

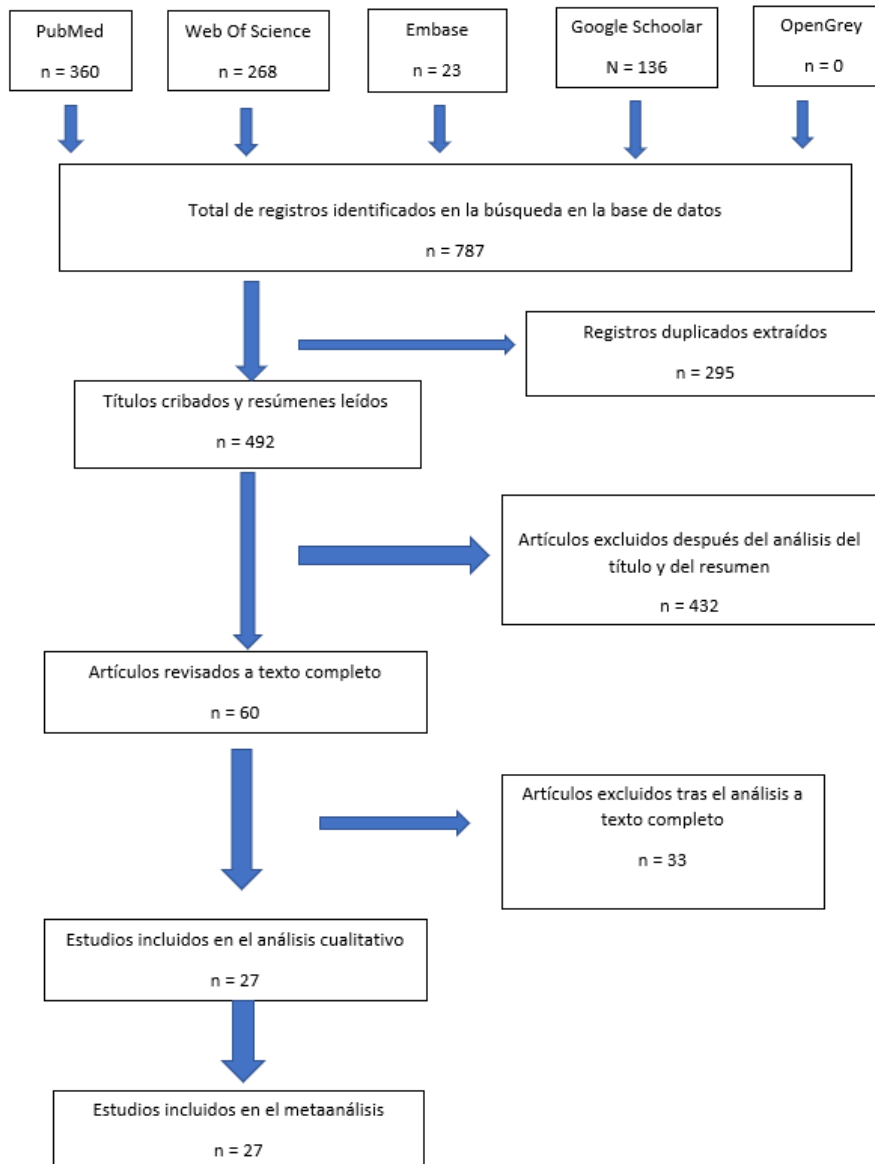


Figura 2. Prisma flowchart para la selección de los estudios

Ningún estudio fue identificado a través de la base de datos de la literatura gris. De los 787 artículos, había 295 duplicados, resultando en 492 artículos seleccionados por título y resumen. De éstos, 60 estudios fueron seleccionados para lectura a texto completo, de los cuales se excluyeron 33 con razones. Finalmente, 27 artículos fueron incluidos para la revisión sistemática y el metaanálisis. El nivel de acuerdo entre ambos examinadores fue casi perfecto ($k=0,96$).

Descripción de los estudios seleccionados:

Un total de 27 artículos fueron incluidos en la revisión sistemática y el metaanálisis 2,4,41,45,47,50,82,83,134,142–158. Si los agrupamos según el método radiográfico analizado en cada estudio, la clasificación queda de la siguiente manera (tabla 4):

Método radiográfico estudiado	N.º de artículos
RPD versus TCHC	13
RPA/RPD versus TCHC	2
RPD/PAN/ versus TCHC	2
RPA versus TCHC	5
RPC/PAN versus TCHC	1
RP versus TCHC	1
PAN versus TCHC	3

Tabla 4. Clasificación de los artículos incluidos según método radiográfico utilizado. RPD: radiografía periapical digital. RPA: radiografía periapical analógica. PAN: radiografía panorámica.

El resumen de las características clínicas y radiológicas de los 27 estudios se muestra a continuación (tabla 5):

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Autor	Características del estudio			Tipo de endodoncia	Características de la muestra			Prueba Índice/Prueba de referencia	Definición de condición objetivo	Transparencia apical		Unidad de análisis	Fuentes de financiación
	País	Diseño	Duración		N(H/M)	Edad media	Número de diente/raíz			Patología	Sano		
Al-Nuami y al. 2017	Reyno Unido	CHT-p	1 año	Reendo	121 (84/37)	43 a	Diente=132	RPD/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 49,2% RPD: 25,7%	TCHC: 50,8% RPD: 74,3%	diente	N
Bornstein y al. 2011	CH	ET	NI	Endo convencional	38	49,5 a	Dientes=38 Raíces=75	RPD/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 78% RPD: 57,3%	TCHC: 22% RPD: 42,7%	Raíz	N
Bornstein y al. 2015	CH	CHT-p	2 año	Endo convencional	58 (31/27)	54,8 a	Dientes=58	RPD/TCHC	RP	TCHC: 100% RPD: 94,8%	TCHC: 0% RPD: 5,2%	diente	N
Davies y al. 2015	UK	CHT-p	NI	Endo convencional	78	NI	Dientes=100 Raíces=209	RPD/RPD Parallax/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 68% RPD: 41% RPD+Paralela: 38%	TCHC: 32% RPD: 59% RPD+Paralela: 62%	Raíz	NR
Davies y al. 2016	UK	CHT-p	1 año	RCR	84 (56/28)	17-83 a	Dientes=98 Raíces=206	RPD/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 38,7% (dientes), 24,3% (raíces) RPD: 23,5% (dientes), 13,1% (raíces)	TCHC: 61,3% (dientes), 75,7% (raíces) RPD: 76,5% (dientes) 86,9% (raíces)	Diente / Raíz	NI
Elliott y al. 2016	USA	ET	NI	Endo convencional	45	NI	Dientes=45 Raíces=80	RPD/TCHC	RP	TCHC: 70% RPD: 45%	TCHC: 30% RPD: 55%	Raíz	NI
Estela y al. 2008a	Brasil	ET	NI	Endo convencional	888 (524/364)	50 ± 12 a	Dientes=1425	RPC/PAN/TCHC	Pequeños cambios óseos (PAI≥2)	TCHC: 63,3% RPC: 35,5% PAN: 17,6%	TCHC: 36,1% RPC: 64,7% PAN: 82,4%	diente	NI
Estrela y al. 2008b	Brasil	ET	NI	Endo convencional	596 (355/241)	54 ± 17 a	Dientes=1014	RPC/TCHC	Diámetro de RP > 0.5-1 mm (TCHCPAI≥1)	TCHC: 60,9% RPC: 39,5%	TCHC: 39,1% RPC: 60,5%	diente	NI
Estrela y al. 2009	Brasil	ET	NI	Endo convencional	619 (374/245)	50,1 a	Dientes=1020	RPC/TCHC	RP	TCHC: 60,2% RPC: 38,9%	TCHC: 39,8 % RPC: 61.08 %	diente	A (estatal)
Fernández y al. 2017	Colombia	CHT-r	10 años	Endo convencional	60	52 a	Dientes=121 Raíces=186	RPD/RPC/TCHC	Para RPD: PAI≥2 Para TCHC: TCHCPAI≥1	TCHC: 30,3% (dientes) 27,4% (raíces) RPD: 10,7% (dientes), 10,6% (raíces) RPC: 11,4% (dientes), 10,6% (raíces)	TCHC: 69,7% (dientes) 72,6% (raíces) RPD: 89,3% (dientes) 89,4% (raíces) RPC: 88,6% (dientes), 89,4% (raíces)	Diente / Raíz	A (universidad)

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Gargari y al. 2012	Italia	ET	12 meses	Endo convencional	26 (12/14)	56 a (47-72 a)	Diente=34 Raíces=102	RP/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 52,9% RPC: 30,4%	TCHC: 47,1% RPC: 69,6%	Raíz	NI
Keser y al. 2018	Turquía	CHT-r	NI	Endo convencional	200 (100/100)	37,96 a (20-67 a)	Dientes=200	PAN/TCHC	Para RPD: PAI≥2 Para TCHC: TCHCPAI≥1	TCHC: 100% PAN: 86%	TCHC: 0% PAN: 14%	diente	A (universidad)
Liang y al. 2011	China	CHT-p	2 años	Endo convencional	74 (42/32)	54 a	Dientes=115 Raíces=143	RPD/TCHC	RP > 0,5 mm	TCHC: 25,9% RPD: 12,6%	TCHC: 74,1% RPD: 87,4%	Raíz	N
Liang y al. 2012	China	CHT-r	2 años	Endo convencional	193 (113/80)	48 a	Dientes=234 Raíces=268	RPD/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 38,8% RPD: 26,1%	TCHC: 61,2% RPD: 73,9%	Raíz	N
Liang y al. 2013	China	CHT-p	10-19 meses	Endo convencional	84	NI	Dientes=84	RPD/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 81% RPD: 67,9%	TCHC: 19% RPD: 32,1%	diente	N
Lo Giudice y al. 2018	Italia	CHT-r	3-6 meses	Endo convencional	101	NI	Dientes=111	RPD/TCHC	RP	TCHC: 46% RPD: 18%	TCHC: 54% RPD: 82%	diente	N
Low y al. 2008	CH	ET	NI	Endo convencional	45 (19/26)	51 a (31-80 a)	Dientes=74 Raíces=156	RPC/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 69,9% RPC: 46,2%	TCHC: 30,1% RPC: 53,8%	Raíz	NI
Moura y al. 2009	Brasil	ET	NI	Endo convencional	262 (106/156)	50,1 a	Dientes=503	RPC/TCHC	RP	TCHC: 59% RPC: 43,9%	TCHC: 41% RPC: 56,1%	diente	NI
Nardi y al. 2018	Italia	CHT-r	NI	Endo convencional	480 (272/208)	66 a (20-91 a)	Dientes=480	PAN/TCHC	Pequeños cambios óseos (PAI≥2)	TCHC: 50% PAN: 27,5 %	TCHC: 50% PAN: 72,5 %)	diente	N
Patel y al. 2012	UK	CHT-p	1 año	Endo convencional	99 (57/42)	44,5 a (9-76 a)	Dientes=123 Raíces=218	RPD/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 37,5% (dientes), 26,1% (raíces) RPD: 13% (dientes) 7,3% (raíces)	TCHC: 63,3% (dientes) 73,9% (raíces) RPD: 87% (dientes) 92,7% (raíces)	diente / Raíz	NI
Ramis y al. 2019	España	CHT-r	NI	Endo convencional	35 (17/18)	47 a (19-74 a)	Dientes=45	RPD/PAN/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 100% RPD: 82% PAN: 82%	TCHC: 0% RPD: 18% PAN: 18%	diente	N
Saidi y al. 2015	Líbano	CHT-r	5 años	Endo convencional	NI	NI	Dientes=156	RPD/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 34,8% RPD: 13,8%	TCHC: 65,2% RPD: 86,2%	diente	NI
Sălceanu y al. 2018	Rumanía	ET	>2 años	Endo convencional	18	18-52 a	Dientes=30	PAN/TCHC	RP	TCHC: 61% RPD: 54%	TCHC: 39% RPD: 46%	diente	NI
Stoica y al. 2016	Rumanía	ET	NI	Endo convencional	27	NI	Dientes=35	RPD/TCHC	RP	TCHC: 51,8% RPD: 25,9%	TCHC: 48,2% RPD: 74,1%	diente	A (universidad)
Uraba y al. 2016	Japón	CHT-r	NI	Endo convencional	86 (70-16)	55,17 a	Dientes=178	RPD/RPC/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 52,2% RPC: 31,5%	TCHC: 47,8% RPC: 68,5%	diente	A (estatal)
Van der Borden y al. 2013	NL	CHT-p	10-37 meses	Endo convencional	42 (32/10)	21-78 a	Dientes=50 Raíces=71	RPD/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 84,5% RPD: 54,9%	TCHC: 15,5% RPD: 45,1%	Raíz	N

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Venskutonis y al. 2015	LT	CHT-r	5 años	Endo convencional	55 (Pan=35, RPD=20) (31/24)	Pan: 48,6 a RPD: 42,4 a	Dientes=222 (Pan=187, RPD=35)	RPD/PAN/TCHC	RP, doble de la anchura del LP	TCHC: 58,8% PAN: 32,6% (Grupo PAN) TCHC 71,4% RPD: 45,7% (RPD grupo)	TCHC:41,2% PAN: 67,4% (PAN grupo) TCHC 28,6% RPD: 54,3 (RPD grupo)	diente	N
---------------------------	----	-------	--------	-------------------	--------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	--------------	-----------------------------------	--	---	--------	---

Tabla 5. Abreviaciones: CH, Suiza; HK, Hong Kong; NL, Holanda; LT, Lituania; CHT-p, Estudio de cohorte prospectivo; CHT-r, Estudio de cohorte retrospectivo; ET, Estudio transversal; NI, sin información; RP, Radiotransparencia Periapical; LP, Ligamento periodontal; RPD, radiografía periapical digital; RPC, radiografía periapical convencional; PAN, Radiografía panorámica.

En el *análisis del sesgo* entre los 27 artículos, siguiendo QUADAS-2, los dominios más problemáticos fueron los relacionados con la prueba índice y con el flujo y tiempos, resultando en 29 % y 63 % respectivamente. Por el contrario, en cuanto a la aplicabilidad, mostró bajo riesgo de sesgo en los estudios incluidos (fig 3).

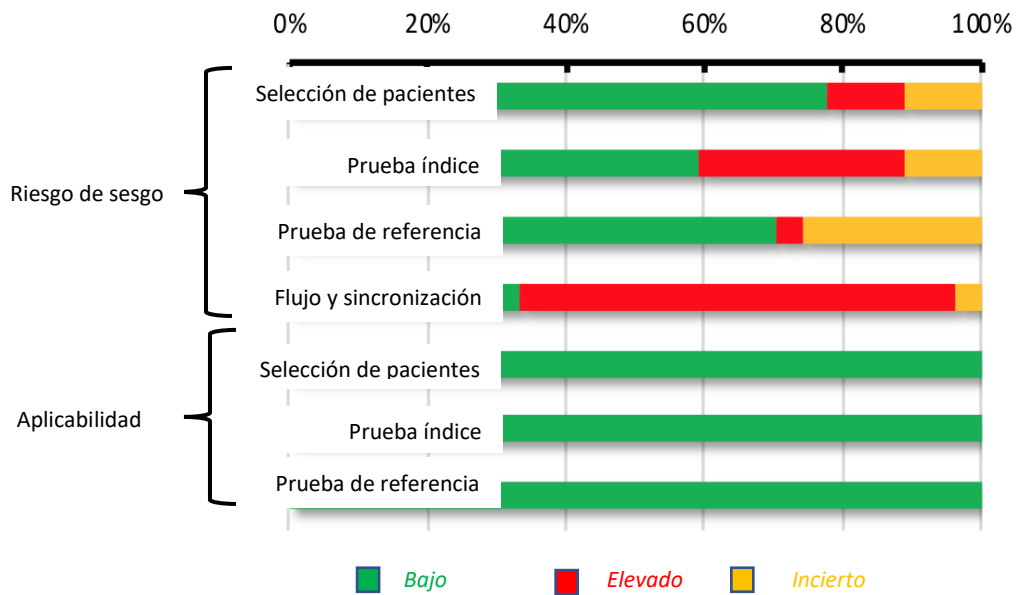


Figura 3. Resumen de evaluación de riesgo de sesgo QUADAS-2

En el análisis de los resultados individuales de los estudios, la menor sensibilidad fue para el estudio realizado por Estrela y cols.⁴¹ que correspondía a la radiografía panorámica (28%). Y la mayor sensibilidad (95%) la mostró el estudio realizado por Bornstein y cols.¹⁴³. La especificidad fue igual o casi igual a 100% en todos los artículos, a excepción de 3 estudios^{83,143,154}, donde los verdaderos negativos y los falsos positivos eran cero y no se podía calcular la especificidad. AUC_{roc} osciló entre 0,64¹⁵⁹ y 0,95⁵⁸. El valor predictivo positivo también era igual a 100%, a excepción de Nardi y col.⁸² que era de 89% y el trabajo de Uraba 97%¹³⁴; mientras que el valor predictivo negativo oscilaba entre 34-87%, excepto Bornstein, Keser y Ramis^{83,143,154} que tenían un VPN igual a 0 porque no albergaban verdaderos negativos. La razón de verosimilitud negativa (RP-) oscilaba entre 0,11¹⁵⁹ hasta 0,72^{41,55}. La exactitud fue alrededor del 70% en la mayoría de los artículos, a excepción del artículo publicado por Estrela y cols.⁴¹ con un 56% para las radiografías panorámicas. Se muestran a continuación los resultados individuales para cada uno de los estudios (tabla 6).

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Autor	Prueba índice	Diente/Raíz	Tamaño muestra	Sensibilidad %	Especificidad %	AUC _{ROC}	VPP %	VPN %	RP-	Exactitud %
Al-Nuami y al. 2017	RPD	diente	132	52.31	100	0,76	100	68.37	0.48	77
Bornstein y al. 2011	RPD	raíz	75	72.88	100	0,86	100	50	0.27	79
Bornstein y al. 2015	RPD	diente	58	94.83	–	–	100	0	–	95
Davies y al. 2015	RPD	raíz	209	60.56	100	0,80	100	54.47	0.39	73
	RPD+Paralela	raíz	209	57.04	100	0,79	100	52.34	0.43	70.81
Davies y al. 2016	RPD	diente	98	60.53	100	0,80	100	80	0.39	84.69
	RPD	raíz	206	54	100	0,77	100	87.15	0.46	88.84
Elliot y al. 2016	RPD	raíz	80	64.29	100	0,82	100	54.55	0.36	75
Estrela y al. 20 ^o 08a	RPC	diente	1508	55.76	100	0,78	100	60.3	0.44	73.54
	PAN	diente	1508	27.83	100	0,64	100	48.21	0.72	56.83
Estrela y al. 2008b	RPC	diente	1014	64.89	100	0,82	100	64.6	0.35	78.6
Estrela y al. 2009	RPC	diente	397	64.66	100	0,82	100	65.17	0.35	78.73
Fernández y al. 2017	RPD	diente	121	35.14	100	0,68	100	77.78	0.65	80.17
	RPD	raíz	186	38.46	100	0,69	100	80.72	0.62	82.8
	RPC	diente	121	37.84	100	0,69	100	78.51	0.62	80.99
	RPC	raíz	186	38.46	100	0,69	100	80.72	0.62	82.8
Gargari y al. 2012	RP	raíz	102	57.41	100	0,79	100	67.61	0.43	77.45
Keser y al. 2018	PAN	diente	200	86	–	–	100	0	–	86
Liang y al. 2011	RPD	raíz	143	48.65	100	0,74	100	84.8	0.51	86.71
Liang y al. 2012	RPD	raíz	268	67.31	100	0,84	100	82.83	0.33	87.31
Liang y al. 2013	RPD	diente	84	83.82	100	0,92	100	59.26	0.16	86.91
Lo Giudice y al. 2018	RPD	diente	111	39.22	100	0,70	100	65.93	0.61	72.07
Low y al. 2008	RPC	diente	156	66.05	100	0,83	100	55.95	0.34	76.28
Moura y al. 2009	RPC	raíz	503	74.41	100	0,87	100	73.05	0.26	84.89
Nardi y al. 2018	PAN	diente	480	49	94	0,72	89	65	0.54	71
Patel y al. 2012	RPD	diente	123	34.78	100	0,67	100	71.96	0.65	75.61

	RPD	raíz	218	28.07	100	0,64	100	79.7	0.72	81.19
Ramis y al. 2019	RPD	diente	45	82.22	–	–	100	0	–	82.22
	PAN	diente	45	82.22	–	–		0	–	82.22
Saidi y al. 2015	RPD	diente	158	39.29	100	0,70	100	75	0.61	78.48
Sălceanu y al. 2018	PAN	diente	30	88.89	100	0,94	100	85.71	0.11	93.33
Stoica y al. 2016	RPD	diente	35	50	100	0,75	100	65.39	0.5	74.29
Uraba y al. 2016	RPD /CPR	diente	178	61.54	97.7	0,80	96.55	70.83	0.39	79.21
Van der Borden y al. 2013	RPD	raíz	71	65	100	0,83	100	34.38	0.35	70.42
Venskutonis y al. 2015	PAN	diente	187	55.45	100	0,82	100	61.11	0.45	73.8
	RPD	diente	35	64	100	0,78	100	52.63	0.36	74.29

Tabla 6. Parámetros diagnósticos proporcionados por los estudios incluidos.

Abreviaciones: RPC, radiografía periapical convencional; RPD, radiografía periapical digital; RP, radiografía periapical; PAN, radiografía panorámica; VPP, valor predictivo positivo; VPN, valor predictivo negativo; RP-, Razón de probabilidad negativa

Análisis cuantitativo de los resultados:

Los 27 estudios incluyendo 36 subconjuntos de datos que comprenden 9903 imágenes de diagnóstico fueron examinados a través de un metanálisis de efectos aleatorios, referidos a las medidas de diagnóstico principales y secundarias.

Principales medidas diagnósticas:

Las estimaciones agrupadas de sensibilidad y especificidad fueron 58% (0,58; IC 95%: 0.53-0.64) y 100% (1; IC 95%: 1.00-1.00), respectivamente (fig. 4). La heterogeneidad agrupada fue alta para la sensibilidad ($I^2 = 97.3\%$, $QH = 1491.6$; $p < 0,001$). No se estimó la especificidad del índice I^2 debido a la falta de variaciones positivas, aunque su homogeneidad fue aceptada intuitivamente (datos no mostrados). Se excluyeron tres estudios del análisis de metaregresión del modelo de efectos mixtos para el parámetro de sensibilidad, porque utilizaron técnicas combinadas de DPR / CPR y RPD + técnicas de paralelismo^{47,134,149}. La consistencia del estudio se representa a través de un diagrama de Galbraith que revela un estudio fuera del intervalo de confianza¹⁴³. La mayoría de los estudios contribuyeron igualmente a la heterogeneidad general (fig. 5a).

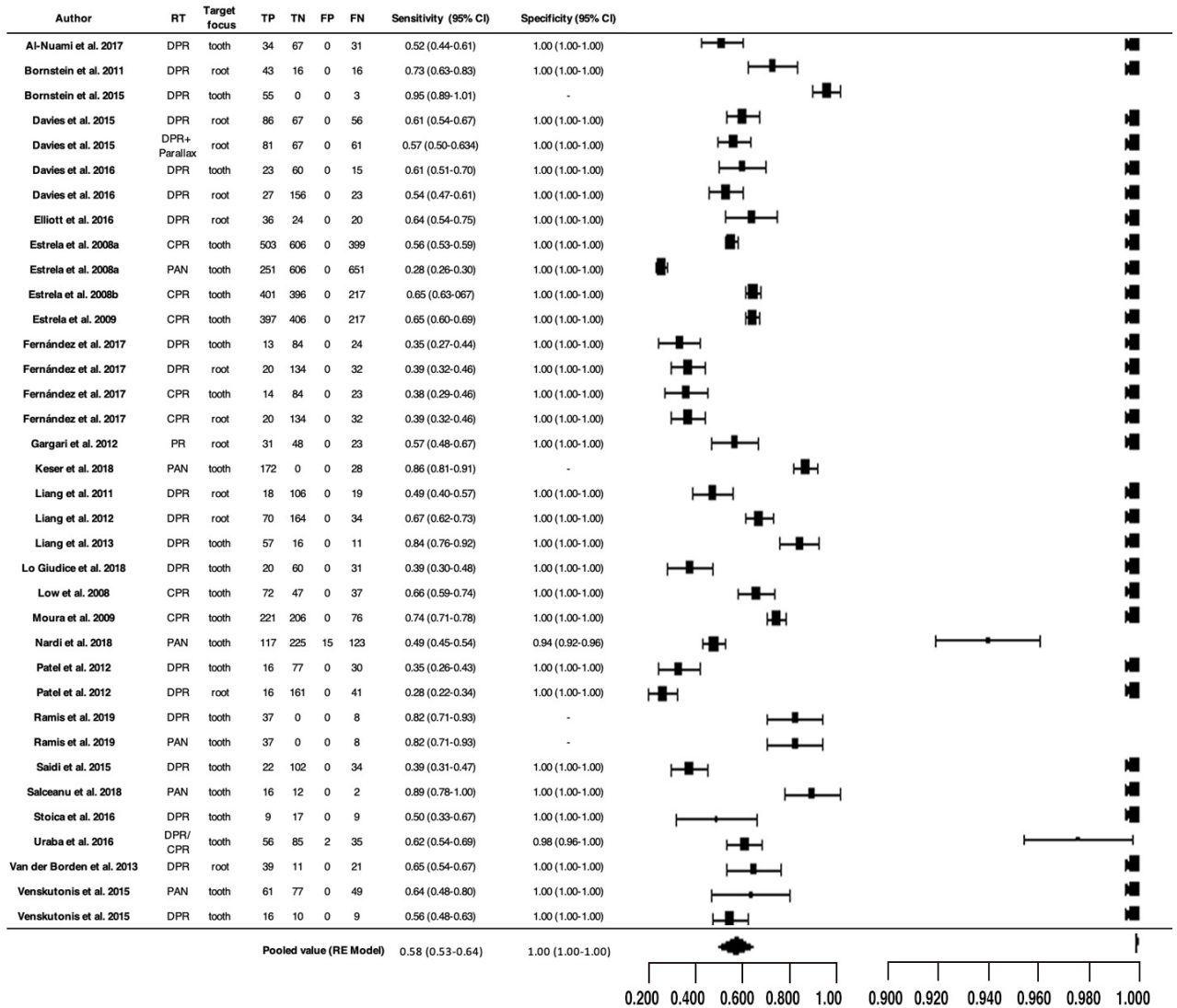
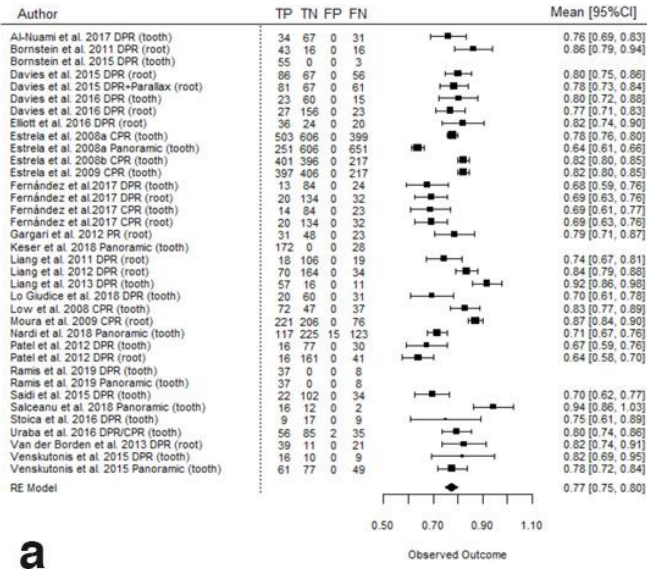
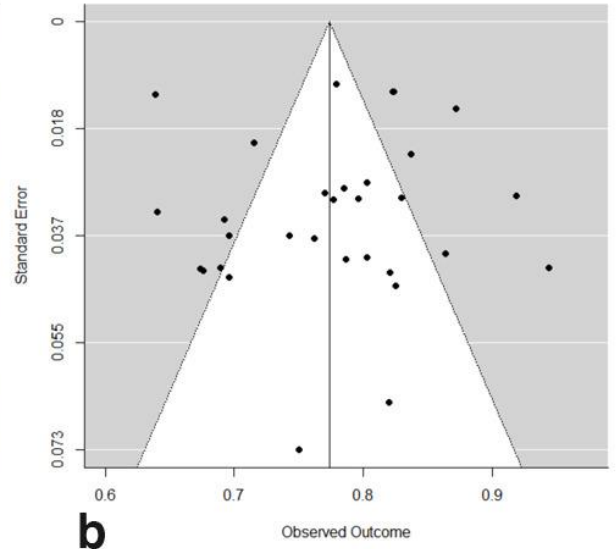


Figura 4. Forest plot de la sensibilidad y la especificidad.

La capacidad discriminadora agrupada de AUC_{ROC} de las radiografías convencionales para diagnosticar la enfermedad apical persistente fue de 77% (0,77; IC 95% 0.75-0.80) (figs. 5a y b). La heterogeneidad total fue alta ($I^2 = 89.3\%$; $QH = 318.4$; $p < 0,001$). La gráfica de Galbraith mostró que la mayoría de los estudios contribuyen en el mismo grado a la heterogeneidad (fig. 6b).



a



b

Figura 5. Forest plot de AUC_{ROC} (a) y Funnel plot (b) para sesgos de publicación

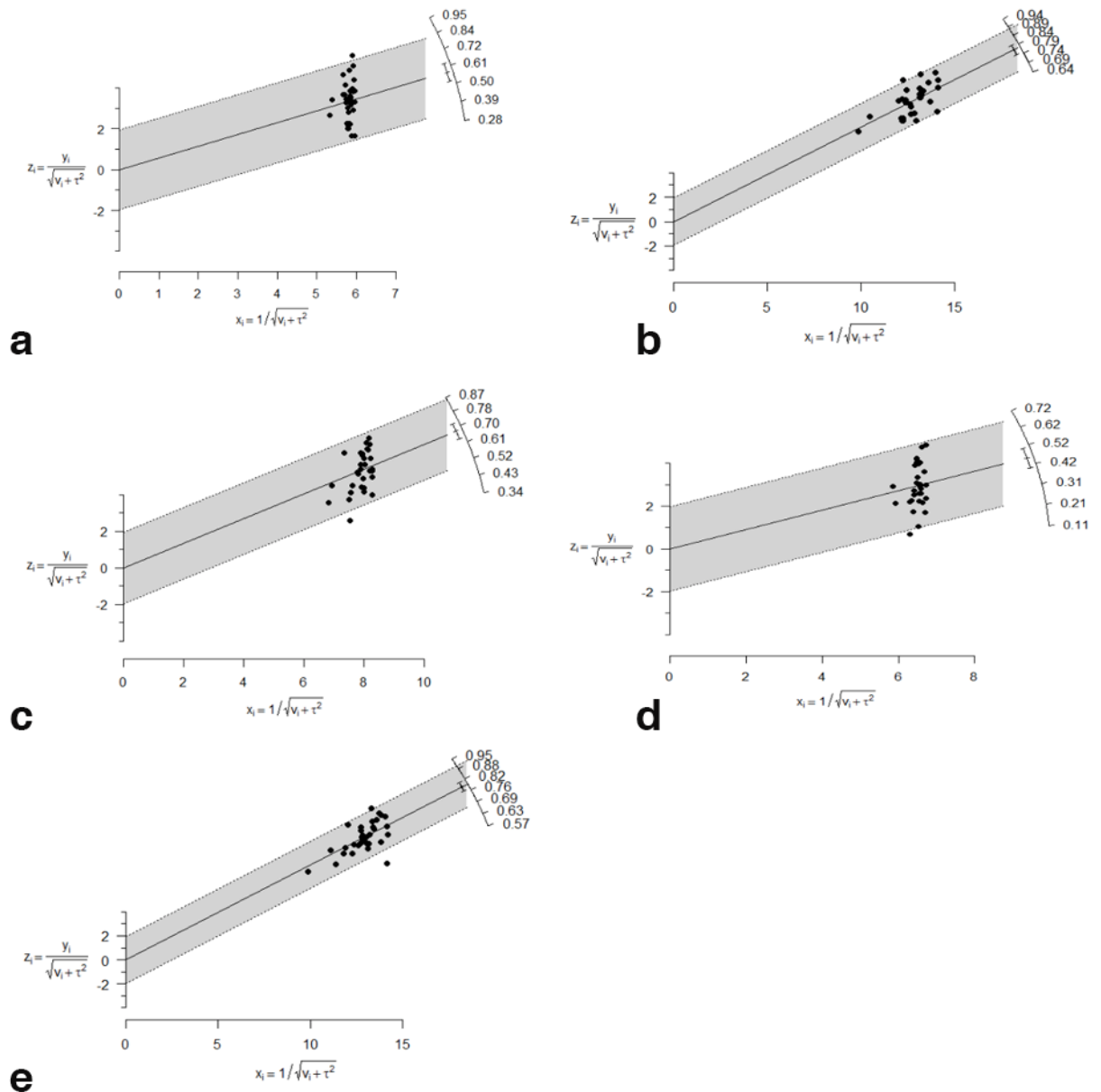


Figura 6. Gráfico de Galbraith para: a -> Sensibilidad. b-> AUC_{roc} . c-> Valor predictivo negativo. d -> razón de verosimilitud negativa. e -> precisión diagnóstica

Medidas diagnósticas secundarias:

Valores predictivos positivos y negativos: Las estimaciones del valor predictivo positivo y negativo agrupadas fueron 100% (1; IC 95%: 1,00-1,00) y 68% (0,68; IC 95%: 0,63-0,72). El índice I^2 no se estimó para VPP debido a la falta de variaciones positivas, aunque su homogeneidad fue aceptada intuitivamente (datos no mostrados). La heterogeneidad general fue alta para el VPN ($I^2 = 95.1\%$, $QH = 614.2$; $p < 0.001$). El tamaño del efecto del VPN se representa visualmente (figs. 7 a y b). La consistencia del estudio se representa a través de un diagrama de Galbraith que

revela un estudio fuera del intervalo de confianza ¹⁵⁷. La mayoría de los estudios indujeron heterogeneidad en la misma medida (fig. 6c).

Razón de verosimilitud positiva y negativa: Con respecto a la razón de probabilidad, los resultados RP+ no fueron sometidos a metanálisis debido a la naturaleza de los datos (datos no mostrados). Con respecto a RP- (lo que significa una baja probabilidad de padecer la enfermedad cuando la enfermedad sale negativa en el examen), el RP- agrupado fue de 45% (0,45; IC 95%: 0,40-0,51) (figs. 7 c y d) en un contexto de alta heterogeneidad ($I^2 = 96.5\%$; QH = 1079.9; $p < 0.001$). La gráfica de Galbraith mostró algunos estudios cercanos al límite de confianza, pero varios estudios hicieron una contribución considerable a la heterogeneidad (fig. 6 d).

La precisión diagnóstica: La precisión agrupada en la clasificación correcta de los casos sanos o enfermedad a través de técnicas radiográficas convencionales fue de 79% (0,79; IC 95%: 0,77-0,82) (figs. 7 e y f). Se observó un alto grado de heterogeneidad ($I^2 = 88.4\%$; QH = 463.3; $p < 0.001$). El diagrama de Galbraith reveló un único estudio fuera de los límites de confianza ⁴¹, aunque también hubo estudios con valores de alta precisión (fig. 6e).

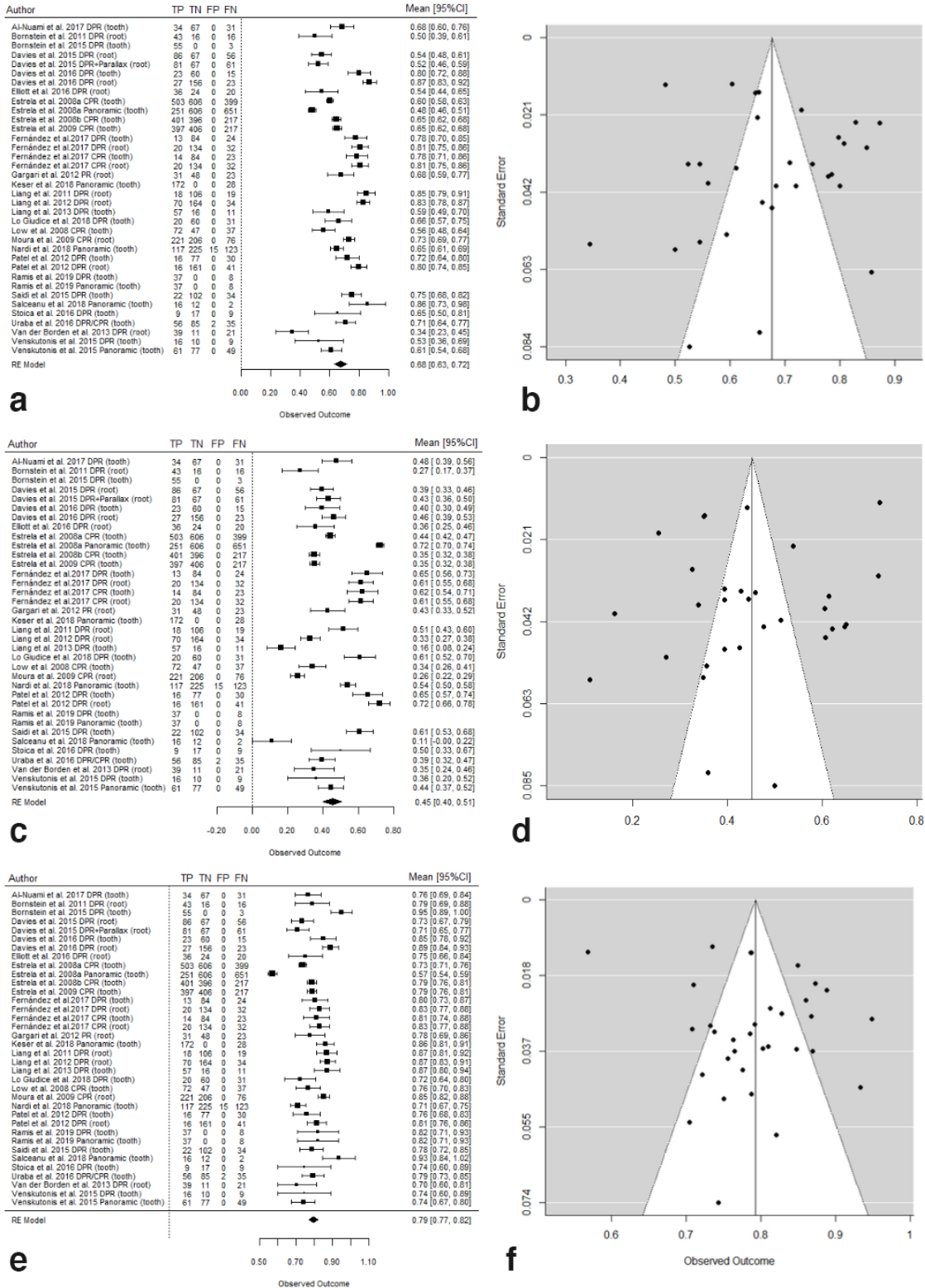


Figura 7. Forest plot y Funnel plot: a y b -> del VPN. c y d -> Razón de verosimilitud negativa. e y f -> Precisión diagnóstica

Riesgo de sesgo de publicación: el test de Egger no mostró riesgo de sesgo en el metanálisis. Con respecto a la sensibilidad, mostró una simetría casi perfecta, pero exhibió una alta heterogeneidad, con estudios fuera del embudo teórico tanto en el lado izquierdo como en el

derecho ($p = 0,508$). La prueba de Egger no sugirió riesgo de sesgo de publicación para el parámetro AUC_{ROC} ($p = 0,692$) como se muestra visualmente (fig. 5b). En relación con el VPN, los funnel plots sugirieron una simetría aceptable ($p = 0,186$). Algunos estudios tuvieron valores de VPN atípicamente más bajos como lo demuestra el funnel plot (fig. 7b). El funnel plot para RP- no evidenció sesgo de publicación, aceptando la simetría del gráfico (0,427) (fig. 7d). En relación con la precisión, no se observó evidencia de sesgo de informe ($p = 0,928$), como se muestra en el funnel plot (fig. 7f).

Análisis adicionales: Las posibles fuentes de inconsistencia relacionadas con las características del estudio (tabla 7) y los problemas metodológicos (tabla 8) entre los estudios incluidos se buscaron a través de un análisis de meta-regresión modelo de efectos mixtos.

El tiempo transcurrido desde el diagnóstico (≥ 5 años) y el riesgo de sesgo del flujo y tiempo mostraron una influencia en el rendimiento diagnóstico de la mayoría de los indicadores. El primero explica el 19% de la inconsistencia general implicada para la sensibilidad y RP-, y el 22% para los parámetros de AUC_{ROC} ($p < 0,05$), y sugiere una reducción del 15% ($\beta = -0,155$) y 8% ($\beta = -0,08$) en la sensibilidad y el rendimiento de AUC_{ROC} . Por el contrario, sugiere un aumento del 15% ($\beta = 0,154$) en las estimaciones de la RP-. La sensibilidad se reduce significativamente en aquellos estudios que revelan fuentes de financiación ($\beta = -0,117$) y el entorno clínico sugiere una tendencia hacia un mejor VPN ($\beta = 0,12$) ($p = 0,097$).

La propensión al sesgo de flujo y sincronización explica la inconsistencia general de sensibilidad, VPN y RP- del 18%, 34% y 10% respectivamente ($p < 0,05$), lo que sugiere una reducción (valor β) del 13%, 11% y 5% en VPN, RP- y precisión. Por el contrario, un aumento del 16% en los valores de sensibilidad observados en presencia de un riesgo alto/poco claro de sesgo de flujo y sincronización. Este factor sugiere una tendencia hacia mejores valores de AUC ($p = 0,072$).

Parámetros de rendimiento diagnóstico	Moderador / predictor	Beta	ES	95% IC Beta		Resumen		
				Límite inferior	Límite superior	Q_M (p-valor)	R^2	
Sensibilidad	RPD (si)	-0.04	0.07	-0.17	0.09	0.545		
	Región objetivo (diente/raíz)	-0,04	0.062	-0,061	0,082	0,525		
	Tiempo Endodoncia-diagnóstico							
	≥ 5 a	-0,155	0,077	-0,306	-0,004	0,044*	18.9 %	
	Entorno clínico							
	Reendodoncia (si)	-0,030	0,108	-0,242	-0,182	0,782		

	Fuentes de financiación (si)	-0,117	0,059	-0,233	0,000	0,050*	7.72%
Especificidad	RPD (si)	-	-	-	-	-	
	Región objetivo (diente/raíz)	-	-	-	-	-	
	Tiempo Endodoncia-diagnóstico						
	≥5 a	-	-	-	-	-	
	Entorno clínico						
	Reendodoncia (si)	-	-	-	-	-	
	Fuentes de financiación (si)	-	-	-	-	-	
VPP	RPD (si)	-	-	-	-	-	
	Región objetivo (diente/raíz)	-	-	-	-	-	
	Tiempo Endodoncia-diagnóstico						
	≥5 a	-	-	-	-	-	
	Entorno clínico						
	Reendodoncia (si)	-	-	-	-	-	
	Fuentes de financiación (si)	-	-	-	-	-	
VPN	RPD (si)	0,02	0,05	-0,08	0,11	0,669	
	Región objetivo (diente/raíz)	0,02	0,05	-0,07	0,108	0,705	
	Tiempo Endodoncia-diagnóstico						
	≥5 a	0,064	0,068	-0,070	0,197	0,350	
	Entorno clínico						
	Reendodoncia (si)	0,123	0,074	-0,022	0,268	0,097	
	Fuentes de financiación (si)	0,061	0,049	-0,034	0,157	0,209	
LR-	RPD (si)	0,03	0,06	-0,09	0,15	0,614	
	Región objetivo (diente/raíz)	-0,02	0,06	-0,13	0,09	0,739	
	Tiempo Endodoncia-diagnóstico						
	≥5 a	0,154	0,077	0,004	0,305	0,045*	18.8 %
	Entorno clínico						
	Reendodoncia (si)	-0,009	0,095	-0,196	0,177	0,918	
	Fuentes de financiación (si)	0,067	0,059	-0,049	0,182	0,255	
Exactitud	RPD (si)	0,03	0,03	-0,02	0,08	0,283	
	Región objetivo (diente/raíz)	0,02	0,03	-0,03	0,07	0,449	
	Tiempo Endodoncia-diagnóstico						
	≥5 a	-0,010	0,029	-0,066	0,046	0,725	
	Entorno clínico						
	Reendodoncia (si)	0,048	0,046	-0,042	0,138	0,298	
	Fuentes de financiación (si)	-0,014	0,028	-0,068	0,041	0,625	
AUC_{ROC}	RPD (si)	-0,01	0,03	-0,07	0,05	0,677	
	Región objetivo (diente/raíz)	0,01	0,03	-0,05	0,07	0,717	
	Tiempo Endodoncia-diagnóstico						

≥5 a	-0,080	0,040	-0,159	0,002	0,044*	22.3 %
Entorno clínico						
Reendodoncia (si)	0,004	0,048	-0,090	0,099	0,927	
Fuentes de financiación (si)	-0,031	0,030	-0,090	0,027	0,302	

Abreviaciones: ES. Error estándar; IC. Intervalo de confianza; QM. Suma de cuadrados; VPP. Valor predictivo positivo; VPN. Valor predictivo negativo; RP-. Razón de probabilidad negativa; AUC_{ROC}. Área bajo la curva ROC; ROC. Característica operativa del receptor; a, años. (*) p<0,05; (**) p<0,001; (***) p<0,001.

Tabla 7. Resumen de resultados del modelo de meta-regresión de efectos mixtos para las características del estudio.

Parámetro	Covariables	Beta	ES	95% IC Beta		Resumen	
				Límite inferior	Límite superior	Q _M (p-valor)	R ²
Localización							
	Europa (referencia)					0.196	
	América	-0.103	0.067	-0.234	0.029	0.127	-
	Asia	0.039	0.081	-0.119	0.198	0.626	
Año de publicación							
	>2013	0.007	0.06	-0.113	-0.127	0.913	-
Sensibilidad	Riesgo por sesgo de selección						
	Alto o poco claro	-0.004	0.080	-0.153	0.160	0.965	-
	Riesgo de sesgo de la prueba índice						
	Alto o poco claro	0.092	0.060	-0.024	0.209	0.120	-
Sesgo de flujo y tiempo							
	Alto o poco claro	0.157	0.055	0.049	0.265	0.054*	17.5 %
Localización							
	Europa (referencia)					0.283	
	América	0.034	0.050	-0.063	0.131	0.496	-
	Asia	0.100	0.064	-0.025	0.226	0.116	
Año de publicación							
	>2013	0.055	0.045	-0.032	0.143	0.215	-
VPN	Riesgo por sesgo de selección						
	Alto o poco claro	0.032	0.057	-0.081	0.145	0.575	-
	Riesgo de sesgo de la prueba índice						
	Alto o poco claro	0.033	0.048	-0.061	0.126	0.494	-
Sesgo de flujo y tiempo							
	Alto o poco claro	-0.133	0.038	-0.207	0.060	0.001***	33.7 %

RP-	Localización							
						0.476		
		Europa (referencia)						
		América	0.055	0.062	-0.066	0.175	0.376	-
		Asia	-0.042	0.079	-0.197	0.112	0.594	-
		Año de publicación						
		>2013	0.058	0.055	-0.049	0.164	0.291	-
		Riesgo por sesgo de selección						
		Alto o poco claro	-0.042	0.070	-0.179	0.95	0.549	-
		Riesgo de sesgo de la prueba índice						
	Alto o poco claro	-0.062	0.057	-0.173	0.050	0.279	-	
	Sesgo de flujo y tiempo							
	Alto o poco claro	-0.106	0.052	-0.208	0.001	0.047*	9.7 %	
Exactitud	Localización							
						0.168		
		Europa (referencia)						
		América	-0.015	0.029	-0.072	0.041	0.597	-
		Asia	0.054	0.035	-0.014	0.122	0.119	-
		Año de publicación						
		>2013	0.020	0.026	-0.032	0.072	0.449	-
		Riesgo por sesgo de selección						
		Alto o poco claro	-0.03	0.034	-0.064	0.071	0.920	-
		Riesgo de sesgo de la prueba índice						
	Alto o poco claro	0.01	0.027	-0.043	0.063	0.716	-	
	Sesgo de flujo y tiempo							
	Alto o poco claro	-0.047	0.025	-0.097	-0.003	0.068	9.01 %	
AUC _{ROC}	Localización							
						0.521		
		Europa (referencia)						
		América	-0.024	0.031	-0.085	0.037	0.448	-
		Asia	0.023	0.040	-0.055	0.101	0.565	-
		Año de publicación						
		>2013	-0.031	0.028	-0.085	0.023	0.258	-
	Riesgo por sesgo de selección							
	Alto o poco claro	0.018	0.035	-0.051	0.087	0.616	-	

Riesgo de sesgo de la prueba índice						
Alto o poco claro	0.031	0.029	-0.025	0.088	0.277	-
Sesgo de flujo y tiempo						
Alto o poco claro	0.049	0.027	-0.004	0.101	0.072	-

Tabla 8. Resumen de resultados del modelo de meta-regresión de efectos mixtos para cuestiones metodológicas. Abreviaturas: RPD, radiografía periapical digital; ES, error estándar; IC, intervalo de confianza; QM, suma de cuadrados; VPN, valor predictivo negativo; RP-, Razón de probabilidad negativa; AUC_{ROC}, área bajo la curva ROC; ROC, Característica operativa del receptor; (*) p<0,05; (**) p<0,001; (***) p<0,001. (negrita); tendencia hacia la significancia estadística

Calificación de la evidencia: la certeza de la evidencia se considera moderada tanto para la sensibilidad como para la especificidad como se muestra en la tabla 9. El Manual GRADE describe el proceso de calificación de la calidad de la mejor evidencia disponible y la elaboración de recomendaciones de atención en salud, a partir de la metodología propuesta por el Grupo de Trabajo GRADE, de sus siglas en inglés: Grading of Recommendations, Assessment, Development and Evaluation.

Paciente o población: el paciente se sometió a un tratamiento de conductos.


Marco clínico: Lesiones periapicales después del tratamiento de conductos.

Prueba índice: radiografías convencionales

Prueba de referencia: tomografía computarizada de haz cónico

Sensibilidad agrupada: 0,58 (IC del 95%: 0,52 a 0,63) | **Especificidad agrupada:** 1,00 (IC del 95%: 1,00 a 1,00)

Resultado del test	Número de resultados por cada 1000 pacientes analizados (95% IC)			Tamaño muestral (estudios)	Certeza de la evidencia (GRADE)	Comentarios
	Prevalencia 13% Típicamente visto en Davies et al. 2016	Prevalencia 39.5% Típicamente visto en Estrela et al. 2008b	Prevalencia 86% Típicamente visto en Keser et al. 2018			
Verdaderos positivos	52 (47 a 57)	229 (205 a 249)	499 (447 a 542)	8367 (26)	⊕⊕⊕○ MODERADA a,b,c,d	Cuanto mayor es el tiempo transcurrido para el diagnóstico tras el tratamiento de conductos (>5 años) menor será la sensibilidad, reduciendo su capacidad hasta un 15%. La sensibilidad se reduce un 12% entre los estudios que tienen fuentes de financiación, lo que explica el 8% de la heterogeneidad total. Por otro lado, se observa que el riesgo alto/poco claro de sesgo de flujo y sincronización lo aumenta un 19%.

Resultado del test	Número de resultados por cada 1000 pacientes analizados (95% IC)			Tamaño muestral (estudios)	Certeza de la evidencia (GRADE)	Comentarios
	Prevalencia 13% Típicamente visto en Davies et al. 2016	Prevalencia 39.5% Típicamente visto en Estrela et al. 2008b	Prevalencia 86% Típicamente visto en Keser et al. 2018			
Falsos negativos	38 (33 a 43)	166 (146 a 190)	361 (318 a 413)	8019 (23)	 MODERADA <small>a,c,e</small>	<p>La alta proporción de falsos negativos se ve afectada por la propensión al sesgo del flujo y sincronización, que explica el 33,7% y el 7% de la heterogeneidad total del VPN y RP, lo que reduce el rendimiento de estos parámetros hasta un 13 y un 11%.</p> <p>El tiempo transcurrido cuenta el 19% de la heterogeneidad RP- aumentando su rendimiento hasta un 15%.</p> <p>La precisión de la prueba se ve afectada significativamente por la propensión al sesgo de flujo y sincronización, lo que explica el 12% de la heterogeneidad total para este parámetro.</p> <p>AUC_{ROC} se ve afectado por el lapso de tiempo para el diagnóstico (> 5 años) que explica el 22,3% de la heterogeneidad total, reduciendo su capacidad diagnóstica hasta un 8% (beta = -0,08).</p>
Verdaderos negativos	870 (870 a 870)	605 (605 a 605)	140 (140 a 140)			
Falsos positivos	0 (0 a 0)	0 (0 a 0)	0 (0 a 0)			

IC: Intervalo de confianza

Aclaraciones

- a. El nivel de evidencia se degrada a dos niveles debido a fallos metodológicos en la prueba índice y el riesgo de sesgo de flujo y tiempo.
- b. Alta heterogeneidad; sin embargo, los efectos coinciden con la dirección y la confianza con respecto a la decisión no se ve afectada; no hay razón aparente para rebajar en dos niveles. Es evidente una interacción cuantitativa, porque el tamaño del efecto varía entre los estudios, pero no la dirección de la sensibilidad agrupada hacia la incapacidad diagnóstica. La inconsistencia de la sensibilidad se explica parcialmente por el lapso de tiempo del diagnóstico, las fuentes de financiación y la propensión al sesgo de flujo y sincronización.
- c. El rendimiento de la precisión de la prueba es el resultado final del estudio, la evidencia metaanalizada coincide con el espectro de población para la aplicación prevista de la prueba índice.
- d. La variabilidad del coeficiente de sensibilidad es del 10,3% (por debajo de <30%). No se consideró degradar la evidencia por imprecisión.
- e. Sin heterogeneidad; sin razón aparente para degradar.

Calificación	Definición
Alto	Es muy poco probable que la investigación adicional cambie nuestra confianza en la estimación del efecto.
Moderado	Investigación adicional es probable que tenga un impacto importante sobre nuestra confianza en la estimación del efecto y pueda cambiar esta estimación.
Bajo	Investigación adicional es bastante probable que tenga un impacto importante sobre nuestra confianza en la estimación del efecto y es probable que cambie la estimación.
Muy bajo	Cualquier estimación del efecto es muy incierta

Tabla 9. Resumen de hallazgos GRADE.

4.4 Técnica quirúrgica en cirugía periapical

La posición y tamaño de la incisión debe ser planeada para ser mínimamente invasiva, pero a su vez, debe tener el tamaño suficiente para dar al operador un buen acceso y poder visualizar toda el área quirúrgica para poder llevar a cabo la osteotomía, amputación radicular, desinfección, desbridamiento, obturación apical y colocar las membranas o biomateriales en caso de ser necesario ¹⁶⁰. Las incisiones más utilizadas hoy en día son: el colgajo intrasulcular triangular con una incisión vertical, incisión en la base de la papila para preservar las papilas y el colgajo de Luebke-Ochsenbein cuya incisión se realiza unos 3-5 mm por encima del margen gingival con dos descargas verticales ^{161,162}.

El despegamiento y separación del colgajo será a espesor total, realizándose firmemente, procurando ser lo más atraumático posible ¹⁶². En muchos casos, tras el despegamiento es posible ver una dehiscencia ósea alrededor de la raíz, dando así un acceso directo. Si no es así, se preparará el acceso al ápice con instrumental rotatorio, siendo preferible un contraángulo de alta velocidad, o con instrumental piezoeléctrico ¹⁶⁰. La osteotomía será siempre lo más reducida posible, aunque asegurándonos de tener un acceso adecuado a toda la cavidad; con menores osteotomías el tiempo de cicatrización y las molestias postoperatorias serán menores ¹⁶³. Tras la osteotomía u osteotomía será eliminado todo el tejido de granulación, siendo tan rápida y limpia como sea posible ¹⁶⁴.

Cuando tengamos el acceso creado, se inspecciona el ápice en busca de algún signo de fractura que nos obligara a realizar una extracción. Si no se observa ninguna complicación tras la observación con el endoscopio se procederá a la eliminación de 3 mm de la raíz; con la

eliminación de estos 3 mm nos aseguramos la reducción de al menos el 98% de las ramificaciones apicales y el 93% de los conductos laterales ¹⁶⁵. Pondremos especial atención en la existencia de istmos muy frecuentes en las raíces mesiales de los primeros molares mandibulares y en las raíces mesiovestibulares de los primeros molares superiores; también con la extirpación de estos 3 mm nos aseguramos el acceso al 90% de los istmos en el caso de los primeros molares maxilares y al 80% en el caso de los primeros molares mandibulares ^{166,167}. Tras la eliminación de estos 3 mm, se preparará la cavidad retrógrada que albergará el MTA. Esta cavidad retrógrada debe tener también 3 mm de profundidad, y se obtiene mediante ultrasonidos (US). Usaremos estos US sin ejercer presión, con suaves movimientos de arriba abajo y de atrás adelante. Si aumentamos la presión del US disminuye la eficacia de corte y aumenta la posibilidad de fractura ¹⁶¹. Antes de la obturación retrógrada se debe conseguir una adecuada hemostasia, para ello se utilizará una bola de gasa impregnada con epinefrina que se dejará en el fondo de la cavidad, después se colocarán bolas de gasas estériles y secas, presionando durante 2 minutos, y pasado este tiempo se quitarán las bolas de gasas secas dejando la empapada en el fondo de la cavidad durante la obturación retrógrada que además de ayudar a mantener la cavidad seca, evita que restos de la obturación retrógrada se depositen en la cavidad ósea por detrás de la raíz, se quitará la gasa empapada al final del procedimiento ¹⁶⁸. De forma alternativa, ante cirugías más sangrantes se usa el sulfato de calcio en forma de pasta o solución de sulfato férrico.

En cuanto al material de obturación ideal sigue siendo el MTA (Mineral Trioxide Aggregate), se trata del material biocerámico que ha demostrado mayor biocompatibilidad ¹⁶⁹ y además promueve la regeneración de los tejidos perirradiculares ¹⁷⁰. Actualmente se han estudiado varios materiales que pueden ser comparados con el MTA, pero el que más destaca es el "EndoSequence Root Repair Material (RRM)". En un estudio reciente en animales, el RRM consigue una respuesta mejor en la cicatrización tisular adyacente a la superficie radicular comparado con el MTA. Esta mejoría se ha podido detectar con la TCHC, aunque no se aprecia en la radiografía periapical ¹⁶¹.

Tras la obturación de la cavidad, se irrigará la cavidad con suero salino para remover cualquier resto del material de obturación y limpiar la cavidad. Entonces se suturan los tejidos de manera que no quede ningún tipo de tensión. Se recomienda sutura no reabsorbible tipo monofilamento, pues la reacción inflamatoria siempre será menor que la de multifilamentos tipo seda o polyester ¹⁶⁰. Usaremos suturas de pequeño diámetro para causar menos trauma, ya que el hilo tiende a romperse antes que provocar un desgarro del tejido cuando aplicamos un exceso de tensión ¹⁷¹. Retiraremos la sutura a los 7 días, pues la unión epitelial entre ambas

partes de la herida y la reticulación del colágeno ocurrirá en un plazo de 21 a 28 horas ¹⁷². No existe consenso sobre las revisiones postoperatorias en el caso de la cirugía periapical, pero idealmente deberían ser revisadas a la 1^ª o 2^ª semana posoperatorias y a los 6 meses ¹⁷¹.

4.5 Pronóstico en cirugía periapical

Para el estudio de la evolución tras la realización de la cirugía periapical, varios han sido los autores que han creado sus propios criterios en un intento de clasificar el resultado de esta. Los diferentes artículos publicados sobre la evolución de la cirugía periapical usan unos criterios u otros, sin llegar a un acuerdo general sobre cuales son mejor. Algunos de estos criterios estudian los signos y síntomas del paciente, mientras que otros solo estudian los signos radiográficos de la evolución tras la cirugía periapical ¹⁷³.

A continuación, se describen las diferentes escalas de evaluación tras la realización de la cirugía apical:

- I. *Rud y colaboradores*, desarrollaron la primera escala en 1972, tratándose solo de criterios radiológicos ¹⁷⁴.
 - *Cicatrización completa*:
 - ✓ Restablecimiento de la anchura normal del espacio periodontal y de la lámina dura alrededor del ápice
 - ✓ Leve aumento en la anchura del espacio periodontal, pero menos del doble de la anchura periodontal del resto de raíz no involucrada en la patología
 - ✓ Un minúsculo defecto de la lámina dura (máximo 1 mm²) adyacente a la obturación radicular
 - ✓ Completa reparación ósea; aunque el hueso que rodea el área periapical no tiene la misma densidad que el hueso vecino no afectado por la patología
 - ✓ Completa reparación ósea; no se puede apreciar espacio periodontal en la zona apical
 - *Cicatrización incompleta (tejido cicatricial)*: la rarefacción ósea ha disminuido en tamaño o permanece estable, y además se aprecian uno o más de los siguientes hallazgos:
 - ✓ Lagunas óseas son reconocidas dentro de la rarefacción ósea; la periferia de la rarefacción es irregular y puede estar limitada por un borde óseo compacto; la rarefacción ósea está localizada asimétricamente alrededor del ápice; la conexión de la rarefacción con el espacio periodontal es angular.
 - ✓ Tejido cicatricial aislado en el hueso con los hallazgos especificados en el punto anterior

- Cicatrización incierta: disminución o estabilización de la rarefacción ósea en tamaño, y además se observa una o más de las siguientes características:
 - ✓ Radiotransparencia mayor que el doble del espacio periodontal normal
 - ✓ La rarefacción se localiza simétricamente alrededor del ápice, con forma de embudo extendiéndose hacia el espacio periodontal
 - ✓ Está rodeado por lámina dura como estructuras óseas
 - ✓ Tiene una forma circular o semicircular
 - ✓ O se aprecia la presencia de estructuras óseas discernibles dentro de la cavidad ósea
 - Cicatrización no satisfactoria: no se aprecian cambios o incluso hay un aumento de la radiotransparencia.
- II. *Clasificación de Persson's*: en 1973 presentó una clasificación mucho más sencilla, no relacionada con la histología, compuesta por tres grupos: curación exitosa (cuando el área periapical muestra completa regeneración ósea), curación incierta (cuando hay cierto grado de regeneración ósea pero la radiolucidez es todavía visible) y fracaso (cuando no hay regeneración ósea o hay un incremento de la radiolucidez)¹⁷⁵. Pero a su vez tiene en cuenta los síntomas y signos: si es asintomático le aplica la clasificación mencionada al principio de este párrafo, pero si el paciente tiene síntomas o si el examen clínico refleja fístula, comunicación apico-marginal o sensibilidad a la percusión y palpación, se clasificará como fracaso, independientemente de la clasificación radiográfica.
- III. *Criterios de curación de Mikkonen y cols*: En esta clasificación se atiende también a la sintomatología referida por el paciente, presentada en 1983¹⁷⁶:
- Éxito clínico: cuando no existe dolor, tumefacción ni fístula
 - Curación incierta: cuando presenta sintomatología o no, y radiográficamente se aprecia destrucción ósea
 - Fracaso: cuando además de destrucción ósea y reabsorción radicular, aparece sintomatología
- IV. *Criterios de Molven y cols*: clasificaron en 1987 la evolución según los siguientes grupos: cicatrización completa, cicatrización incompleta (presencia de tejido cicatricial), cicatrización incierta y cicatrización no satisfactoria (fracaso). Se trata de un intento de mejoría de los criterios planteados por Rud y cols en 1972¹⁷⁷.
- V. *Criterios de Zetterqvist*: presentados en 1991¹⁷⁸:
- Grupo 1: Cicatrización completa: no hay síntomas clínicos. La lámina dura es visible en la radiografía o la anchura del espacio periodontal está apenas aumentado. Un defecto

de la lámina dura (máximo 1 mm²) adyacente a la obturación retrograda será considerada completamente cicatrizada si el paciente no muestra síntomas clínicos.

- Grupo 2: Mejoría: signos radiológicos obvios de cicatrización son visibles sin la presencia de síntomas clínicos
- Grupo 3: Sin mejoría: no hay evidencia radiológica de la cicatrización. Pero el diente está asintomático.
- Grupo 4: Fracaso: se puede apreciar una evidencia radiográfica de un aumento de la radiotransparencia o bien síntomas clínicos de una osteítis perirradicular apreciables.

El éxito se considera para los grupos 1 y 2.

VI. *Clasificación de Gutmann*: realiza una triple clasificación, atendiendo a los criterios clínicos, los criterios radiográficos y por último a criterios histológicos, en 1992.¹⁷⁹

La clasificación clínica es:

- Éxito clínico: presencia de las siguientes características: a. Ausencia de sensibilidad a la percusión o palpación. b. Movilidad dental normal. c. Ausencia de sinusitis o parestesia. d. Ausencia de tracto fistuloso o bolsa periodontal. e. Funcionalidad dental durante al menos dos años f. Ausencia de signos de infección o inflamación g. Ausencia de dolor h. Dientes adyacentes con respuesta normal. i. Coloración normal de tejidos blandos
- Clínicamente cuestionable: a. Sintomatología esporádica, no reproducible. b. Sensación de presión. c. Dolor a percusión, palpación o masticación en grado leve. d. Molestia a la presión con la lengua. e. Inflamación agregada (sinusitis). f. Uso ocasional de analgésicos
- Fracaso clínico: a. Síntomas persistentes. b. Presencia de tracto fistuloso. c. Dolor a la percusión y/o palpación. d. Evidencia de fractura radicular, irreparable. e. Excesiva movilidad y enfermedad periodontal progresiva. f. Pérdida de función del diente.

En cuanto a la clasificación atendiendo a los criterios radiográficos:

- Éxito radiológico: a. Espacio del ligamento periodontal entre normal y ligeramente engrosado (<1mm). b. Eliminación de la rarefacción previa. c. Lámina dura normal con relación al diente adyacente. d. Sin evidencia de reabsorción. e. Obturación tridimensional densa de todo el espacio en el canal

radicular, extendiéndose hasta la unión cemento dentinaria (aproximadamente a 1 mm del ápice anatómico)

- Radiográficamente cuestionable: a. Espacio periodontal aumentado (>1mm/<2mm). b. Rarefacción ósea estable o leve reparación ósea. c. Un aumento de la lámina dura con relación a los dientes adyacentes. d. Evidencia de reabsorción (sin sintomatología clínica ni otros signos radiográficos). e. Espacios existentes en la densidad de la obturación radicular, especialmente en el tercio apical del canal. f. Extensión del material de obturación más allá del ápice anatómico.
- Fracaso radiológico: a. Incremento del espacio periodontal (>2mm). b. Ausencia de reparación ósea en la rarefacción inicial o aumento de esta. c. Ausencia de neoformación de la lámina dura o un incremento significativo en la densidad ósea de los tejidos perirradiculares. d. Presencia de rarefacciones óseas en el área perirradicular donde previamente no existían (rarefacción lateral). e. Espacio visible en el canal no obturado o huecos significativos en la obturación del canal. f. Excesiva sobreextensión del material de relleno con espacios obvios en el tercio apical del canal. g. Reabsorción activa asociada con otros signos radiográficos de fracaso.

Y la clasificación histológica:

- Éxito histológico: a. Ausencia de inflamación. b. Regeneración de las fibras periodontales, adyacentes o insertadas, al cemento sano. c. Estratificación o reparación del cemento con nuevo cemento en el foramen apical. d. Reparación ósea evidente con osteoblastos sanos alrededor del nuevo hueso formado. e. Sin reabsorción presente, y las antiguas áreas de reabsorción tienen aposición de cemento demostrada.
- Histología cuestionable: a. Presencia de inflamación leve. b. Áreas de reparación de cemento alternadas con áreas de reabsorción. c. Falta de organización en las fibras periodontales. d. Mínima reparación ósea acompañada de evidente actividad osteoclástica.
- Fracaso histológico: a. Presencia de moderado a severo infiltrado inflamatorio. b. Falta de reparación ósea concomitante con reabsorción del hueso circundante. c. Reabsorción activa del cemento sin evidencia de reparación. d. Presencia de zonas necróticas o tejidos extraños remanentes. e. Presencia de tejido de granulación y posible proliferación epitelial.

VII. *Clasificación de von Arx y Kurt*¹⁸⁰: realizaron una clasificación en 1999 utilizando la clasificación de Zetterqvist et al. y Jesslén et al. Que a su vez proviene de Rud et al.

- Éxito: Cicatrización completa: regeneración ósea mayor o igual al 90%; dolor y signos clínicos = 0
- Mejoría: Cicatrización parcial: regeneración ósea entre 50-90%; dolor y signos clínicos = 0
- Fracaso: Cicatrización incierta o ausente: regeneración ósea menor del 50%; dolor o signos clínicos ≥ 1

Para la aplicación de estos criterios, von Arx y Kurt tienen en cuenta 4 puntos:

a. *Escala de dolor*:

Puntuación	Definición
0	No hay dolor
1	Dolor medio (eventualmente)
2	Dolor medio (permanente)
3	Dolor severo

b. *Signos clínicos*:

Puntuación	Definición
0	Ausencia de signos clínicos
1	Zona apical sensible a la palpación
2	Hinchazón en la zona apical o sensible a la percusión (o dolorosa)
3	Fístula o absceso apical

c. *Tamaño radiográfico de la lesión*: usando para calcularla la siguiente fórmula:

$$S = A/2 \times B/2 \times \eta$$

Donde S es la superficie, A es la longitud de la lesión y B es la altura. El significado de η no queda especificado en el artículo, y no se ha podido averiguar pues los autores no responden a los múltiples mails que se les han mandado.

d. *Porcentaje de regeneración ósea (al año):*

$$R = 100 - (S^{\text{revisión}} \times 100 / S^{\text{postoperatorio}})$$

VIII. Clasificación de Friedman en 2005 ¹⁸¹:

- Cicatrizado: una combinación clínica (ausencia de signos y síntomas) y radiográfica (sin radiotransparencia residual) de normalidad. Queda incluida en esta clasificación, la típica apariencia de cicatriz.
- Cicatrizando (en proceso): radiotransparencia reducida combinada con normalidad clínica, en períodos de seguimiento de menos de cuatro años. Quedaría incluida en esta clasificación la que se define en otras clasificaciones como “cicatrización incierta”.
- Enfermedad persistente: Persistencia de radiotransparencia (como expresión de la periodontitis apical), con o sin signos y síntomas clínicos, o la presencia de síntomas incluso cuando el aspecto radiográfico es normal.

IX. Clasificación de Taschieri ¹⁸²⁻¹⁸⁴: es una clasificación clínica y radiológica donde se unifican los criterios radiográficos de Molven y Rud, y los criterios clínicos de Gutmann y Harrison, presentada en 2007:

- Éxito: clasificación radiográfica de cicatrización completa con ausencia de síntomas y signos clínicos. Éxito clínico.
- Dudoso: el grupo de pronóstico dudoso es a su vez dividido en los siguientes subgrupos: D1 (cicatrización radiográfica incompleta y ausencia de signos y síntomas clínicos); D2 (cicatrización radiográfica incompleta y presencia de signos y síntomas clínicos cuestionables); D3 (cicatrización incierta y éxito clínico); D4 (cicatrización incierta y presencia de signos o síntomas clínicos cuestionables); y D5 (presencia de síntomas y signos clínicos cuestionables con completa cicatrización radiológica)
- Fracaso: cicatrización radiográfica no satisfactoria o cicatrización incierta con la presencia de signos y síntomas clínicos.

X. “Criterios de Penn 3D modificados” fue desarrollado por Chafic Safi en 2015 para el estudio de la evolución tras la cirugía periapical analizando las imágenes obtenidas por medio de la TCHC, se trata de criterios exclusivamente radiográficos, no clínico ^{18,185}:

- *Cicatrización completa:*
 - a) Regeneración del espacio periodontal normal y de la lámina dura alrededor de la superficie radicular, seccionada o no.

- b) Ligero incremento en anchura del espacio periodontal apical al diente, pero menos del doble del espacio periodontal en el resto de las partes del diente.
 - c) Pequeño defecto en la lámina dura alrededor de la obturación apical.
 - d) Reparación ósea completa y de la lámina dura; aunque el hueso que rodea el área periapical no tiene la misma densidad que el hueso circundante.
 - e) Reparación ósea completa. Tejido óseo circundante completamente regenerado. No se puede apreciar espacio periodontal alrededor.
- *Cicatrización limitada*: la cicatrización puede ser observada en las inmediatas de la raíz seccionada, pero la zona muestra alguna de las siguientes condiciones:
 - a) La continuidad de la cortical está interrumpida por un área de menor densidad
 - b) Permanece un área de menor densidad ósea alrededor del ápice
 - c) El hueso no se ha formado completamente en la zona de acceso de la osteotomía
 - d) En las áreas con enfermedad periodontal previa o fenestraciones previas, la superficie radicular no presenta cobertura ósea y/o tejido periodontal adherido
 - *Cicatrización incierta*: el volumen del área con baja densidad ósea parece haber disminuido, y demuestra alguna de las siguientes características:
 - a) El grosor del espacio periodontal es mayor que el doble de la anchura periodontal normal
 - b) El área es simétrica alrededor del ápice, manteniendo forma de embudo alrededor del ápice
 - *Cicatrización no satisfactoria*: el volumen del área de menor densidad parece aumentado o sin cambios

Se muestra a continuación un tabla-resumen de las diferentes clasificaciones realizadas hasta la fecha (tabla 10):

Autor/Año	Criterios	Clasificación
Rud y cols. 1972	Radiológicos	Cicatrización completa, incompleta, incierta y no satisfactoria.
Persson's 1973	Clínicos y radiográficos	Curación exitosa, curación incierta y fracaso
Mikkonen y cols. 1983	Clínicos y radiológicos	Éxito clínico, curación incierta y fracaso
Molven y cols. 1987	Radiológicos	Cicatrización completa, incompleta, incierta y no satisfactoria.
Zetterqvist y cols. 1991	Clínicos y radiológicos	Cicatrización completa, mejoría, sin mejoría y fracaso.
Gutmann 1992	Clínicos, radiológicos e histológicos.	Éxito, cuestionable y fracaso.
von Arx y Kurt. 1999	Clínicos y radiológicos	Éxito, mejoría y fracaso
Friedman 2005	Clínicos y radiológicos	Cicatrizado, cicatrizando o en proceso, y enfermedad persistente.
Taschieri y cols 2007	Clínicos y radiológicos	Éxito, dudoso y fracaso

Chafic Safi 2015	Radiológicos *	Cicatrización completa, cicatrización limitada, cicatrización incierta y cicatrización no satisfactoria
-------------------------	----------------	---

*Tabla 10. Estudios publicados de los criterios de curación en cirugía periapical. *criterios radiológicos estudiados en la TCHC.*

5.MATERIAL Y MÉTODO

5. MATERIAL Y MÉTODO

5.1 Material

5.1.1 Diseño

El presente estudio se ajusta a un estudio observacional, descriptivo, longitudinal y retrospectivo, entre 6 y 48 meses.

Aspectos éticos y confidencialidad

Se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki y siguiendo las condiciones del Comité Ético de Investigación de la Universitat de València, que aprobó el ensayo clínico con registro de solicitud "H1523379927800" (Anexo 2). También se actuó según el Protocolo en materia de protección de datos respetando la "Ley Orgánica de Protección de Datos de carácter personal (LOPD) 15/1999". Además, no existió ningún conflicto de intereses.

Consentimiento informado:

Se entregó a todos los pacientes un Consentimiento Informado previamente aprobado por el Comité Ético, siendo éste el documento formal en el cual el paciente pudo leer sobre el estudio, los investigadores, el objetivo que buscaba el estudio, la descripción y la confidencialidad de este. En la última página es donde el paciente firmó el consentimiento de manera voluntaria si él o ella querían formar parte del estudio. (Anexos 3 y 4).

Centro de realización del estudio

Se realizó en la Unidad Médico-quirúrgica de la Clínica Odontológica, del Departamento de Estomatología de la Universitat de Valencia, España.

Población de estudio

La población estudio estuvo compuesto por un total de 298 pacientes, en los cuales había fracasado el tratamiento endodóntico ortógrado, por lo que habían sido sometidos a una cirugía periapical entre enero del 2015 hasta enero del 2018. La cirugía periapical se llevó a cabo en todos los pacientes realizando la mínima apicectomía posible para crear una cavidad retrógrada de 3 mm de profundidad con la técnica de ultrasonidos, con visión endoscópica de la cavidad y de la obturación retrógrada.

A todos los pacientes se les cumplimentó un protocolo previamente establecido (Anexo 5), en el que se relacionaron de forma ordenada y detallada todos los datos clínicos y radiográficos del

paciente, sus características preoperatorias, intraoperatorias y postoperatorias, así como también los antecedentes personales de interés.

Todas las intervenciones fueron realizadas por el mismo cirujano (MPD). Los pacientes que formaron parte del estudio disponían de una radiografía panorámica, una radiografía periapical y un examen tomográfico de haz cónico (TCHC) para un estudio más detallado del área periapical y delimitar el tamaño de esta. Tras la intervención quirúrgica, se les practicó a todos ellos una revisión, y los pertinentes controles radiográficos, habiendo pasado un tiempo entre 6 y 48 meses desde la realización de la cirugía periapical.

Indicaciones y contraindicaciones de la cirugía apical

Los motivos para realizar la cirugía periapical fueron ⁷: 1) cuando el conducto radicular esté obstruido (y no pueda hacerse la reendodoncia) y existan signos radiográficos o síntomas clínicos de patología periapical persistente 2) cuando exista sobreextensión del material de obturación y existan signos clínicos radiológicos o síntomas clínicos. 3) Fracaso del tratamiento endodóncico y no sea apropiado realizar la reendodoncia (sintomatología aguda, riesgo de fractura radicular) 4) Perforaciones radiculares con signos radiográficos o síntomas clínicos, imposibles de tratar por vía ortograde.

Las contraindicaciones para la realización de la cirugía periapical fueron ⁷: 1) factores anatómicos locales (Ej. ápices inaccesibles) 2) falta de soporte periodontal 3) dientes sin función (dientes sin antagonista y que no son pilares de una prótesis removible o fija) 4) paciente no colaborador 5) paciente medicamente comprometido.

5.1.2 Población estudio

Criterios de inclusión y de exclusión de los pacientes en el estudio

Los criterios de inclusión para la recogida de la muestra fueron:

1. Dientes a los que se les realizó la cirugía periapical por primera vez, con el uso de endoscopio, mediante la técnica de ultrasonidos para realizar la caja retrógrada, y retroobturbación con MTA.
2. Que el diente en cuestión tuviera un registro preoperatorio compuesto por una TCHC, una radiografía periapical y panorámica.
3. Que se le hubiera realizado un control radiográfico posterior a la cirugía, habiendo transcurrido entre 6 y 48 meses, compuesto por una TCHC, una radiografía periapical y panorámica. Además de un control clínico durante el seguimiento.
4. Restauraciones intactas radiográfica y clínicamente durante el seguimiento.

5. Pacientes que aceptaran participar en el estudio.

Los criterios de exclusión fueron:

1. Los pacientes, cuya TCHC y radiografías periapical y panorámica, no permitieran la apreciación completa de las raíces y corticales de los dientes implicados. O también que los registros fueran de mala calidad.
2. Cirugía periapical realizada con el uso de sustitutos óseos o membranas para una regeneración ósea de la cavidad.

Registro del paciente

Se realizó un modelo de ficha, relleno para cada paciente del estudio. Esta ficha recoge los datos obtenidos previos a la intervención de cirugía periapical, los datos propios de la intervención quirúrgica y los datos de control del área periapical obtenidos tras el período de cicatrización.

Los datos incluidos en la ficha de cada paciente se recogieron y archivaron en un fichero informático de una base de datos (Microsoft® Excel versión 16.16.1, Microsoft® Redmond, WA, USA). Estos datos fueron codificados para posteriormente procesarlos estadísticamente.

5.1.3 Material empleado

Material radiológico

Las radiografías periapicales digitales fueron realizadas con la unidad de rayos X Gendex Expert DC (Gendex Dental Systems, Hatfield, USA). Usando el sensor radiológico Vista Scan® (Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen, Germany). Para la toma de las periapicales se usaron los posicionadores Super-Bite® (Kerr, Bioggio, Suiza).

Las imágenes panorámicas fueron obtenidas por el equipo Planmeca (ProMax 3D Classic, Helsinki, Finlandia) y con el programa Planmeca Romexis® (versión 4.5.2; Planmeca) para el procesamiento de las mismas.

Las imágenes de TCHC fueron obtenidas con el equipo Planmeca (ProMax 3D Classic, Helsinki, Finlandia) y con el mismo programa, Planmeca Romexis® (versión 4.5.2; Planmeca), facilitado para el procesamiento de las imágenes.

Material quirúrgico

La mesa quirúrgica constó de:

1. Instrumental de exploración clínica: espejos intraorales, sonda de exploración y sonda periodontal.

2. Instrumental y material quirúrgico: jeringa de anestesia, aguja, carpules de anestesia (Inibsa, Lliça de Vall, Barcelona, Spain), gasas, suero fisiológico estéril, dispensador del suero, mango de bisturí, hoja de bisturí del nº 15, periostotomo, separador (Minessota), pinza Adson sin dientes, pinza mosquito, porta agujas, tijeras, sutura no reabsorbible Tevdek® (Deknatel®, Teleflex®, Athlone, Irlanda) compuesta de fibras de poliéster revestidas de politetrafluoroetileno (PTFE).

3. Instrumental y material específico de la cirugía periapical: microespejo, cucharillas, cureta, espátula de cemento y loseta de vidrio, espátulas de composite de distintos tamaños, batea con trozos de gasa impregnada en solución de anestesia articaína 4% con epinefrina 1:100.000 (Inibsa®, Lliça de Vall, Barcelona, España), pistola y cartuchos de Expasyl™ (Expasyl, Produits Dentaires Pierre Rolland, Merignac, Francia), Mineral Trioxide Aggregate (ProRoot® MTA White, Dentsply, EE. UU.).

4. Pieza de mano con fresa redonda de carburo de tungsteno de 0,27 mm (Jota, Switzerland), ultrasonidos Piezon Master® 400 (EMS®, Electro Medical Systems S.A, Suiza) con puntas ultrasónicas diamantadas de cirugía periapical, fresa de fisura de pieza de mano para el pulido.

5. Recipiente con formaldehído al 10% para el análisis histológico de las muestras de tejido periapical.

Para la magnificación e iluminación del campo quirúrgico se utilizaron lupas de 2.6 aumentos Orasoptic® (Acuity™System. Kerr Corporation, Middleton, USA) y un endoscopio rígido (Karl Storz-Endoskope, Tuttlingen, Germany).

5.2 Método

5.2.1 Selección de la muestra

Se realizó un estudio sobre los pacientes tratados con cirugía periapical entre enero del 2015 hasta enero del 2018, y que acudieron a revisión entre enero de 2018 y enero de 2019, y que además disponían de una TCHC, de una radiografía periapical y de una radiografía panorámica, prequirúrgicas y de control. Las cirugías fueron realizadas con la técnica de ultrasonidos y la retroobtusión con Agregado de trióxido mineral (MTA) (Dentsply Tulsa Dental Specialties, Tulsa, OK). Todas ellas fueron realizadas por un mismo cirujano (M.P.D.)

La muestra inicial estaba compuesta por 298 pacientes con al menos un diente que necesitaba la realización de la cirugía periapical. La unidad de estudio considerada fue el diente ¹³.

En las áreas periapicales en las que se veía afectado más de un diente, tras el estudio de los dientes involucrados mediante las imágenes de TCHC y radiografías periapical y panorámicas, se determinó el causante del área periapical, contabilizando a este diente como parte de la muestra.

5.2.2 Estudio preoperatorio

Todos los pacientes tuvieron una consulta previa a la cirugía para el diagnóstico clínico y radiográfico. En ella se realizaban los registros radiológicos necesarios. Se recogió toda la información clínica preoperatoria de interés para la cirugía, que después se adjuntó en la ficha clínica de recogida de datos para el presente estudio. También se estudió para cada caso, el protocolo quirúrgico y las posibles complicaciones intra y postoperatorias, así como también se explicó al paciente el protocolo de revisión postquirúrgico y de seguimiento. La dosis de radiación de la TCHC fue explicada en un lenguaje simple y claro, y los consentimientos informados para la cirugía fueron firmados por todos los pacientes (o por sus representantes en caso de ser menor de 18 años).

5.2.3 Procedimiento quirúrgico

Se utilizaron técnicas de anestesia loco-regional para todos los pacientes, utilizándose articaína 4% con adrenalina 1:100.000 (Inibsa; Lliça de Vall, Barcelona, España)

Se realizó un colgajo suficientemente amplio para tener el acceso adecuado a la lesión, de espesor completo, realizándose una incisión y con dos posibles diseños dependiendo de cada caso (intrasulcular o submarginal), con la hoja 15c montada en el bisturí. Tras la realización del colgajo, se realizó el despegamiento y retracción de éste.

La ostectomía se realizó con fresa redonda de carburo de tungsteno de 0,27 mm de diámetro (Jota AG, Rüthi SG, Suiza), montada en pieza de mano 1:1 (Synea Vision, W&H Dentalwerk, Bürmoos, Austria) e irrigación con suero salino.

El legrado apical se hizo tan rápido y exhaustivo como se pudo, pues así se conseguía una mejor hemostasia de la zona. Para conseguir una hemostasia adecuada se realizó una compresión local contra las paredes de la cripta ósea durante dos minutos con una gasa estéril impregnada en epinefrina (B. Braun, 1 mg/ml; Rubí, Barcelona, España) y tiras de politetrafluoroetileno esterilizable (PTFE) ¹⁸⁶. Tras del legrado, se preparó una muestra y se envió para su estudio anatomopatológico. Y se irrigó exhaustivamente la cavidad con suero fisiológico.

El corte de la raíz se hizo perpendicular al eje de la misma, cortándose aproximadamente 3 mm del ápice con las puntas ultrasónicas. Se utilizó durante todo el procedimiento el endoscopio rígido (Karl Storz-Endoskope, Tuttlingen, Germany). Tras la apicectomía se preparó la cavidad retrógrada con puntas de ultrasonidos “retro-tips” (Piezomed, W&H Dentalwerk, Bürmoos, Austria), obteniendo así una cavidad de paredes paralelas y con la profundidad adecuada. Se revisó entonces la cavidad y la raíz con el endoscopio para descartar cualquier fisura.

Tras controlar el sangrado, se secó la cavidad con puntas de papel, y se procedió a la obturación de esta con MTA (Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA). Tras el fraguado se pulió el material. Y se limpió minuciosamente el campo operatorio. Se comprobó entonces con una radiografía periapical, la calidad de la obturación. No se hizo relleno alguno de las cavidades óseas con ningún tipo de sustituto óseo, así como tampoco se usaron membranas. Finalmente se suturó la zona, cuidando que no quedara hueso expuesto ni tensiones para facilitar la cicatrización por primera intención, usando sutura de 6/0 (Polinyl; Sweden & Martina, Carrare, Italia).

5.2.4 Tratamiento postoperatorio

Se administró antibióticos de amplio espectro (amoxicilina 2 gr o 600 mgr de clindamicina) una hora antes de la cirugía a todos los pacientes además de antiinflamatorios (ibuprofeno 600 mgr cada 8 horas) si el dolor lo requería y analgésicos (paracetamol 500 mgr a las 4 horas del ibuprofeno si aumentaba aún más el dolor). Se les dio por escrito una serie de instrucciones postoperatorias, remarcando la importancia de su adecuado cumplimiento.

Tras la cirugía, se les hizo la primera revisión a la semana para la retirada de la sutura.

5.2.5 Métodos radiográficos

Las radiografías periapicales digitales fueron realizadas con la unidad de rayos X Gendex expert D, usando el sensor radiológico Vista Scan (Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen, Germany) (4x3cm) con los siguientes parámetros de exposición: 65 kV, 7 mA y 0,08~0,12 seg. La distancia entre el sensor y el tubo radiológico fue de 30 cm. Y las imágenes digitales fueron procesadas y almacenadas usando el procesador DBSWIN (Dürr Dental).

Para la toma de las radiografías periapicales se usaron los posicionadores Super-Bite (KerrDental, Bioggio, Suiza). Para así minimizar las discrepancias entre las diferentes radiografías, comprobando que la distancia entre el foco y la película fuera de 30 cm, obteniendo así la perpendicularidad entre los rayos incidentes y el sensor.

Las imágenes panorámicas fueron obtenidas por el equipo Planmeca® (Promax 3D Classic, Helsinki, Finlandia), y con el programa Planmeca Romexis para el procesamiento de las mismas. Los parámetros de exposición se definieron en: 68 kV, 10 mA, 19 seg.

Las imágenes de TCHC fueron obtenidas con Planmeca® (Promax 3D Classic, Helsinki, Finlandia, versión 3.8.3 y 4.5.2), con el paciente sentado. Los parámetros de operación usados fueron: 90 kV, 8 mA, 12 segundos para 180° de rotación, con un tamaño de vóxel isométrico de 0,15 mm. Y el campo de visión del panel detector (FOV) fue de 40 x 40 mm. El software empleado para procesar las imágenes de la TCHC fue el Planmeca Romexis Viewer (versión 4.5.2.; Planmeca). El grosor del corte fue de 0,15 mm.

5.2.6 Seguimiento del paciente y evaluación de las imágenes

Los pacientes fueron revisados pasado un tiempo de la intervención, de entre 6 y 48 meses, registrándose para cada caso el tiempo transcurrido en meses desde la cirugía. Durante esta cita, se explicó el propósito del presente estudio, se les volvió a exponer en un lenguaje adecuado las nuevas radiaciones a las que iban a ser sometidos. La confidencialidad del estudio fue asegurada. Tras la aceptación por parte del paciente de la participación en el estudio, el consentimiento informado fue firmado por todos los pacientes (o por sus representantes en caso de ser menor de 18 años) antes de la inscripción en el estudio. Se les realizó entonces una revisión clínica y los controles radiográficos. Se siguió el protocolo de revisión desarrollado por von Arx y Kurt en 1999 para la evaluación de la cirugía periapical¹⁸⁰. En ellos se evaluó el grado de dolor y los síntomas, y se estudiaron las radiografías, siguiendo las escalas desarrolladas por los autores citados.

Las imágenes fueron evaluadas por un investigador calibrado (A.R.A.), que no estaba relacionada con el tratamiento y seguimiento de los pacientes, y por un especialista en cirugía oral (D.P.O.). Se evaluaron los registros radiográficos disponibles de los 298 pacientes a los que se le había realizado la cirugía periapical.

Para el estudio de las imágenes, se analizó primero la sensibilidad de los métodos bidimensionales tanto para las imágenes preoperatorias como para las de control, seguido por el estudio de las imágenes de TCHC. Tras el estudio de la sensibilidad, se realizaron las mediciones *en mm²* y *en mm³* de las diferentes áreas periapicales a través de los tres métodos diagnósticos, y posteriormente se evaluó el estado de la cicatrización tras la cirugía, comparando las imágenes prequirúrgicas y las obtenidas en el período de control en cada uno de los tres métodos radiográficos; para realizar las comparaciones de sensibilidad entre los diferentes

métodos radiográficos y también comparar las variaciones de área/volumen de las áreas periapicales tras la cicatrización.

Estudio de la sensibilidad diagnóstica de los métodos bidimensionales:

El hallazgo radiográfico de periodontitis apical persistente, en el diente endodonciado, tanto en la radiografía periapical como en la panorámica, se definió como un aumento del espacio periodontal en contacto con el ápice del diente, excediendo al menos el doble del espacio periodontal normal ^{4,50}. Para las imágenes de la TCHC, se aplicó el mismo criterio, y la lesión debía ser al menos visible en dos cortes tomográficos ^{4,50}.

Se estableció la TCHC como el método estándar de referencia para el análisis de la sensibilidad de las radiografía periapical y panorámica, siguiendo artículos previos que así lo hicieron ^{38,41,47,50,60,82,135}. Se revisaron todas las imágenes preoperatorias y las de control, tanto las bidimensionales como la TCHC, por ambos investigadores (A.R.A y D.P.O.), para determinar la existencia o no de área periapical. Tras el análisis por separado de ambos examinadores, si en alguna imagen no estaban de acuerdo, se consultaba a un 3º examinador (D.S.P.) para llegar a un acuerdo. Para el estudio de la prevalencia de las áreas periapicales, primero se examinaron las imágenes bidimensionales, seguidos por el análisis de las TCHCs dos semanas después.

Para la calibración interexaminador, los examinadores fueron entrenados usando 50 radiografías periapicales e imágenes de TCHC reconstruidas, con y sin patología periapical, en las cuales tenían que diagnosticar la existencia o no de patología periapical, antes de la evaluación de la muestra final ⁵⁵.

Mediciones de las áreas y volúmenes de las lesiones periapicales:

Para la calibración y evaluación de la exactitud intraexaminador, se realizaron mediciones sobre los tres métodos radiográficos, midiendo las áreas y volúmenes en las radiografías periapical, panorámica y en las TCHC de las diferentes áreas periapicales. Estas mediciones se realizaron en 10 radiografías periapicales, 10 radiografías panorámica y 10 tomografías de pacientes no pertenecientes a la muestra.

Para las mediciones de las imágenes que componían la muestra final, se realizaron en 40 sesiones, separadas por un intervalo de una semana. Sin límite de tiempo para cada sesión. En las treinta primeras sesiones se midieron las imágenes prequirúrgicas, midiendo las imágenes en los tres métodos radiográficos, compuesta siempre por una TCHC, una radiografía periapical y una radiografía panorámica, y registrando todos los datos necesarios para rellenar el protocolo de estudio (Anexo 5). En cada una de las sesiones se empezaba por un método radiológico

distinto ⁴⁶. Y en las diez siguientes sesiones, se estudiaron las imágenes postquirúrgicas, compuestas también por una TCHC, una radiografía periapical y una radiografía panorámica. Cabe destacar, que las imágenes examinadas en cada sesión no estaban relacionadas entre ellas, no se trataban de los mismos pacientes y eran ordenadas aleatoriamente en cada sesión de examen ⁴⁵. Todas las mediciones fueron realizadas conjuntamente por ambos examinadores (A.R.A. y D.P.O.)

Las radiografías periapicales, ortopantomografías y TCHC, fueron reproducidos en un monitor Full HD con una resolución de 1920 x 1080 píxeles situado en una habitación con luz tenue.

Se almacenaron las radiografías periapicales y panorámicas en formato DICOM, para poder calcular el área de las lesiones periapicales. Se utilizó para ello el programa ITK-SNAP, se trata de un software gratuito. Para las radiografías en dos dimensiones, el programa permite un sencillo análisis del tamaño de las áreas infecciosas. Se realizaron las mediciones en las radiografías preoperatorias y las del período de control (figs. 8 y 9). Cuidando siempre con la medición manual de excluir la superficie radicular del diente, para que no quedara incluida en el área medida ¹⁸⁷. Se utilizó para todas las radiografías periapicales el mismo sensor, anteriormente mencionado. Se obtuvieron, para ambos métodos bidimensionales, todas las áreas calculadas en mm². Múltiples lesiones por diente o cuando un diente multiradicales presentaba más de una lesión periapical, fue calculada la superficie de cada una de las lesiones y después sumadas para hallar el total del defecto ¹⁸. Independientemente del número de raíces que iban a ser tratadas, el diente siempre se consideró como la unidad de evaluación ¹³. Y se hizo de la misma manera para las radiografías panorámicas (figs. 10 y 11).

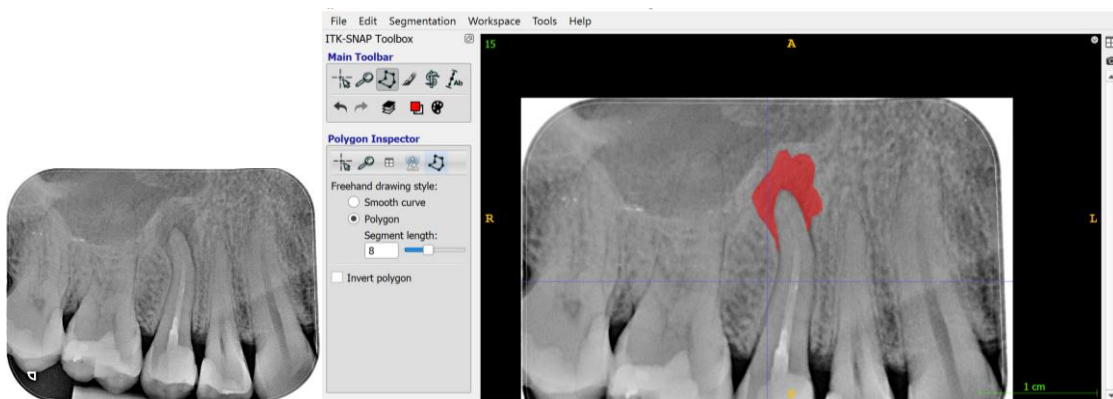


Figura 8. a. Radiografía periapical del diente 1.5, previa a la cirugía periapical. B. Medición prequirúrgica del área periapical en el diente 1.5 (22,6 mm²).



Figura 9. Radiografía periapical del diente 1.5, 18 meses después de la cirugía periapical. El área ha desaparecido, por lo que se contabilizó como 0 mm².

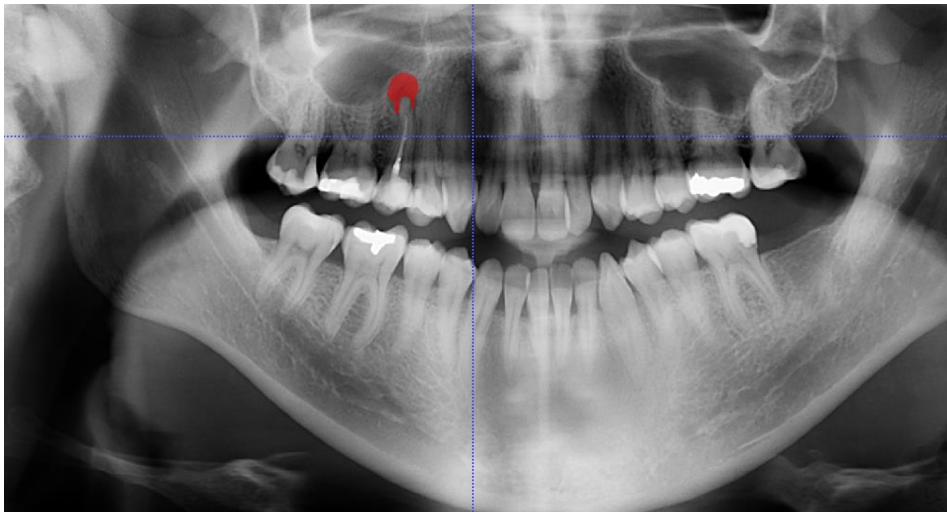


Figura 10. Medición de las áreas periapicales en la radiografía panorámica y en el mismo paciente. La radiografía es preoperatoria. Para la medición se modificaron el brillo y la intensidad para facilitar las mediciones.



Figura 11. Radiografía panorámica postoperatoria en la que no se observa área periapical en el diente 1.5. La radiografía se hizo antes de la reconstrucción del diente.

Para el cálculo del volumen en las tomografías realizadas se utilizó el programa Planmeca Romexis 4.5.2. Se calculó el volumen de las áreas periapicales en las tomografías realizadas antes de la intervención y en el control posterior. Para cada caso se calculó el tamaño del área con el modo manual. Cuidando siempre con la medición manual de excluir la superficie radicular del diente, para que no quedara incluida en el volumen medido. Fue realizada la segmentación manual del área y el cálculo del volumen usando la máxima resolución, los cortes fueron de 0,150 mm. El programa convierte automáticamente las mediciones realizadas en voxels a mm^3 . Al igual que en las radiografías, si un diente unirradicular o un diente multirradicular presentaba más de un área, se obtuvo la suma de cada una de ellas y contabilizó como una sola área^{13,18}. Todos los casos incluidos en el estudio presentaban defectos, al inicio, al menos el doble que el espacio periodontal normal^{42,45,50,55}. Y en las imágenes de seguimiento realizadas al año, aquellas que la anchura periodontal no superaba el doble del espacio se anotaban como defectos de 0 mm^3 , y por ello contabilizados como casos totalmente curados¹⁸.

Para realizar las mediciones en los dientes anteriores, de canino a canino, se usaron los cortes axiales de la TCHC; ya que, en muchos casos, debido a la inclinación vestibular de las raíces en los dientes anteriores, en este plano era el que mejor se distinguía donde comenzaba a mostrarse el área. Y para las mediciones en los sectores posteriores, es decir, en molares y premolares, las mediciones se realizaron siempre sobre los cortes coronales de la tomografía, pues en este plano era más fácil separar el seno maxilar del área periapical para el caso de molares y premolares superiores, y para el caso de los molares y premolares inferiores, también con los cortes coronales se podía medir bien.

En las tomografías, se iniciaba la medición en el primer corte tomográfico (axial o coronal, según el diente que se tratase) en el que se observaba el doble del ensanchamiento del ligamento periodontal normal. A continuación, se muestra las mediciones realizadas sobre la TCHC, corte a corte, sobre el área periapical del 1º premolar superior derecho mostrado anteriormente en las radiografías bidimensionales (figs. 12 a 14):

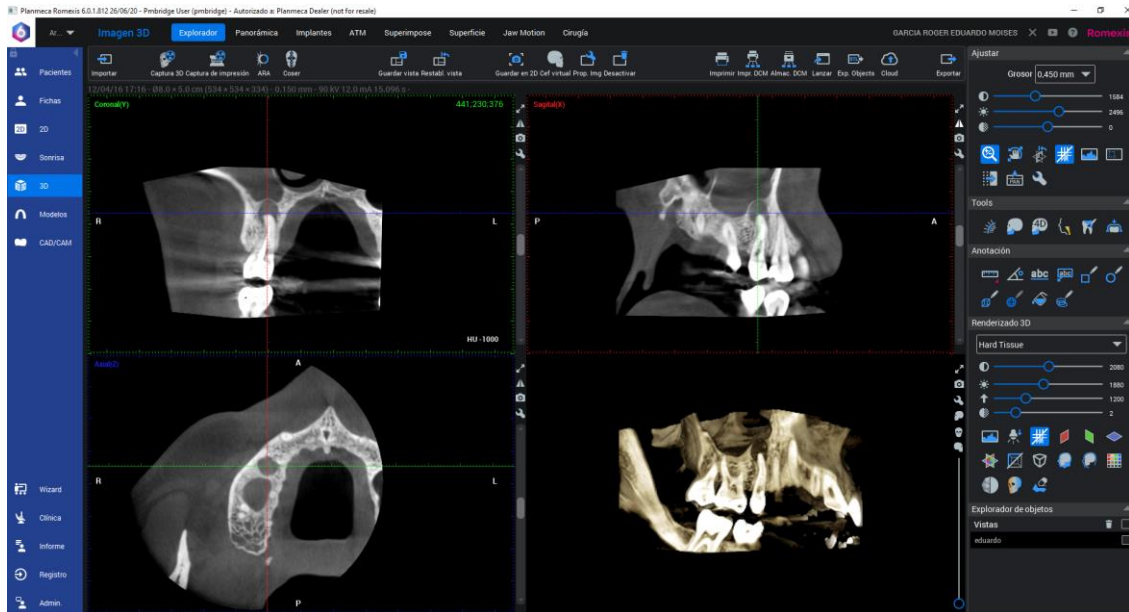


Figura 12. Cortes coronal, sagital, axial y simulación tridimensional del área periapical en el diente 1.5 durante el estudio preoperatorio.

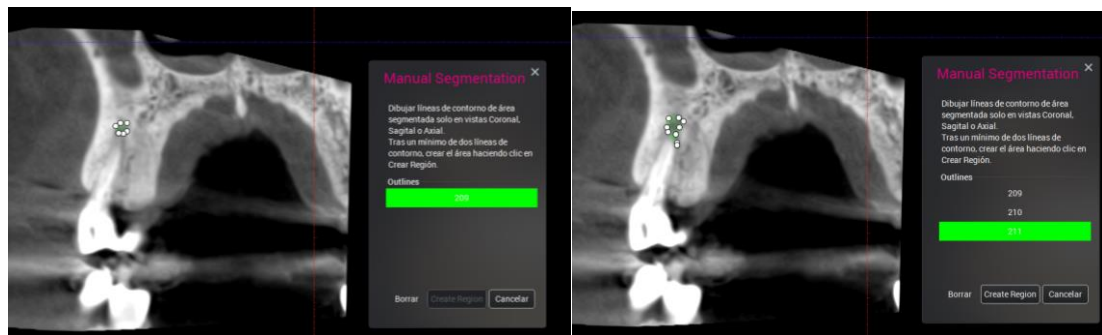


Figura 13. Primeros dos cortes coronales donde se observa el área periapical del diente 1.5. Aparecen marcadas en verde las mediciones realizadas sobre el área.

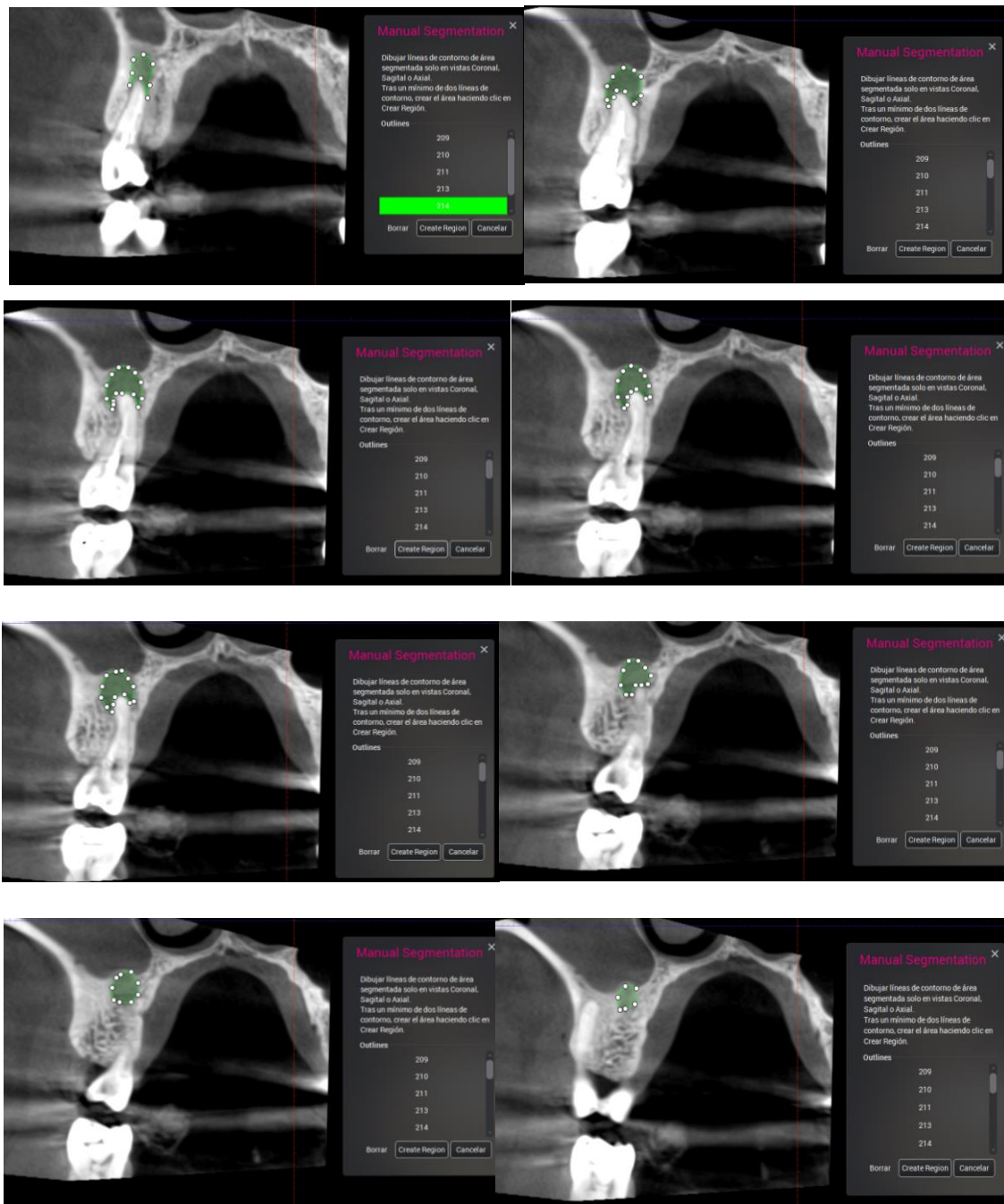


Figura 14. Continuación de las mediciones realizadas sobre el plano coronal del diente 1.5. El área verde muestra las mediciones realizadas sobre cada corte.

Tras las mediciones en todos los planos que contenía el área periapical, el programa calcula el área total en mm^3 (figs. 15 a 18):

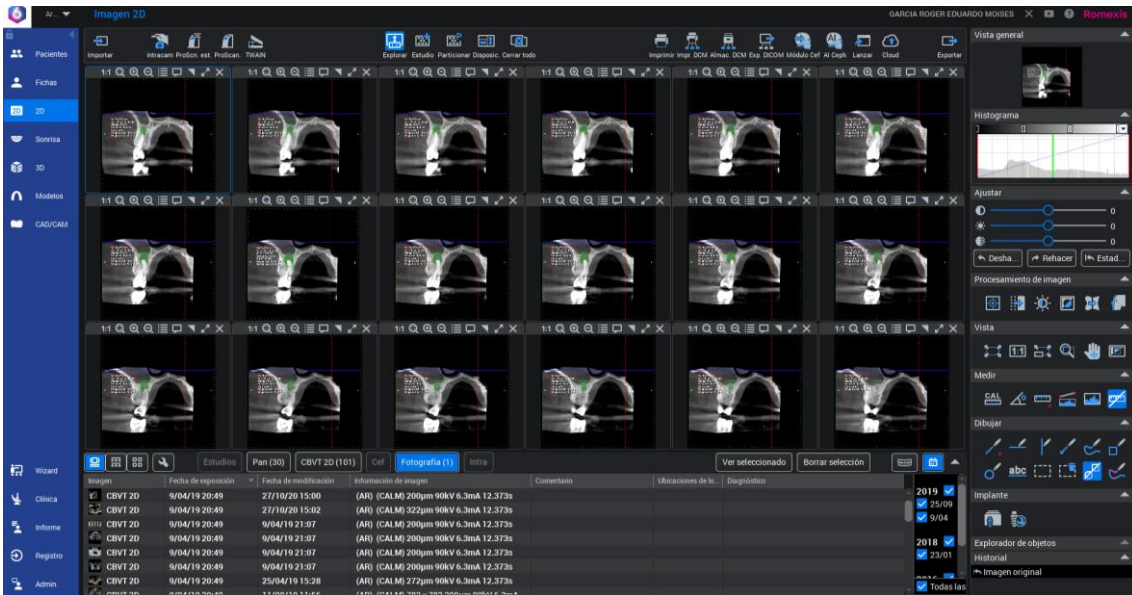


Figura 15. Resumen de los diferentes cortes coronales donde se han realizado las mediciones de las áreas.

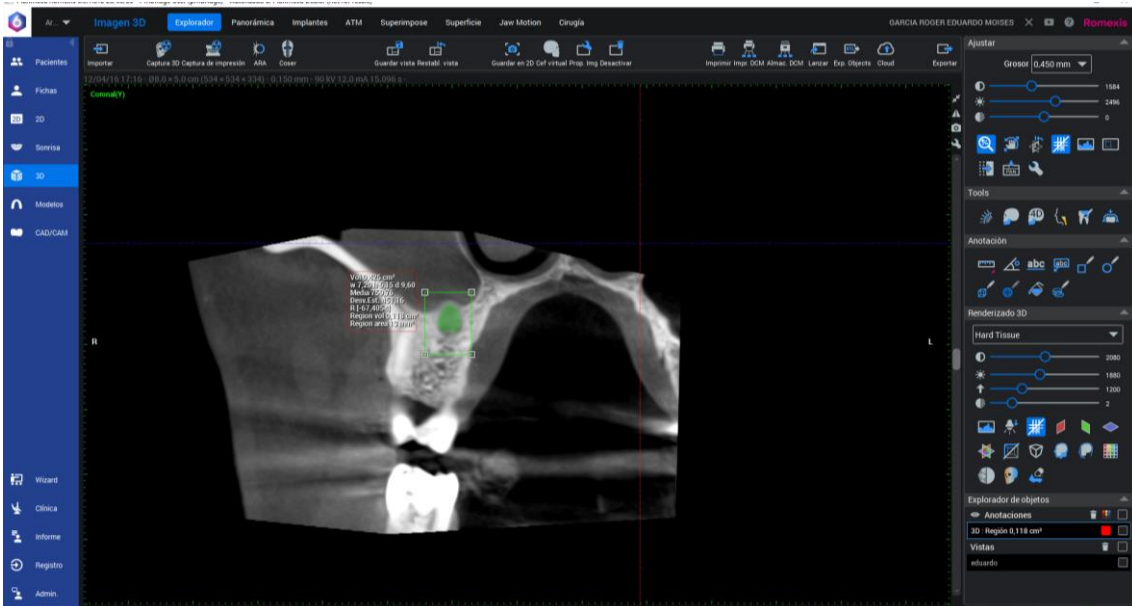


Figura 16. Corte coronal donde se muestra el volumen total medido

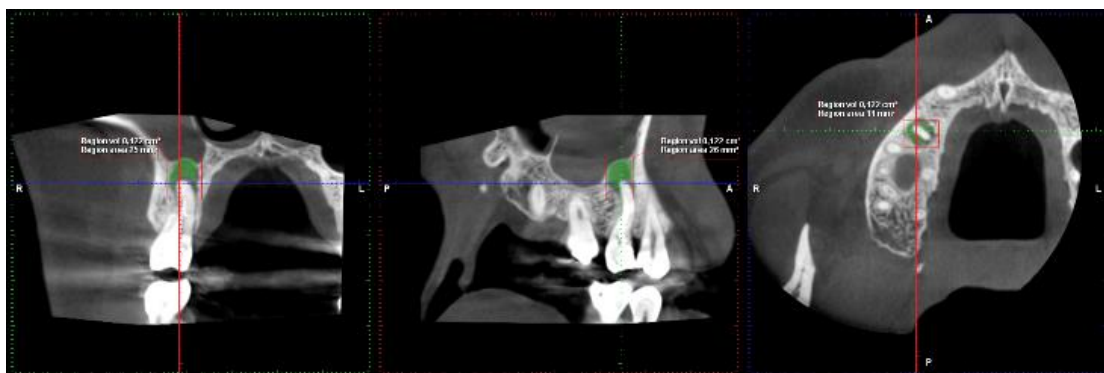


Figura 17. Corte coronal, sagital y axial del diente 1.5 del mismo paciente. Como se ha mostrado en imágenes anteriores, la medición se realizó en el plano coronal. Se obtuvo un volumen de 122 mm³.



Figura 18. Simulación tridimensional del volumen medido.

Se permitió al operador, ampliar tanto como fuese necesario las imágenes para la obtención de las mediciones. Así como también cambiar el brillo y el contraste para así mejorar la visibilidad de las áreas infecciosas. Tanto en la observación de las tomografías como en las radiografías periapicales y panorámicas.

Así, se midieron las áreas en todas las radiografías periapicales y panorámicas, y los volúmenes de las mismas a través de la TCHC, tanto prequirúrgicas como postquirúrgicas. Para posteriormente estudiar, en el caso de la TCHC los cambios de volumen producidos. Y también se compararon entre sí, todas las imágenes prequirúrgicas (comparando entre sí los tres métodos), y también las postquirúrgicas ¹⁵⁶.

Evaluación de la cicatrización:

Para la evaluación de la cicatrización, en el caso de las radiografías periapicales, se aplicaron dos escalas. Por un lado, se aplicaron los criterios de von Arx y Kurt desarrollados en 1999 ¹⁸⁰, que reúnen criterios clínicos y radiológicos y, por otro lado, también se aplicaron los criterios de Molven desarrollados en 1987, que son exclusivamente radiográficos ¹⁷⁷. Para las radiografías panorámicas no existe en la literatura ninguna escala de evaluación para el seguimiento de la cirugía periapical.

Para la aplicación de los criterios de von Arx, se recogieron, durante las revisiones clínicas (realizadas entre 6 y 48 meses a los pacientes), los signos y síntomas requeridos por esta clasificación, y además se analizaron las radiografías periapicales preoperatorias y de control, utilizando si era necesario las herramientas de magnificación. Esta evaluación se realizaba por duplicado por ambos examinadores (A.R.A y D.P.O) y tras la evaluación se comparaban los resultados. Si existía algún caso con opiniones diferentes, se consultaba con un 3º examinador (D.S.P) para llegar a un acuerdo. Estos criterios se aplicaron solo a las radiografías periapicales, pues fueron creados para este tipo de radiografía exclusivamente.

Clasificación de von Arx y Kurt ¹⁸⁰:

- Éxito → Cicatrización completa: regeneración ósea mayor del 90%, dolor y signos clínicos=0
- Mejoría → Cicatrización parcial: regeneración ósea entre 50-90%, dolor y signos clínicos=0
- Fracaso → Cicatrización incierta o ausente: regeneración ósea menor del 50%, dolor o signos clínicos>1

Para la aplicación de estos criterios, von Arx y Kurt tienen en cuenta 4 puntos:

- a) *Escala de dolor*: Por un lado, se interrogó a los pacientes, para completar la parte del dolor correspondiente a dicha escala; se estudiaba el dolor que sentían los pacientes según una escala de 4 valores: 0) no tenían ningún tipo de dolor, 1) presentaban algún tipo de dolor eventualmente, 2) si narraban un dolor más moderado y frecuente y 3) si expresaban un dolor severo

Puntuación	Definición
0	No hay dolor
1	Dolor medio (eventualmente)
2	Dolor medio (permanente)
3	Dolor severo

- b) *Signos clínicos*: Y, por otro lado, tras la inspección clínica, se estudiaron los siguientes *Signos clínicos* pertenecientes a la misma escala ¹⁸⁰ en todos los pacientes de la muestra, evaluándose a la inspección clínica la zona anteriormente intervenida anotando la siguiente información, 0) ausencia de signos clínicos, 1) zona apical sensible a la palpación, 2) hinchazón en la zona apical del diente en cuestión o sensible a la percusión y 3) presencia de fístula o absceso apical al diente.

Puntuación	Definición
0	Ausencia de signos clínicos
1	Zona apical sensible a la palpación

- 2 Hinchazón en la zona apical o sensible a la percusión (o dolorosa)
- 3 Fístula o absceso apical

c) *Tamaño radiográfico de la lesión*: para calcular el área de la lesión, von Arx y Kurt utilizaban la siguiente fórmula:

$$S = A/2 \times B/2 \times \eta$$

Donde A es la longitud de la lesión y B es la altura. Pero con los nuevos programas informáticos, en este caso el Itk-Snap, se pudo calcular el área de manera directa sin tener que utilizar ninguna fórmula que obtuviera una superficie aproximada.

d) *Porcentaje de regeneración ósea (al año)*:

$$R = 100 - (S^{\text{revisión}} \times 100 / S^{\text{postoperatorio}})$$

Para calcular el porcentaje de regeneración ósea se utilizó esta fórmula planteada por el autor. Siendo R=porcentaje de regeneración ósea conseguida, $S^{\text{revisión}}$ =superficie en mm² medida en el período de control y $S^{\text{postoperatorio}}$ =superficie en mm² medida durante el período postoperatorio. Pero se tuvo que realizar una modificación a dicha fórmula. No se midió el área del postoperatorio, si no la del preoperatoria. Pues para medir la inmediatamente postoperatoria se debía hacer una radiografía justo en ese momento, lo cual si se hizo en la mayoría de las ocasiones para asegurar el sellado del MTA. Pero lo que no se hizo durante el postoperatorio inmediato fue una TCHC, pues suponía demasiada radiación, por lo que la comparación entre la TCHC y la radiografía postoperatoria no se podía hacer. Así es que se decidió hacer las comparaciones de ambos métodos a través de las imágenes preoperatorias. Cambiando así en la fórmula el $S^{\text{postoperatorio}}$ por el $S^{\text{preoperatorio}}$.

Para la aplicación de los criterios de Molven en el caso también de las radiografías periapicales, se clasificó la cicatrización en cuatro grupos como desarrolló el autor. Los grupos fueron:

- Cicatrización completa:
 - Restablecimiento de la anchura normal del espacio periodontal y de la lámina dura alrededor del ápice (fig. 19).

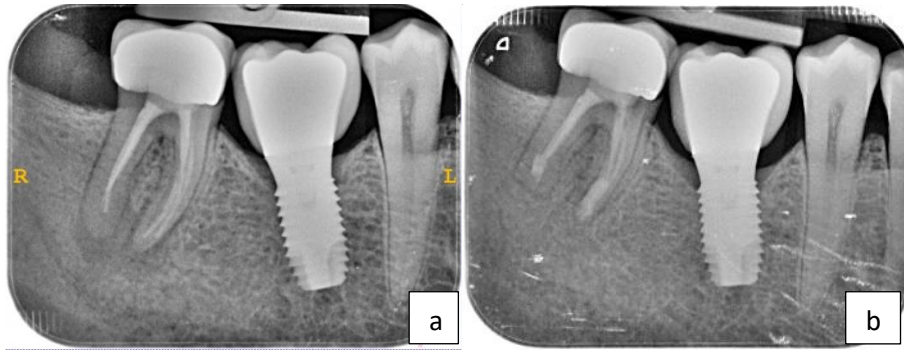


Figura 19. a, radiografía periapical antes de la cirugía del diente 4.7. b, radiografía durante el período de control tras 21 meses de la cirugía periapical.

- Leve aumento en la anchura del espacio periodontal, pero menos del doble de la anchura que el resto de raíz no involucrados en la patología
- Un minúsculo defecto de la lámina dura (máximo 1 mm²) adyacente a la obturación radicular (fig. 20)



Figura 20. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control

- Completa reparación ósea; aunque el hueso que rodea el área periapical no tiene la misma densidad que el hueso vecino no afectado por la patología (figs. 21 y 22).

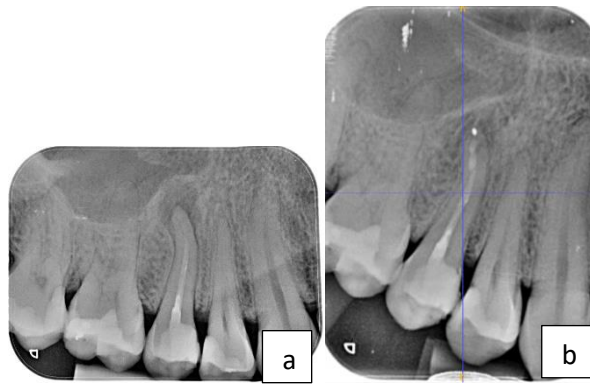


Figura 21. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control. El hueso circundante presenta una densidad menor.

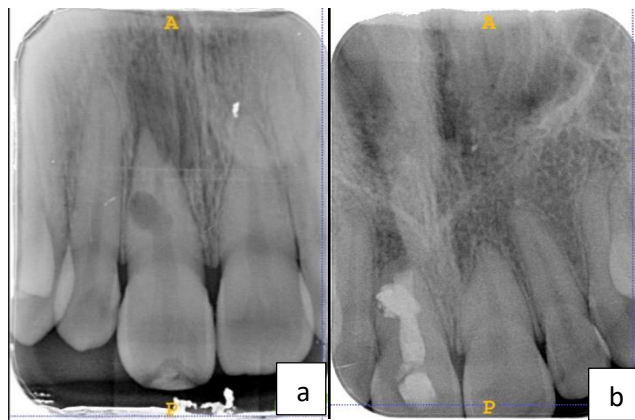


Figura 22. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control, con una densidad menor del hueso circundante.

- Completa reparación ósea; no se puede apreciar espacio periodontal en la zona apical (fig. 23).



Figura 23. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control

- Cicatrización incompleta: la rarefacción ósea ha disminuido en tamaño o permanece estable, y además se aprecian uno o más de los siguientes hallazgos:
 - Lagunas óseas son reconocidas dentro de la rarefacción ósea; la periferia de la rarefacción es irregular y puede estar limitada por un borde óseo compacto; la rarefacción ósea está localizada asimétricamente alrededor del ápice; la conexión de la rarefacción con el espacio periodontal es angular (fig. 24).

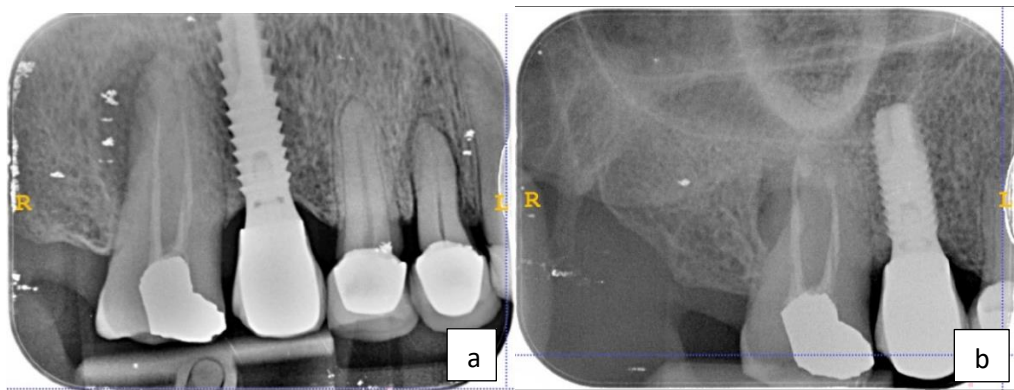


Figura 24. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control

- Tejido cicatricial aislado en el hueso con los hallazgos especificados en el punto anterior (figs. 25 y 26).

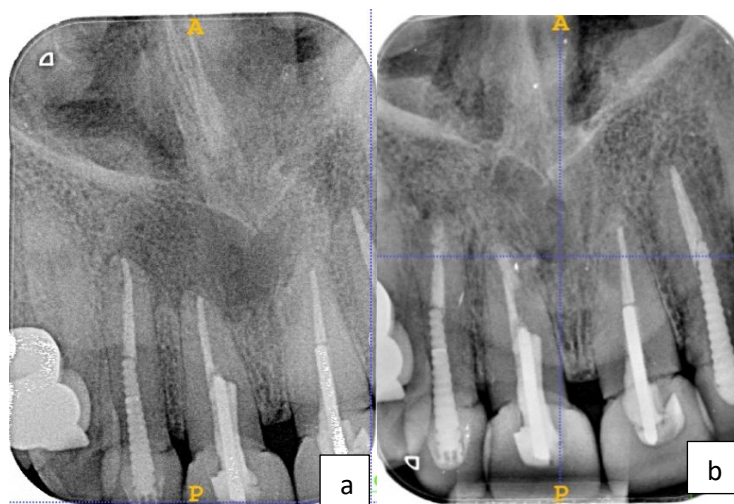


Figura 25. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control

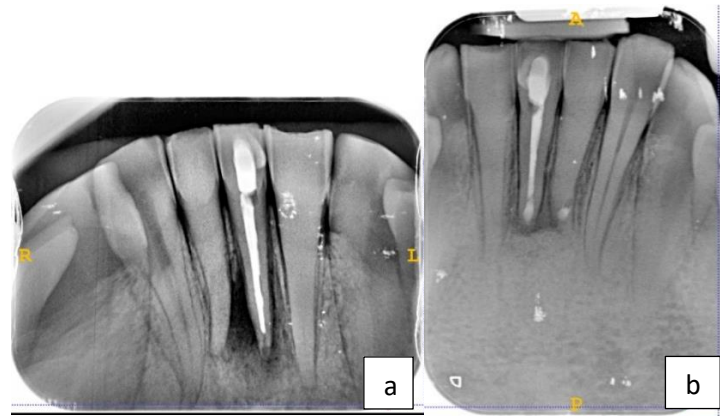


Figura 26. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control

- Cicatrización incierta disminución o estabilización de la rarefacción ósea en tamaño (figs. 27 y 28), y además se observa una o más de las siguientes características:
 - Radiotransparencia mayor que el doble del espacio periodontal normal
 - La rarefacción se localiza simétricamente alrededor del ápice, con forma de embudo extendiéndose hacia el espacio periodontal
 - Se aprecia la presencia de estructuras óseas discernibles dentro de la cavidad ósea

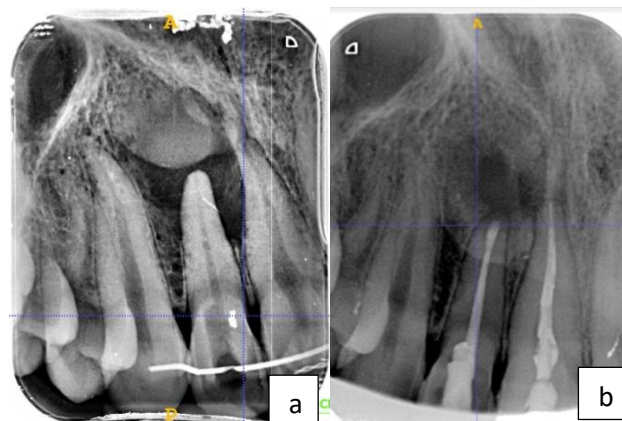


Figura 27. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control

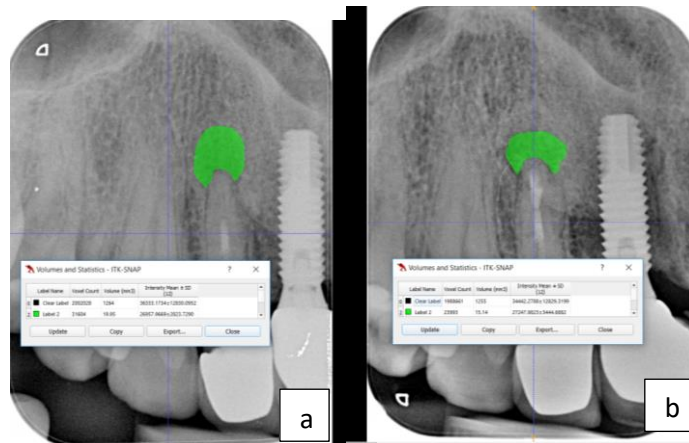


Figura 28. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control

- Cicatrización no satisfactoria: no se aprecian cambios o incluso hay un aumento de la radiotransparencia (fig. 29).

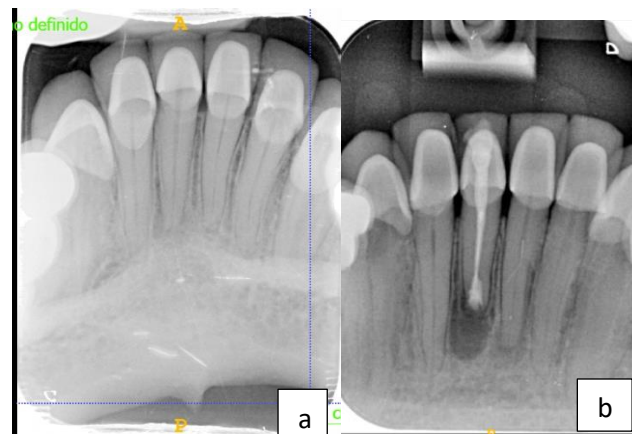


Figura 29. a, radiografía periapical antes de la cirugía. b, radiografía durante el período de control, pasados 13 meses de la cirugía periapical.

También aquí, la clasificación se hizo entre los dos examinadores anteriormente mencionados (A.R.A. y D.P.O.), y en el caso de no llegar a un acuerdo se consultaba con un tercer examinador (D.S.P.).

Por razones estadísticas, los resultados fueron dicotomizados como éxito o fracaso¹⁸, para ambas escalas de evaluación.

En el caso de los criterios de von Arx, se agruparon los casos clasificados como éxito o mejoría dentro del grupo de éxito, y como fracaso los que ya se habían clasificado como tal¹³ (tabla 11).

En el caso de los criterios de Molven, se asignaron como éxito los clasificados como cicatrización completa e incompleta, y como fracaso, los clasificados como cicatrización incierta o no satisfactoria (tabla 11).

Y para las imágenes de la TCHC, donde se utilizó la escala “Penn 3D modificada”¹⁸, también se trata de criterios exclusivamente radiográficos, como la escala de Molven, no clínicos:

- *Cicatrización completa (figs 30 a 33):*
 - a) Regeneración del espacio periodontal normal y de la lámina dura alrededor de la superficie radicular, seccionada o no.
 - b) Ligero incremento en anchura del espacio periodontal apical al diente, pero menos del doble del espacio periodontal en el resto de las partes del diente.
 - c) Pequeño defecto en la lámina dura alrededor de la obturación apical.
 - d) Reparación ósea completa y de la lámina dura; aunque el hueso que rodea el área periapical no tiene la misma densidad que el hueso circundante.
 - e) Reparación ósea completa. Tejido óseo circundante completamente regenerado. No se puede apreciar espacio periodontal alrededor.



Figura 30. TCHC preoperatoria de periodontitis apical en diente 1.2. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial.

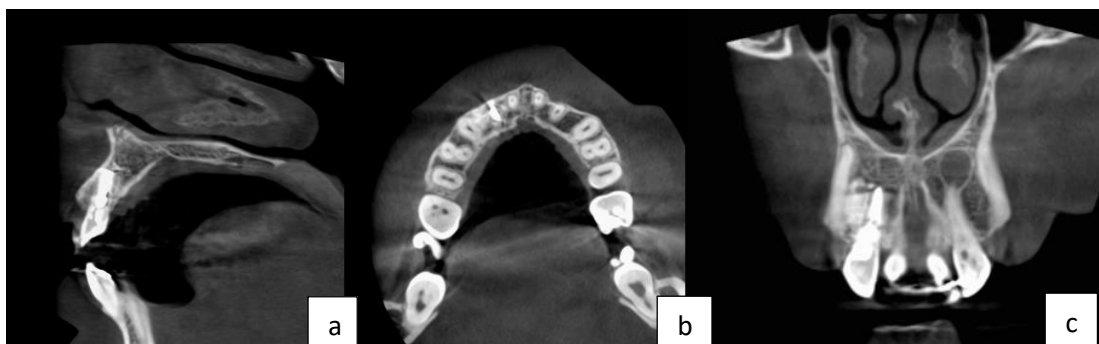


Figura 31. Tras 30 meses de la cirugía periapical se observa el diente 1.2 totalmente curado. Además, se observa nueva área periapical en el diente 2.2. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial.



Figura 32. Otro caso de periodontitis apical en el diente 3.5 que también afecta a los dientes 3.4 y 3.6. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial.

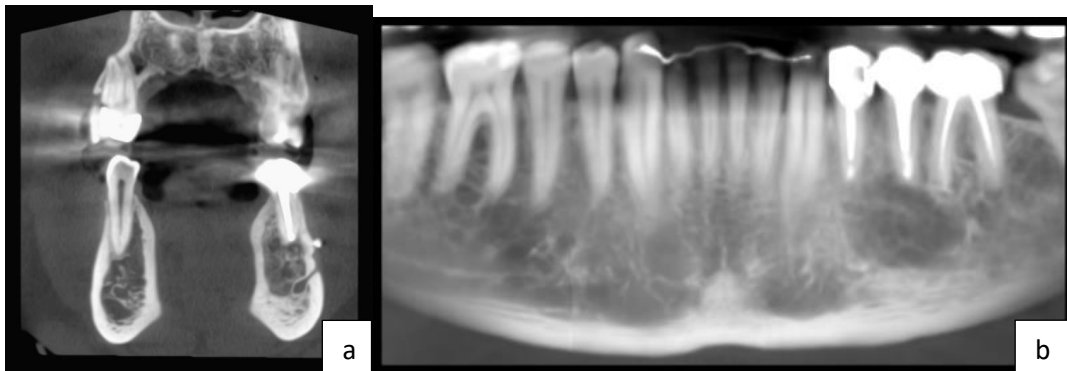


Figura 33. Tras 32 meses de la realización de la cirugía apical, que tuvo que incluir los dientes 3.4 y 3.5, se observa el hueso cicatrizado, aunque la densidad de este hueso es menor que la del hueso circundante. a, corte coronal. b, corte panorámico

- *Cicatrización limitada*: la cicatrización puede ser observada en las inmediatadas de la raíz seccionada, pero la zona muestra alguna de las siguientes condiciones (fig. 34):
 - a) La continuidad de la cortical está interrumpida por un área de menor densidad
 - b) Permanece un área de menor densidad ósea alrededor del ápice
 - c) El hueso no se ha formado completamente en la zona de acceso de la osteotomía
 - d) En las áreas con enfermedad periodontal previa o fenestraciones previas, la superficie radicular no presenta cobertura ósea y/o tejido periodontal adherido

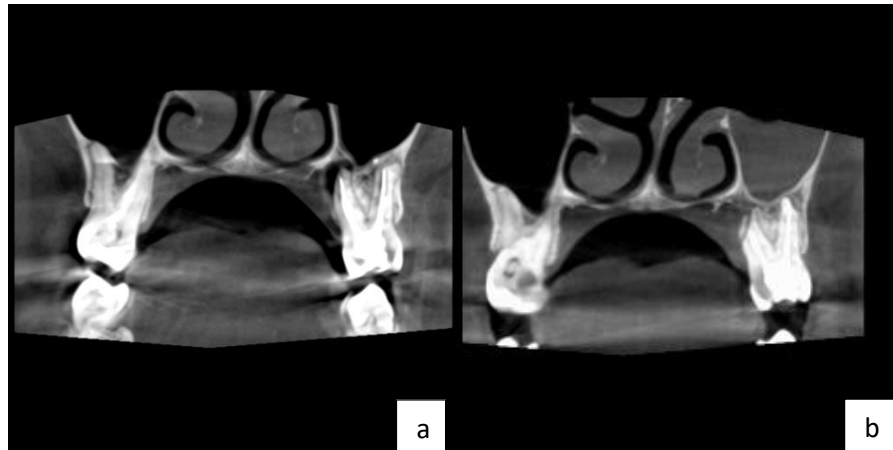


Figura 34. a, Periodontitis apical crónica en diente 2.7. Afectación tanto de las raíces vestibulares como palatinas. b, 14 meses tras la realización de la cirugía periapical del diente 2.7, se observa una cicatrización limitada, pues, aunque se ha formado hueso alrededor de las raíces vestibulares, por palatino se observa formación ósea incompleta.

- *Cicatrización incierta*: el volumen del área con baja densidad ósea parece haber disminuido, y demuestra alguna de las siguientes características (figs. 35 y 36):
 - a) El grosor del espacio periodontal es mayor que el doble de la anchura periodontal normal.
 - b) El área es simétrica alrededor del ápice, manteniendo forma de embudo alrededor del ápice.

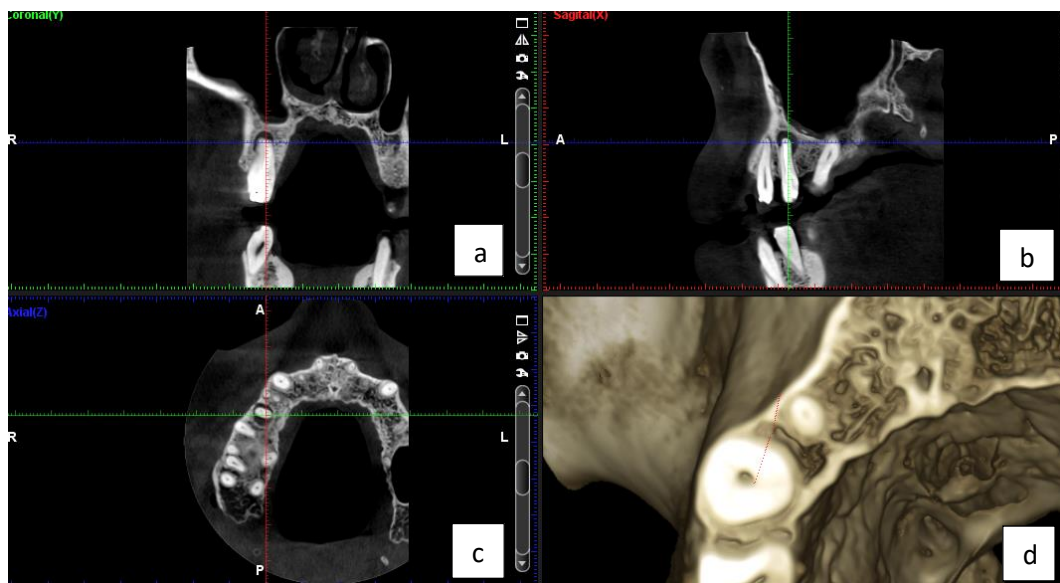


Figura 35. Periodontitis apical crónica en diente 1.5. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial. d, Simulación 3D

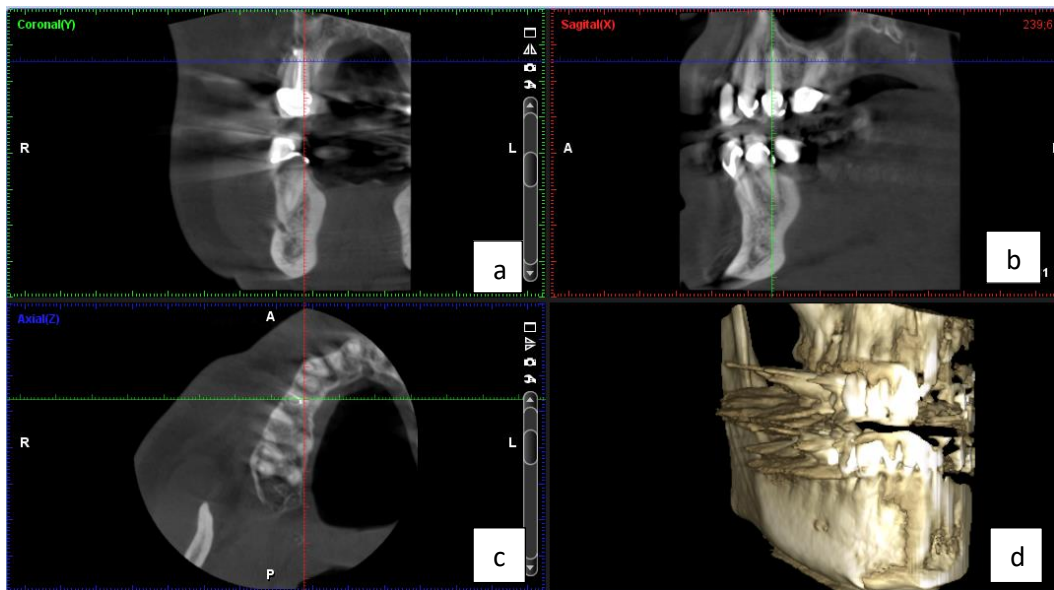


Figura 36. Tras 12 meses de la cirugía periapical el volumen parece haber disminuido, pero aún se observa una radiotransparencia, que en el corte sagital tiene forma de embudo. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial. d, Simulación 3D

- *Cicatrización no satisfactoria*: el volumen del área de menor densidad parece aumentado o sin cambios (figs. 37 y 38).



Figura 37. Periodontitis apical crónica en diente 2.6. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial.

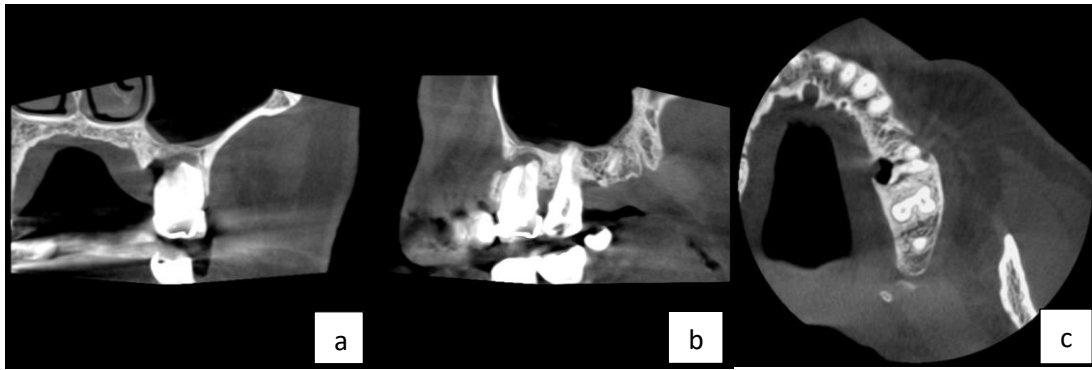


Figura 38. 14 meses después de la cirugía, el volumen del área periapical ha aumentado. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial.

De igual manera que para las imágenes bidimensionales, las imágenes de la TCHC fueron evaluadas por los dos examinadores (A.R.A y D.P.O), con la participación de un tercer revisor (D.S.P.) para los casos en los que los dos examinadores no llegaban a un acuerdo. Los resultados fueron clasificados como éxito (para los casos asignados a las categorías de cicatrización completa o limitada) o como fracaso (para los casos asignados a las categorías de cicatrización incierta o no satisfactoria) (tabla11).

	Von Arx	Molgen	Penn 3D modificada
Éxito	Éxito mejoría	Completa Incompleta	Completa Limitada
Fracaso	Fracaso	Incierta No satisfactoria	Incierta No satisfactoria

Tabla 11. Dicotomización de las escalas de von Arx, Molgen y Penn 3D modificada para el procesamiento estadístico de los datos.

A continuación, se detalla en profundidad el protocolo recogido para cada uno de los pacientes que formaban parte de la muestra:

5.2.7 Protocolo del estudio radiológico en cirugía periapical

Se confeccionó un protocolo que fue cumplimentado para cada paciente del estudio. Los datos fueron archivados en un fichero automático de una base de datos. Estos datos fueron codificados para su procesamiento estadístico (Anexo 5).

DATOS DEL PACIENTE

Número de orden: a cada paciente se le asignó un número correlativo para tenerlos codificados de forma ordenada.

Edad: edad que tenía el paciente en el momento de la intervención.

Sexo: fue codificado como 0) hombre 1) mujer

Fumador: codificado como 0) no fumador 1) fumador ≤ 10 cigarros/día
2) fumador > 10 cigarros/día

Higiene oral: para la evaluación de la higiene en el paciente se aplicó el índice de higiene oral desarrollado por Greene y Vermillion en 1964¹⁸⁸, detallado a continuación:

0: No hay residuos ni manchas presentes.

1: Desechos blandos que no cubren más de un tercio de la superficie del diente que se está examinando o la presencia de manchas extrínsecas sin desechos.

2: Residuos blandos que cubren más de un tercio de la superficie dental, pero no más de dos tercios de la superficie dental expuesta.

3: Residuos blandos que cubren más de dos tercios de la superficie expuesta del diente.

Signos clínicos preoperatorios: en la exploración clínica preoperatoria de los tejidos blandos localizados alrededor del diente afectado, se recogió la siguiente información:

1: Normal

2: Tumefacción

3: Fístula

Síntomas clínicos preoperatorios: también durante la inspección clínica preoperatoria, se registró la siguiente información tras la inspección de la zona afectada y entrevista con el paciente:

1: no dolor

2: dolor

3: inflamación

4: dolor e inflamación

DATOS DE LA LESIÓN

En cuanto a la lesión se estudió en la TCHC preoperatoria de cada paciente la siguiente información:

Número de lesiones radiotransparentes por paciente: quedó anotado el número de lesiones que tenía cada paciente, pues en muchos casos, un mismo paciente poseía más de una lesión periapical localizadas en diferentes dientes.

Lesiones a estudiar: En el caso de que hubiera más de una lesión en un mismo paciente que cumpliera con los criterios de inclusión, se eligió de manera aleatoria la lesión a incluir en la muestra final. Pero cuando era un diente que poseía varias lesiones, se contaban como una unidad, sumándose los volúmenes de ellas.

Número de dientes en la lesión: tras la elección de la lesión periapical a estudiar, quedaba registrado los dientes que estaban incluidos en dicha lesión.

DATOS DEL DIENTE

Diente: se identificó el diente utilizando la numeración marcada por la FDI. En el caso de las lesiones que incluían más de un diente, se determinó el causante de dicha lesión, tras el estudio detallado de la historia clínica y radiológica del paciente.

Raíces involucradas: para los dientes multirradiculares, se anotó cuál de las raíces presentaban el área periapical, recogiendo esta información en la TCHC.

Se registró, para aquellos dientes que poseen más de una raíz, cuál de las raíces estaba afectada por la lesión, o en el caso de que fuera más de una raíz, todas las que quedaban englobadas por la lesión. Para ello se utilizó la siguiente numeración (tabla 12):

Tipo de diente	Número de raíz		
	1	2	3
Incisivos, caninos y premolares monorradiculares	Raíz única		
Premolares con dos raíces	Bucal	Palatina/lingual	
Molares mandibulares	Mesial	Distal	
Molares maxilares	Mesiobucal	Distobucal	Palatina

Tabla 12. Numeración utilizada para la nomenclatura de las raíces.

Poste intrarradicular: se estudió si el diente poseía un elemento de retención intrarradicular o poste en alguna de las raíces involucradas en el área periapical ^{12,189}.

Se registró *la altura de la cresta ósea* en los dientes afectados, valorando para ello el nivel al cual se encontraba la cresta ósea en la TCHC. Se clasificó en dos grupos la muestra, según la altura de la cresta ósea a nivel interproximal. El límite se puso en 3 mm desde la unión amelocementaria, o en caso de no ser visible el margen de la corona o de una obturación, hasta la cresta ósea. Se medía tanto por mesial como por distal, anotando el peor de los casos. Clasificando las mediciones de la siguiente manera: 1) altura igual o menor a 3 mm, 2) altura mayor de 3 mm ¹².

Relación entre los dientes sinusales y el seno maxilar: Para ello, fueron estudiados los primeros y segundos premolares superiores, y los primeros y segundos molares superiores.

Se estudiaron por un lado las radiografías, tanto las periapicales como las panorámicas, recogiendo para ello la relación entre el seno maxilar y la lesión, y la relación entre el seno maxilar y la raíz del diente ⁵². Quedando registrado de la siguiente manera (tablas 13 y 14):

Relación raíz-seno:

Clase 1	→	Distancia entre el ápice radicular y el seno > 1 mm
Clase 2	→	El ápice radicular toca el suelo del seno (≤ 1 mm)
Clase 3	→	El ápice radicular invade el seno

Tabla 13. Clasificación de la relación entre el seno y las raíces en caso de las radiografías bidimensionales.

Relación seno-lesión:

Clase 1	→	Distancia entre la lesión y el seno > 1 mm
Clase 2	→	La lesión toca el suelo del seno (≤ 1 mm)
Clase 3	→	La lesión invade el seno

Tabla 14. Clasificación de la relación entre el seno y las lesiones periapicales en caso de las radiografías bidimensionales.

En el caso de los molares superiores, cuando presentaban las tres raíces con ápices separados, tras comprobar que raíz presentaba la lesión, se medían la distancia entre seno y ápice a partir de esta raíz. En el caso de que más de una raíz estuviera afectada por la lesión periapical, se medía la distancia desde la que más cercana estuviera al seno.

Y por el otro lado se estudió la TCHC: en el análisis de la relación raíz-seno, se anotaba para cada caso, la relación entre el ápice de la raíz, y el seno (estudiando siempre en el caso de dientes multiradiculares, la raíz que presentaba la lesión, y en el caso de ser más de una, la que más próxima estuviera al seno). Esta información se recogía en los cortes coronales de la TCHC. Quedando registrado de la siguiente manera ⁵⁰ (tabla 15):

Relación raíz-seno:

Clase 1	→	Distancia entre la raíz y el seno > 1mm
Clase 2	→	Distancia entre la raíz y el seno ≤ 1 mm
Clase 3	→	La raíz invade el seno

Tabla 15. Clasificación de la relación entre el seno y las raíces en caso de la TCHC.

En el caso de la relación entre la lesión y el seno, se observaba el punto más alto de la lesión y su relación con el seno maxilar, midiendo en mm la cantidad de hueso que quedaba entre ambas cavidades, y clasificándolas como se muestra a continuación ⁵⁰. También se estudiaba en los cortes coronales de la TCHC (tabla 16).

Relación seno-lesión:

Clase 1	→	Distancia entre el seno y la lesión > 1 mm
Clase 2	→	Distancia entre el seno y la lesión ≤ 1 mm
Clase 3	→	Ausencia de hueso

Tabla 16. Clasificación de la relación entre el seno y las lesiones periapicales en caso de la TCHC.

Engrosamiento de la membrana sinusal: esta medida se recogió para aquellos dientes que estaban en relación con el seno maxilar, siendo registrado también para los primeros y segundos premolares superiores, y para los primeros y segundos molares superiores. El engrosamiento de la membrana sinusal como consecuencia de la patología periapical persistente se consideró patológica cuando excedía los 2 mm de altura ^{15,190-192}. (figs. 39 y 40)

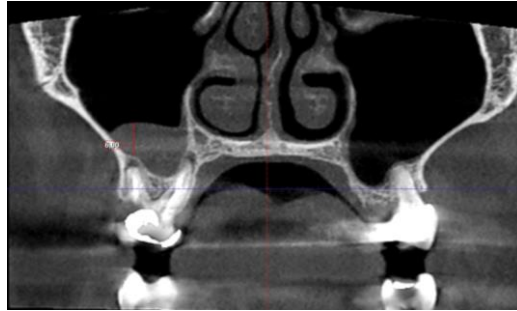


Figura 39. Corte coronal donde se ha realizado la medición del engrosamiento sinusal asociado a la patología periapical del diente 1.6, la patología periapical afectaba tanto a las raíces vestibulares como palatina.



Figura 40. Corte coronal del diente 2.6. Se realizó la medición en el corte donde aún se observaba el área periapical, y en el máximo espesor de la membrana, con la medición perpendicular al hueso adyacente.

Para la calibración se seleccionaron 10 casos aleatorios no incluidos en la muestra, pero con patología periapical también, y se realizaron las mediciones dos veces en diferentes momentos por el mismo examinador (A.R.A.) instruido por un experimentado cirujano oral (M.P.D.). Las mediciones se realizaron en la TCHC. Se midió el espesor de la membrana sinusal en el plano coronal, recogiendo el máximo grosor visible de la membrana en alguno de los cortes donde también se observara la lesión, siempre perpendicular al hueso adyacente, siguiendo artículos previos que también recogen esta información ^{50,193}.

En la muestra final, se midió así el espesor de la membrana sinusal en alguno de los cortes coronales donde también se observara la lesión periapical estudiada, o en el caso de que hubiera cicatrizado completamente se observaba en los cortes coronales relacionados con las raíces

donde en la situación preoperatoria se observaba la lesión. Se realizaron todas las mediciones por duplicado, dándose como válida la media de las dos. El punto de corte se fijó así pues en menor a 2 mm, o igual o mayor a 2 mm de engrosamiento.

Perforación de la cortical: se registró, si en las imágenes preoperatorias de la TCHC, se observaba la perforación o no de la cortical ósea en la zona del área periapical. Tanto si afectaba a la tabla vestibular como a la tabla palatina, anotándose siempre el peor de los casos. La destrucción de la cortical fue estudiada en el plano axial para los dientes anteriores y en el plano coronal para los dientes posteriores ¹⁷ (figs. 41 a 44).

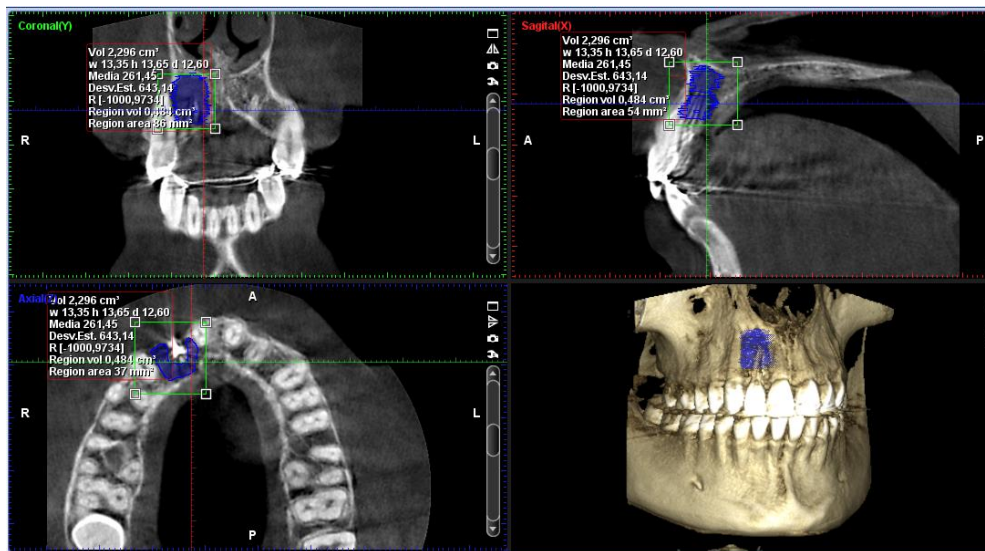


Figura 41. Paciente con área periapical en el diente 1.2 donde se observa en el plano axial una perforación de la cortical vestibular. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial. d, Simulación 3D

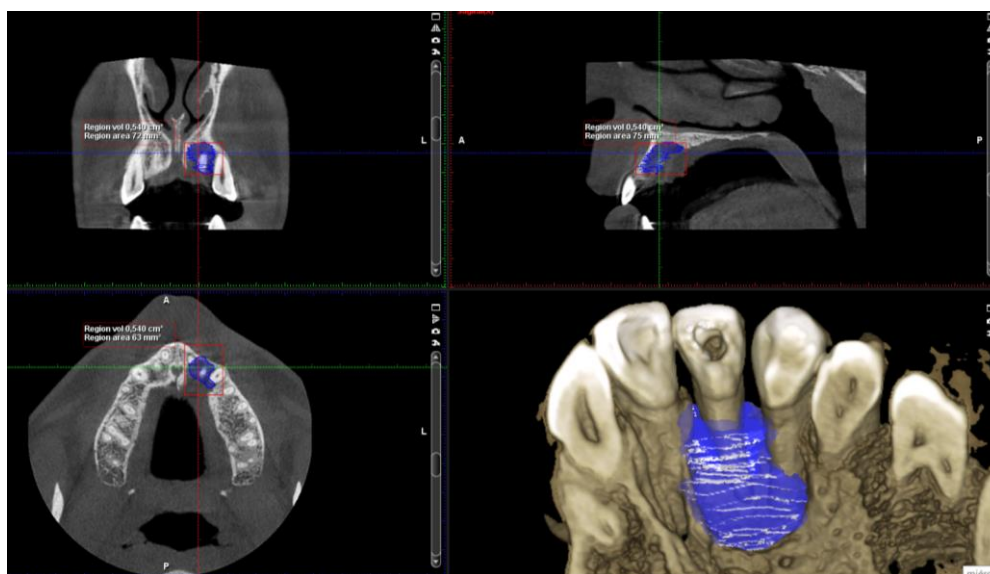


Figura 42. Área periapical en diente 2.2 con amplia perforación de la cortical palatina. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial. d, Simulación 3D

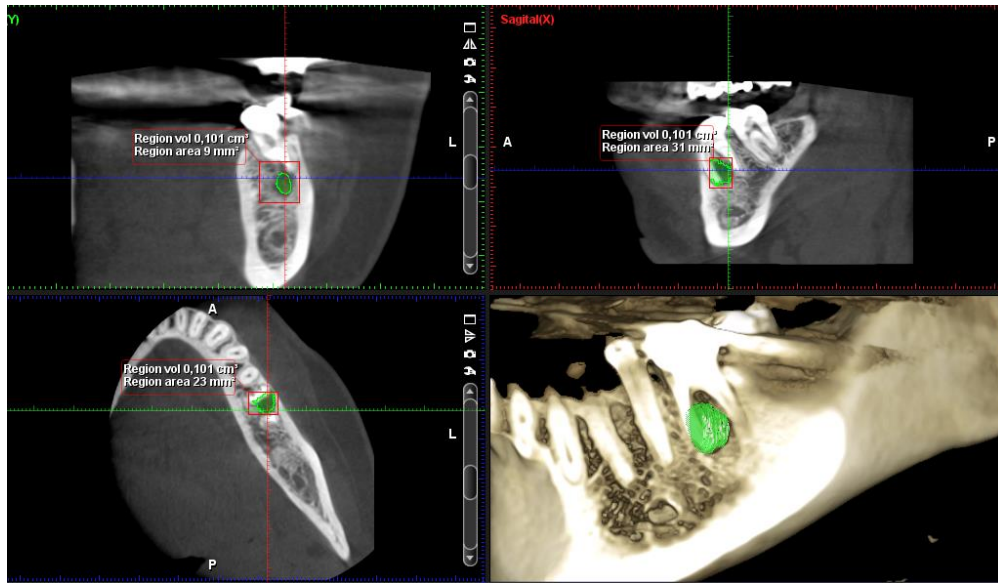


Figura 43. Área periapical en el diente 3.6 sin perforación de la cortical durante la TCHC preoperatoria. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial. d, Simulación 3D

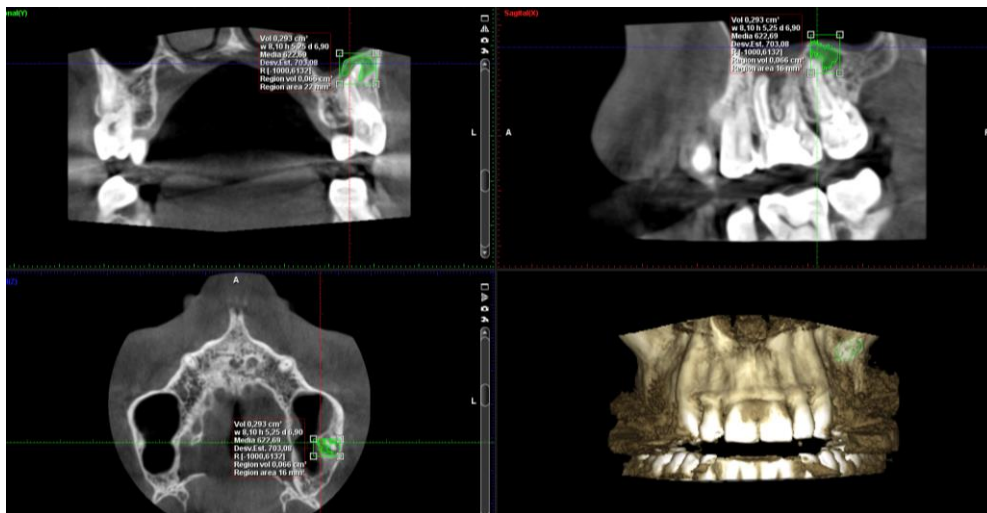


Figura 44. Área periapical en diente 2.6 donde no se observa ninguna perforación de la cortical, ni la vestibular ni la palatina. a, corte coronal. b, corte sagital. c, corte axial. d, Simulación 3D

Medición de las áreas y los volúmenes:

Para medir en mm^2 las diferentes áreas periapicales, se utilizó el programa Itk-Snap en las radiografías periapicales y panorámicas previas a la cirugía. Y en el caso de las tomografías, se calcularon los volúmenes de las diferentes áreas periapicales en mm^3 , utilizando el mismo programa empleado para el procesamiento de las imágenes, tratándose del Planmeca Romexis Viewer.

Como las primeras, las radiografías periapicales y panorámicas miden áreas, y la TCHC mide volúmenes, era necesario estandarizar de alguna manera las estimaciones para hacerlas comparables. Tomando como referencia el estudio de Schloss¹⁸, se asumió que el área periapical

corresponde idealmente a un cuadrado y el volumen al de un cubo, cuyos lados se calculan como raíz cuadrada y cúbica respectivamente de las medidas originales. El resultado era una medida lineal perfectamente comparable.

DATOS DE LA INTERVENCIÓN

Se registró la fecha de la cirugía periapical, comprendida entre enero de 2015 y enero del 2018.

ESTUDIO POSTOPERATORIO TARDÍO

Si no había habido ninguna complicación que obligase a revisar antes al paciente, la siguiente revisión se hizo pasados entre 6 y 48 meses tras la intervención, en las instalaciones de la clínica odontológica de la Facultad de Medicina y Odontología de la Universitat de València. A todos los pacientes, se les hizo una revisión clínica a los 6 meses y al año, por su odontólogo habitual. Pero no se les pudo realizar a todos, los registros radiográficos estandarizados en esos tiempos de revisión, entre los 6 y los 12 meses, pues muchos de los pacientes venían de otras clínicas dentales separadas por distancias considerables de la clínica odontológica donde se le había realizado la cirugía periapical.

Así, cuando acudieron a las clínicas odontológicas de la Universitat de Valencia, se les realizaron a estos pacientes los controles radiográficos, anotando los meses transcurridos desde la cirugía periapical.

Las radiografías periapicales y panorámicas fueron estudiadas, realizándose las mediciones en el caso de que persistiera algún área periapical, con el mismo programa que se utilizó para medir las radiografías preoperatorias, Itk-Snap. Si no se observaba área alguna, se contabilizaba como 0 mm².

Tras la obtención de la TCHC, se estudió los volúmenes de las áreas periapicales en el caso de que siguieran visualizándose, con el mismo método que en las TCHC preoperatorias, y si no se observaba área alguna se contabilizaban también como 0 mm³.

Se calculó la diferencia entre ambos volúmenes, volumen posterior menos volumen inicial, obteniéndose también en mm³, pudiéndose obtener resultados positivos, que indicarían un aumento del volumen de la lesión, o resultados negativos, que indicarían una disminución del volumen de la lesión. Se calculó el valor absoluto y porcentaje de variación.

Además de la obtención de los registros tomográficos y radiológicos, durante la revisión clínica, se recogió la información correspondiente a la escala de evaluación clínica de von Arx y Kurt¹⁸⁰.

Para la clasificación de la cicatrización:




- 9. Lesión a estudiar:
- 10. Número de dientes en la lesión:

DATOS DEL DIENTE




- 11. Identificación del diente:
- 12. Raíces involucradas:
- 13. Poste intrarradicular: 1) no 2) si
- 14. Distancia cresta ósea/UCA (TCHC): 1) ≤ 3 mm 2) >3 mm
- 15. Relación seno maxilar/raíces molares o premolares y seno maxilar/lesión:

a) Radiografías periapicales:

Relación raíz/seno maxilar:




Clase 1		Distancia entre el ápice radicular y el seno > 1 mm
Clase 2		El ápice radicular toca el suelo del seno (≤ 1 mm)
Clase 3		El ápice radicular invade el seno

Relación lesión periapical/seno maxilar:

Clase 1		Distancia entre la lesión y el seno > 1 mm
Clase 2		La lesión toca el suelo del seno (≤ 1 mm)
Clase 3		La lesión invade el seno

b) Radiografías panorámicas:

Relación raíz/seno maxilar:

Clase 1		Distancia entre el ápice radicular y el seno > 1 mm
Clase 2		El ápice radicular toca el suelo del seno (≤ 1 mm)
Clase 3		El ápice radicular invade el seno

Relación lesión periapical/seno maxilar:

Clase 1		Distancia entre la lesión y el seno > 1 mm
---------	---	--

- Clase 2 → La lesión toca el suelo del seno (≤ 1 mm)
- Clase 3 → La lesión invade el seno

c) TCHC:

Relación raíz-seno maxilar:

- Clase 1 → Distancia entre la raíz y el seno > 1mm
- Clase 2 → Distancia entre la raíz y el seno ≤ 1mm
- Clase 3 → La raíz invade el seno

Relación lesión periapical/seno maxilar:

- Clase 1 → Distancia entre el seno y la lesión > 1 mm
- Clase 2 → Distancia entre el seno y la lesión ≤ 1 mm
- Clase 3 → Ausencia de hueso

16. Engrosamiento de la membrana sinusal en el diente afecto (TCHC):

- 1) <2 mm 2) ≥2 mm (.....mm)

17. Estado de la cortical en el diente afecto (vestibular/palatina) (TCHC):

- 1) intacta 2) perforada

18. Mediciones área/volumen preoperatorias (Itk-snap/planmeca)

Métodos bidimensionales	mm ²
Radiografía periapical	
Radiografía panorámica	
Métodos tridimensionales	mm ³
TCHC	

DATOS DE LA INTERVENCIÓN:

19. Fecha de la cirugía periapical:

ESTUDIO POSTOPERATORIO TARDÍO (entre 6 y 48 meses)

20. Fecha de la revisión:

Meses transcurridos desde la cirugía:

21. Mediciones área/volumen durante el período de control (Itk-Snap/planmecca)

Métodos bidimensionales	mm ²
Radiografía periapical	
Radiografía panorámica	
Métodos tridimensionales	mm ³
TCHC	

22. Cambios volumétricos producidos (TCHC):mm³
%

23. Clasificación de la curación según los criterios de Molven (en radiografías periapicales):

1. Cicatrización completa
2. Cicatrización incompleta
3. Cicatrización incierta
4. Cicatrización no satisfactoria

24. Criterios de curación según von Arx y Kurt (en radiografías periapicales):

a. Escala de dolor: (von Arx 1999)

Puntuación	Definición
0	No hay dolor
1	Dolor medio (eventualmente)
2	Dolor medio (permanente)
3	Dolor severo

b. Signos clínicos (von Arx 1999)

Puntuación	Definición
0	Ausencia de signos clínicos
1	Zona apical sensible a la palpación
2	Hinchazón en la zona apical o sensible a la percusión
3	Fístula o absceso apical

c. Clasificación según la cicatrización (von Arx 1999)

Clase	Definición
Éxito	Cicatrización completa: regeneración ósea mayor del 90% y dolor y signos clínicos=0
Mejoría	Cicatrización parcial: regeneración ósea entre 50-90% y dolor y signos clínicos=0
Fracaso	Cicatrización incierta o ausente: regeneración ósea menor del 50% y dolor o signos clínicos>1

25. Clasificación de la curación según la escala Penn 3D modificada (en la TCHC):

1. Cicatrización completa
2. Cicatrización limitada
3. Cicatrización incierta
4. Cicatrización no satisfactoria

26. Engrosamiento de la membrana sinusal (TCHC):

- 1) <2 mm 2) ≥2 mm (.....mm)

En el Anexo 5 se encuentra el prototipo de ficha que se rellenó para cada paciente durante el estudio.

5.2.9 Análisis estadístico

La metodología estadística empleada consistió en:

El **análisis descriptivo** proporciona los estadísticos más relevantes para todas las variables recogidas en la investigación: media, desviación estándar, mínimo, máximo y mediana (para variables continuas) y frecuencias absolutas y relativas (para categóricas).

La normalidad de todas las medidas se contrastó mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, siendo el resultado negativo para la totalidad de las medidas. La causa residió en la gran variabilidad de tamaños de lesión integrados en la muestra (ya sea por los tamaños en sí o por desviaciones atribuibles a la heterogeneidad de los tiempos de medición). Por tanto, en los resultados descriptivos se atendió tanto a medias como a distribuciones y medianas. El gran tamaño muestral permitió abordar una buena parte del análisis inferencial desde un punto de vista paramétrico.

El **análisis inferencial** incluyó diferentes metodologías según el objetivo:

- Test t de 1 muestra para valorar si la tasa media mensual se podía admitir como significativamente no nula.
- Test de Wilcoxon para evaluar los cambios de distribución entre el volumen preoperatorio al volumen durante el periodo de control.
- Test t de 2 muestras independientes para comparar la tasa media mensual de reducción de volumen en 2 niveles de un factor. En el caso de un factor con más de 2 niveles (como el sector de la boca donde se posiciona el diente) se atendió al test F de un modelo ANOVA de 1 vía.
- Test Chi² de independencia para valorar la asociación entre variables de tipo categórico
- Test de Kruskal-Wallis para evaluar la homogeneidad de distribuciones de una dimensión (por ejemplo, el grosor de la membrana) en más de 2 grupos independientes.

Para abordar el objetivo de la comparación entre la longitud de los diferentes métodos, se utilizó test t de muestras dependientes. Además, se correlacionaron los resultados obtenidos entre diferentes técnicas mediante modelos de regresión lineal simple, que aportaron intervalos de confianza para los coeficientes y permitieron concluir sobre la concordancia de aquéllas.

La sensibilidad de ambos métodos bidimensionales fue comparada usando la TCHC como prueba estándar de referencia o *gold standard* para la identificación de las lesiones periapicales, siguiendo artículos previos que así lo hicieron ^{38,41,47,50,60,82,135}. Para analizar la consistencia de las observaciones entre evaluadores, se calcularon los valores estadísticos de Cohen kappa y fueron interpretados por la escala de Landis y Koch ¹⁹⁵.

El acuerdo interexaminador en el cálculo de los volúmenes y áreas de las 10 imágenes de cada método radiográfico fue evaluado con el coeficiente de correlación intraclase (ICC) e interpretado con la escala de Fleiss ¹⁹⁶.

El *nivel de significatividad* empleado en los análisis fue el 5% ($\alpha=0.05$) (Cualquier p-valor menor a 0.05 es indicativo de una relación estadísticamente significativa, por el contrario, un p-valor mayor o igual a 0.05 indica ausencia de relación)

Para un test t de muestras relacionadas, considerando un tamaño del efecto a detectar $d=0,35$ (medio-pequeño), la potencia alcanzada fue 94,4% para un nivel de confianza del 95%.

6.RESULTADOS

6. RESULTADOS

6.1 Parámetros demográficos y clínicos

Los pacientes que se derivaron a cirugía periapical durante el período de tiempo comprendido entre enero del 2015 y enero del 2018 fueron un total de 298 pacientes, con un total de 382 dientes a los que se les realizó la cirugía apical. La media del número de dientes intervenidos por paciente fue de 1,28 (rango entre 1 y 4). La mediana del número de dientes intervenidos por paciente fue de 1 para el total de la muestra. El 79% de los pacientes fue tratado de un solo diente. El 17% fue tratado de dos dientes. El 3% fueron tratados de 3 dientes, y 1% fueron tratados de 4 dientes.

Tras la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, la muestra quedó reducida a 105 pacientes, con 105 dientes a los que se les realizó la cirugía apical (fig. 45):

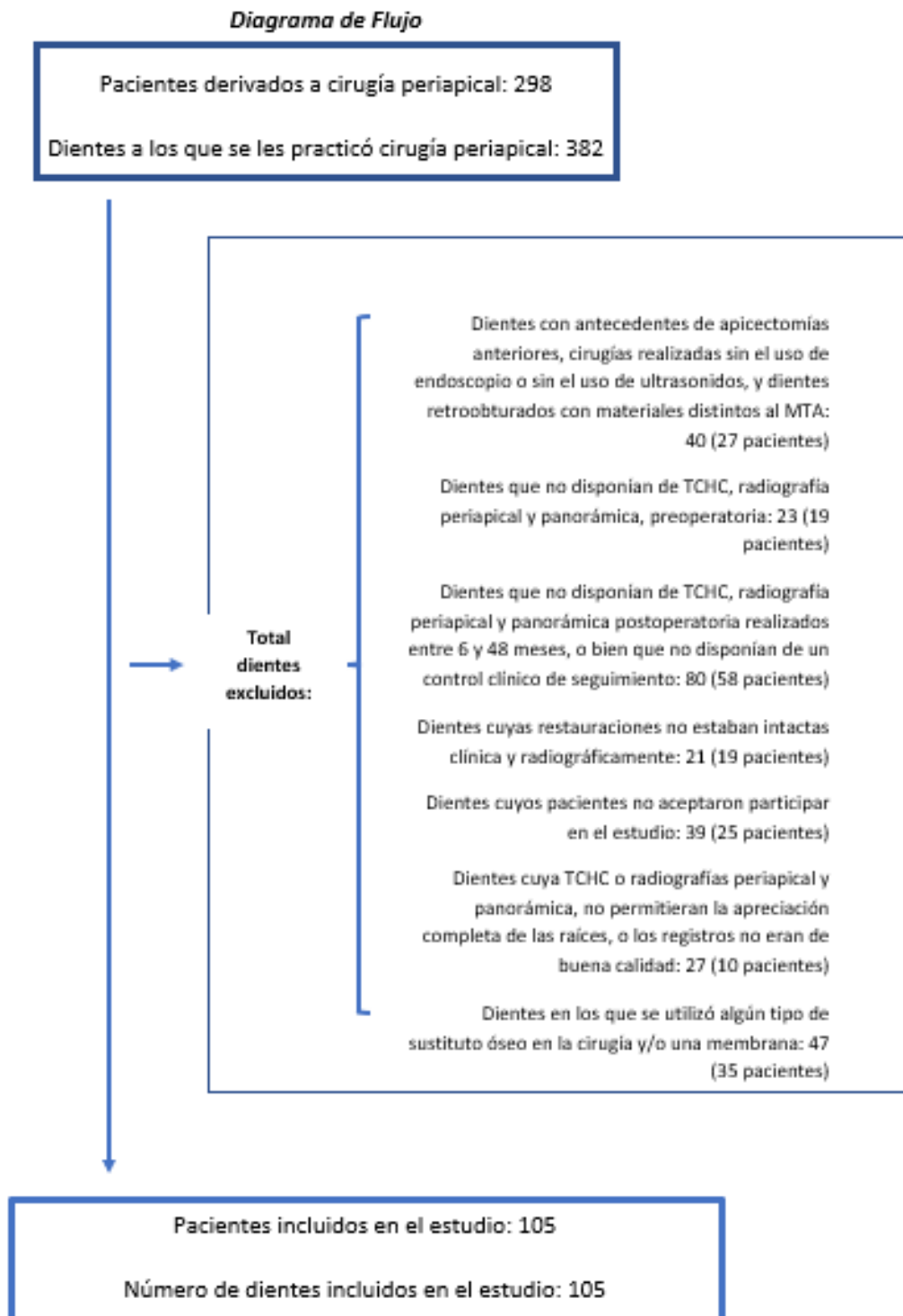


Figura 45. Diagrama de flujo para los pacientes de la muestra final.

Así la muestra final estuvo compuesta por un total de 105 pacientes con 105 dientes.

De todos los pacientes se disponía de una TCHC preoperatoria y de otra TCHC realizada durante la revisión postoperatoria entre 6 y 48 meses, así como también de una radiografía panorámica y periapical pre y postoperatorias, coincidiendo en tiempos con la TCHC.

6.1.1 Edad y sexo

La edad media de la muestra fue de $48,8 \pm 16$ años (rango entre 14 y 82 años). 72 pacientes eran mujeres (68,6%) y 33 hombres (31,4%). La cantidad de mujeres que compuso la muestra fue significativamente mayor a la de hombres ($p < 0,001$, test binomial).

La edad media de los hombres fue de: $45,8 \pm 15,2$ años, la de las mujeres: $50,1 \pm 16,3$ años. No se encontraron diferencias significativas entre la edad de ambos grupos ($p = 0,200$, t-test) (tabla 17).

	Sexo		
	Total	Hombre	Mujer
N	105	33	72
Media	48,8	45,8	50,1
Desviación típica	16,0	15,2	16,3
Mínimo	14,0	21,0	14,0
Máximo	82,0	72,0	82,0
Mediana	50,0	45,0	53,5

Tabla 17. Edad media de la muestra atendiendo al sexo.

6.1.2 Tabaco

Setenta de los pacientes (66,7%) eran no fumadores, treinta (28,6%) fumaban entre 1 y 10 cigarrillos al día y cinco (4,7%) fumaban más de 10.

6.1.3 Índice de higiene oral

Sesenta y nueve de los pacientes (65,7 %) tenían un grado 0 en índice de higiene. Treinta y tres (31,4%) presentaban un grado 1. Y tres (2,9%) un grado 2. Ninguno presentó grado 3.

6.1.4 Signos clínicos

75 pacientes (71,4%) presentaban una apariencia normal de la encía, dieciséis (15,2%) tumefacción de la encía y catorce (13,3%) fístula.

6.1.5 Síntomas clínicos

46 pacientes (43,8%) no presentaban dolor alguno en la zona, veintiocho (26,7%) dolor a la palpación, seis (5,7%) inflamación y 25 (23,8%) tenían dolor e inflamación.

6.2 Datos de la lesión

6.2.1 Número de lesiones

94 pacientes (89,5%) presentaron una sola área periapical, 10 (9,5%) presentaban 2 áreas periapicales y un paciente (1%) presentaba 3 áreas periapicales.

6.2.2 Lesiones a estudiar

El total de lesiones periapicales fue de 105. Los pacientes que presentaban más de un área afectando a diferentes dientes, y que cumplían los criterios de inclusión, se seleccionó solo una de manera aleatoria.

6.2.3 Número de dientes en la lesión

95 áreas (90,5%) afectaban a un solo diente, 6 a dos dientes (5,7%) y 4 áreas a 3 dientes (3,8%). En los 10 casos en los que la lesión involucraba a más de un diente, se determinó el diente causante de la lesión tras un estudio detallado de los mismos en la TCHC y en la historia clínica.

6.3 Datos del diente

6.3.1 Identificación del diente

La distribución del tipo de dientes se muestra a continuación (tabla 18):

	Incisivo central	Incisivo lateral	Canino	1º Premolar	2º Premolar	1º Molar	2º Molar	Total
Maxilar	19 (18,1%)	11 (10,5%)	6 (5,7%)	6 (5,7%)	10 (9,5%)	15 (14,3%)	6 (5,7%)	73 (69,5%)
Mandíbula	1 (1%)	3 (2,9%)	6 (5,7%)	2 (1,9%)	7 (6,7%)	10 (9,5%)	3 (2,9%)	32 (30,5%)
Total			12 (11,4%)		25 (23,8%)		34 (32,4%)	105 (100%)

Tabla 18. Distribución de la muestra según el tipo de diente.

Los incisivos centrales superiores fueron los más frecuentemente intervenidos, seguidos por el primer molar superior y los incisivos laterales. Los incisivos centrales inferiores y los primeros premolares inferiores los menos frecuentes. No hubo una frecuencia uniforme ($p < 0,001$, χ^2).

Los 4 tipos de dientes (incisivos, caninos, premolares y molares) estaban afectados de manera similar ($p = 0,475$, χ^2). Aunque si hubo diferencias entre los dientes maxilares y mandibulares, siendo más frecuentes las lesiones en el maxilar ($p < 0,001$, binomial).

6.3.2 Raíces involucradas

En el estudio de las raíces afectadas cuando se trataba de dientes multiradiculares:

- Hubo 6 primeros premolares superiores, dos solo tenían una raíz, de los otros 4 que tenían dos raíces, uno tenía la lesión en la raíz palatina, otro en la vestibular y los otros dos en ambas raíces.
- De los segundos premolares superiores, 9 presentaban una sola raíz y uno tenía dos raíces separadas afectadas ambas por una lesión.
- Hubo un primer molar superior con las 3 raíces unidas, los otros 14 con raíces separadas, 6 tenían las 3 raíces afectadas, 4 dos raíces y los otros 4 solo una raíz afectada. La raíz mesiovestibular estuvo afectada en 14 dientes.
- De los 6 segundos molares superiores, dos presentaban raíces separadas donde las tres estaban afectadas, dos presentaban raíces separadas con ambas raíces vestibulares afectadas y los otros dos tenían las raíces unidas.
- Los primeros molares inferiores, todos con dos raíces separadas, 8 tenían las dos raíces con patología, uno con la raíz distal afectada y otro con la raíz mesial.
- Solo tres segundos molares inferiores conformaban la muestra. Dos de ellos presentaban ambas raíces unidas. Y el tercero tenía dos raíces, afectadas ambas por la lesión periapical.

6.3.3 Poste intrarradicular

El 85,7% no tenía ningún elemento de retención intrarradicular (90 dientes), y el 14,3% sí (15 dientes).

6.3.4 Distancia cresta ósea /UCA

El 67,6% (71 dientes) tenían menos de 3 mm de pérdida ósea y el 32,4% (34 dientes) tenía una pérdida ósea mayor de 3 mm.

6.3.5 Relación entre los dientes sinusales y el seno maxilar

Se incluyeron 37 dientes del total de los 105. Se incluyeron los 1º y 2º premolares superiores, y los 1º y 2º molares superiores.

Los datos en valores absolutos y porcentajes fueron los siguientes (tabla 19):

	Relación raíz afecta/seno maxilar			
	Total	Clase I	Clase II	Clase III
Radiografía periapical	37 (100%)	16 (43,2 %)	8 (21,6 %)	13 (35,1 %)
Radiografía panorámica	37 (100%)	13 (35,1 %)	13 (35,1 %)	11 (29,7%)
TCHC	37 (100%)	17 (45,9 %)	14 (37,8 %)	6 (16,2 %)

Tabla 19. Relación entre el seno maxilar y las raíces de premolares y molares superiores según radiografías periapical y panorámica y TCHC.

Se observa la diferencia que existe entre los porcentajes, la TCHC clasifica como clase I la mayoría de los casos, mientras que los métodos bidimensionales tienden más a clasificar como clases II y III.

Para ver si existen diferencias en la clasificación mediante las tres técnicas radiodiagnósticas, se compararon dos a dos (tabla 20):

	% acuerdo (nº casos)	Kappa (IC 95%)	p-valor (Mc Nemar)
Radiografía periapical versus panorámica	75,6 (28)	0,64 (0,43-0,84)	0,193
Radiografía periapical versus TCHC	70,3 (26)	0,55 (0,33-0,77)	0,072
Radiografía panorámica versus TCHC	59,5 (22)	0,38 (0,14-0,62)	0,062

Tabla 20. Comparación de los tres métodos radiográficos entre sí en el estudio de la proximidad de las lesiones al seno maxilar. Porcentaje de acuerdo (número de casos concordantes), índice Kappa y p-valor

La mayor concordancia se encontró entre ambos métodos bidimensionales, siendo una concordancia sustancial, la concordancia entre la TCHC y la radiografía periapical fue moderada y la concordancia entre la TCHC y la panorámica fue baja. Aunque no se observaron resultados significativos.

6.3.6 Relación entre la lesión periapical y el seno maxilar

En el estudio de la relación entre seno maxilar y la lesión periapical (tabla 21), se obtuvieron los siguientes resultados:

	Relación raíz afecta/seno maxilar			
	Total N (%)	Clase I N (%)	Clase II N (%)	Clase III N (%)
Radiografía periapical	20 (100%)	5 (25%)	7 (35%)	8 (40 %)
Radiografía panorámica	17 (100%)	2 (11,8%)	8 (47,1%)	7 (41,7%)
TCHC	37 (100%)	8 (21,6%)	15 (40,5%)	14 (37,8 %)

Tabla 21. Relación entre el seno maxilar y las lesiones periapicales según radiografías periapical, panorámica y TCHC.

Para poder comparar los resultados, se hace indispensable estudiarlos en porcentajes; ya que las radiografías periapical y panorámica perdían algunas de las áreas periapicales, al no visualizarlas, y no cuadraban los números.

En este caso, el análisis de concordancia se tiene que restringir a los casos donde cada par de pruebas ha detectado la lesión y por lo tanto realiza la clasificación (tabla 22):

	% acuerdo (nº casos)	Kappa (IC 95%)	p-valor (Mc Nemar)
Radiografía periapical versus panorámica	69,2 (9)	0,51 (0,1-0,91)	0,638
Radiografía periapical versus TCHC	75 (15)	0,62 (0,33-0,91)	0,172
Radiografía panorámica versus TCHC	52,9 (9)	0,25 (0,00-0,63)	0,264

Tabla 22. Comparación de los tres métodos radiográficos entre sí en el estudio de la proximidad de las lesiones al seno maxilar. Porcentaje de acuerdo (número de casos concordantes), índice Kappa y p-valor

Tampoco aquí se encontraron diferencias significativas. Observándose la concordancia más baja al comparar la radiografía panorámica con la TCHC.

6.3.7 Engrosamiento de la membrana sinusal durante el preoperatorio

En la TCHC preoperatoria, en estos 37 dientes hubo un aumento de la membrana mayor de 2 mm para 22 dientes (59,5%), los otros 15 no presentaban un engrosamiento superior a 2 mm (40,5%). La media y desviación estándar se muestra en la tabla 23:

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Engrosamiento membrana	37	,0	10,0	3,549	3,6807

Tabla 23. Media y desviación estándar del engrosamiento sinusal previo a la cirugía en la submuestra de los 37 dientes relacionados con el seno maxilar.

La media fue de 3,5 mm, considerándose como patológica.

Se estudió si existía alguna relación entre el engrosamiento de la membrana y la proximidad de la lesión al seno maxilar a través de las imágenes de la tomografía (tabla 24):

	Total		Clase 1		Clase 2		Clase 3	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Total	37	100%	8	100%	15	100%	14	100%
≤2 mm	15	40,5%	6	75%	3	20%	6	42,9%
>2 mm	22	59,5%	2	25%	12	80%	8	57,1%

Tabla 24. Relación existente entre la proximidad de la lesión periapical al seno y el engrosamiento de la membrana sinusal en la TCHC, para los premolares y molares maxilares.

El máximo engrosamiento se dio en las clases 2, seguidos por la clase 3 (57,1 %), y por último las clases 1 (25%). Las diferencias en las proporciones entre los tres grupos resultaron ser estadísticamente significativas ($p=0,037$, Chi^2).

Se estudió si existía alguna relación entre el engrosamiento de la membrana y el sexo del paciente, y sí se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0,036$ Chi^2), siendo más frecuente en hombres el engrosamiento patológico.

6.3.8 Estado de la cortical ósea

63 dientes no presentaban una perforación de la cortical preoperatoriamente, 42 sí. Si lo analizamos por arcadas, en maxilar superior el 47% de los dientes presentaban perforación, frente al 25% en la mandíbula.

6.4 Mediciones área/volumen preoperatorias

6.4.1 Estudio de la prevalencia de las lesiones apicales

En el estudio de la validez diagnóstica, el estadístico de Cohen Kappa tuvo un valor de 0,933 para las radiografías periapicales, y de 0,895 para la radiografía panorámica, lo que indica un acuerdo casi perfecto entre ambos examinadores según la escala de Landis y Koch.

Tras llegar a un acuerdo en los casos discordantes entre ambos examinadores, en el estudio de la prevalencia de las lesiones periapicales identificadas por la radiografía periapical y la TCHC, los resultados fueron los siguientes (tabla 25):

Método	Tipo de diente (%)								Nº de lesiones
	Incisivos superiores	Incisivos inferiores	Caninos superiores	Caninos inferiores	Premolares superiores	Premolares inferiores	Molares superiores	Molares inferiores	
Radiografía periapical y TCHC	23 (76,7)	1 (25)	5 (83,3)	3 (50)	11 (68,7)	6 (66,7)	9 (42,9)	9 (69,2)	67 (63,8)
TCHC solo	7 (23,3)	3 (75)	1 (16,6)	3 (50)	5 (31,3)	3 (33,3)	12 (57,1)	4 (30,8)	38 (36,2)
Nº de lesiones	30 (100)	4 (100)	6 (100)	6 (100)	16 (100)	9 (100)	21 (100)	13 (100)	105 (100)

Tabla 25. Valores absolutos y porcentajes (entre paréntesis) de las áreas registradas por cada uno de los métodos radiográficos (radiografía periapical y TCHC).

Y los resultados para la radiografía panorámica y la TCHC fueron (tabla 26):

Método	Tipo de diente (%)								Nº de lesiones
	Incisivos superiores	Incisivos inferiores	Caninos superiores	Caninos inferiores	Premolares superiores	Premolares inferiores	Molares superiores	Molares inferiores	
Radiografía panorámica y TCHC	13 (43,3)	3 (75)	5 (83,3)	4 (66,7)	8 (50)	7 (77,8)	9 (42,9)	11 (84,6)	60 (57,1)
TCHC solo	17 (56,7)	1 (25)	1 (16,6)	2 (33,3)	8 (50)	2 (22,2)	12 (57,1)	2 (15,4)	45 (42,9)
Nº de lesiones	30 (100)	4 (100)	6 (100)	6 (100)	16 (100)	9 (100)	21 (100)	13 (100)	105 (100)

Tabla 26. Valores absolutos y porcentajes (entre paréntesis) de las áreas registradas por cada uno de los métodos radiográficos (radiografía panorámica y TCHC).

Debido a la naturaleza de la muestra en el preoperatorio solo tenía sentido el estudio de la sensibilidad.

Para la radiografía periapical, se obtuvo una sensibilidad de 0,64 (IC95%: 0,55-0,73), y para la panorámica fue del 0,57 (IC95%: 0,48-0,67).

Si calculamos la sensibilidad diferenciando entre dientes maxilares y dientes mandibulares, los resultados fueron (tabla 27):

Método	Tipo de diente	Sensibilidad
Radiografía periapical	Maxilares	0,66
	Mandibulares	0,59
Radiografía panorámica	Maxilares	0,48
	Mandibulares	0,78

Tabla 27. Sensibilidad de los métodos bidimensionales atendiendo a la arcada dental durante el preoperatorio.

En las radiografías periapicales preoperatorias, de todos los dientes con área periapical (n=105), se detectó lesión en 67 casos (63,8%, con una tasa de falsos negativos de 36,2%).

Para el estudio de la sensibilidad en el caso de las radiografías panorámicas, en 60 casos se detectó la lesión (57,1%, con una tasa de falsos negativos de 42,9%).

Al evaluar la concordancia entre ambos métodos bidimensionales, el porcentaje de acuerdo entre ambos fue de 66,7% (n=70). Obteniéndose un índice Kappa del 0,35 (IC95%: 0,12-0,49), siendo una concordancia baja. El valor de la sensibilidad fue similar para los dos, no encontrándose diferencias significativas (p=0,311, McNemar).

En el estudio de la sensibilidad de ambos métodos bidimensionales, atendiendo al tipo de diente y también a la arcada dental, se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 28):

	p-valor	
	Según el tipo de diente	Según la arcada dental
Radiografía periapical	0,449	0,531
Radiografía panorámica	0,377	0,004

Tabla 28. Análisis de la sensibilidad de las radiografías periapical y panorámica según el tipo de diente y la arcada. Test McNemar.

Para la radiografía periapical no se observaron diferencias significativas ni en cuanto al tipo de diente ni en cuanto a la arcada, aunque si se observa una disminución de la sensibilidad en los dientes posteriores. Tampoco se encontraron diferencias significativas en la radiografía panorámica atendiendo al tipo de diente, pero sí en cuanto a la arcada dental, donde se observó una mayor sensibilidad para los dientes mandibulares.

6.4.2 Concordancia de las mediciones prequirúrgicas

En la evaluación y calibración interexaminador, los resultados obtenidos para el coeficiente de correlación intraclase fueron: 0,897 para las radiografías periapicales, 0,832 para las radiografías panorámicas y 0,857 para las mediciones realizadas en las imágenes de la TCHC, lo que indica una concordancia buena según la escala de Fleiss.

Las mediciones de las áreas periapicales obtenidas por ambos métodos bidimensionales fueron (tabla 29):

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Mediana
Radiografía periapical preoperatoria	105	,00	134,10	18,76	29,19	7,80
Radiografía panorámica preoperatoria	105	,00	177,90	17,59	34,64	5,10

Tabla 29. Mínimo, máximo, media y desviación estándar para las mediciones de las áreas periapicales realizadas con las radiografías periapicales y panorámica durante el preoperatorio. Expresados en mm²

Y para la TCHC (tabla 30):

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Mediana
TCHC preoperatoria	105	3,00	1373,00	141,09	244,75	62,00

Tabla 30. Mínimo, máximo, media y desviación estándar para las mediciones realizadas con la TCHC en el preoperatorio. Expresados en mm³

Las mediciones obtenidas de las lesiones periapicales fueron medidas como áreas para las radiografías bidimensionales, y por lo tanto en mm², y como volúmenes para la TCHC, medidas en mm³.

Para poder ser comparadas ambas mediciones, se normalizaron a una dimensión común, tal y como se explicó en el apartado de material y métodos. Quedando de la siguiente manera (tabla 31):

	N	Diferencia 1ª-2ª		Intervalo de confianza 95% para la diferencia		p-valor
		Media	Desviación estándar	Límite inferior	Límite superior	
TCHC-Radiografía periapical	105	1,11	1,97	0,73	1,49	<0,001*
TCHC-Radiografía panorámica	105	1,45	2,47	0,98	1,93	<0,001*
Radiografía periapical-panorámica	105	0,34	2,50	-0,14	0,82	0,164

Tabla 31. Diferencias de medidas, IC 95%, t-test para muestras dependientes (p-valor) para la dimensión longitud (tamaño estándar) de la lesión preoperatoria.

Es decir, la TCHC proporciona medidas de tamaño significativamente superiores a las radiografías bidimensionales (p<0,001, t-test). En cuanto a la comparación de ambos métodos bidimensionales entre sí, no se observaron diferencias significativas.

Con estos datos, podemos obtener que las medidas realizadas por la TCHC miden un 36,1% más que las realizadas por la radiografía periapical, y un 53,1% más grandes que las medidas por la radiografía panorámica.

A través del siguiente gráfico se representan las diferencias medias y los intervalos de confianza (fig. 46):

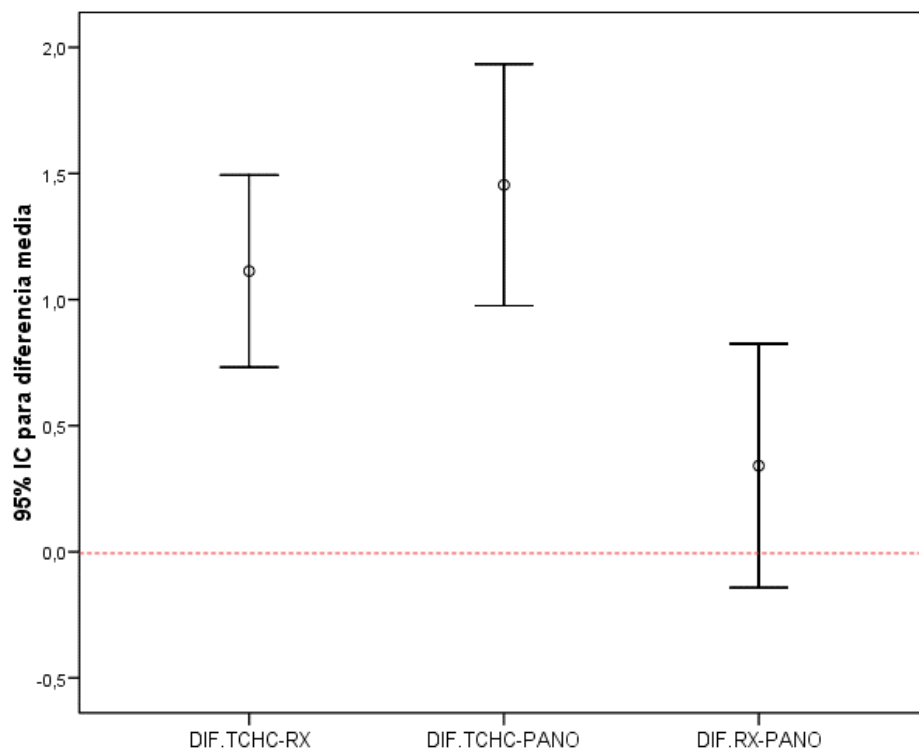


Figura 46. Gráfico con los intervalos de confianza del 95% para la comparación de los tres métodos radiodiagnósticos en el preoperatorio.

Admitido que existe un sesgo significativo hacia una mayor medición con la TCHC, se estudia a través de modelos de regresión la linealidad del sesgo y la naturaleza de la correlación.

Modelo de regresión entre TCHC y radiografía periapical en el preoperatorio:

En el siguiente gráfico se confrontan los datos de longitud de las 105 lesiones medidas con estos métodos. La línea continua es la recta de regresión estimada por el modelo. La discontinua es la diagonal principal donde la medida obtenida con la radiografía periapical es igual a la TCHC y representaría la concordancia perfecta entre métodos (fig. 47).

Una conclusión inmediata es que hay un buen número de dientes donde la radiografía periapical no detectó nada visible, es decir midió 0 mm, en la parte izquierda del gráfico, mientras la TCHC sí fue capaz de determinar un tamaño. Para la mayoría de las lesiones, la línea continua está por encima de la diagonal principal porque, como se ha mencionado anteriormente, la radiografía periapical infraestima el verdadero tamaño de las lesiones, más aún para lesiones muy pequeñas.

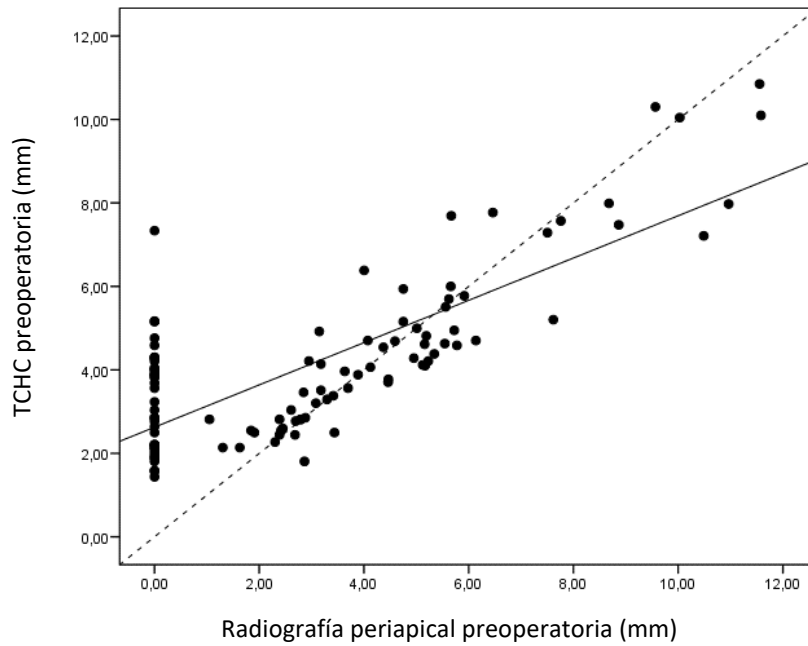


Figura 47. Diagrama de dispersión y correlación entre la TCHC y la Radiografía periapical durante el preoperatorio.

El IC 95% para la pendiente excluye al 1 y el de la constante al 0, por lo que habría de admitirse que los métodos no son concordantes. La correlación es moderadamente alta, pero lejos de la concordancia (tabla 31).

	R	Pendiente (IC 95%)	Constante (IC 95%)
TCHC vs. Radiografía periapical	0,78	0,5 (0,43-0,59)	2,63 (2,28-2,97)

Tabla 31. Resultados del modelo de regresión entre medidas de la radiografía periapical respecto a TCHC en Preoperatorio: valor R, pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

Modelo de regresión entre TCHC y radiografía panorámica en el preoperatorio:

En el estudio del modelo de regresión entre ambos métodos, se obtuvo el siguiente diagrama (fig. 48):

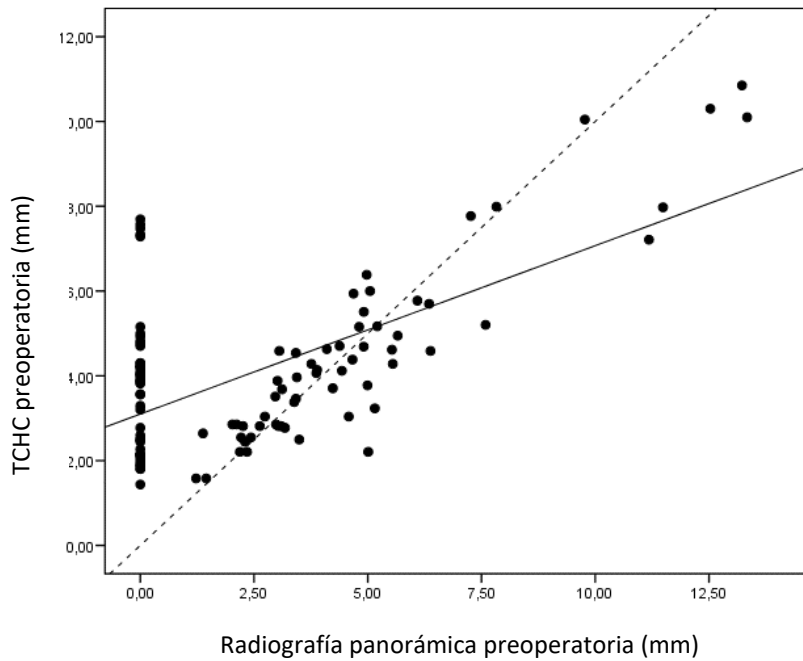


Figura 48. Diagrama de dispersión y correlación entre la TCHC y la Radiografía panorámica durante el preoperatorio.

La situación es totalmente similar a la de la radiografía periapical, con una radiografía panorámica que claramente infraestima tamaños respecto a la TCHC.

El IC 95% para la pendiente excluye al 1 y el de la constante al 0, por lo que habría de admitirse que los métodos no son concordantes. La correlación es moderadamente alta, pero lejos de la concordancia (tabla 32).

	R	Pendiente (IC 95%)	Constante (IC 95%)
TCHC vs. Radiografía panorámica	0,64	0,40 (0,30- 0,49)	3,09 (2,70-3,49)

Tabla 32. Resultados modelo de regresión entre medidas de la radiografía panorámica respecto a TCHC en el Preoperatorio: valor R, pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%.

Modelo de regresión entre radiografía periapical y panorámica en el preoperatorio:

Lo que se observa, ahora, es que hay lesiones detectadas por un método y que no lo son por el otro y viceversa (líneas de casos horizontal y vertical que parten del origen en direcciones perpendiculares) (fig. 49). La mayor densidad de casos no detectados por la radiografía panorámica y sí por la radiografía periapical sugiere que para áreas muy pequeñas la radiografía panorámica infraestima el tamaño respecto a la radiografía periapical.

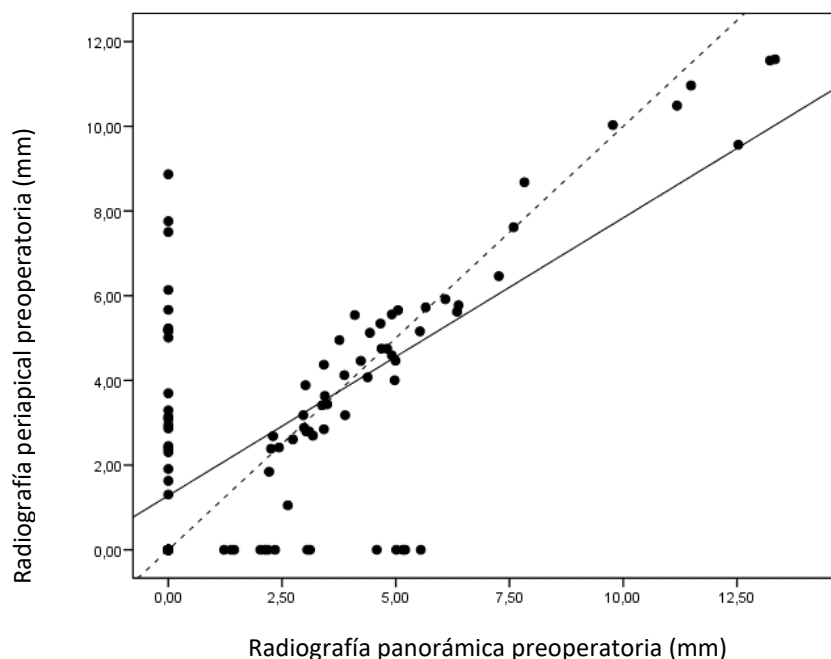


Figura 49. Diagrama de dispersión y correlación entre las radiografías periapical y panorámica en el preoperatorio.

Los métodos bidimensionales no pueden considerarse tampoco concordantes en la medición del tamaño de la lesión (tabla 33).

	R	Pendiente (IC 95%)	Constante (IC 95%)
Radiografía panorámica vs. Periapical	0,47	0,66 (0,52-0,79)	1,28 (0,71-1,85)

Tabla 33. Resultados modelo de regresión entre medidas de la radiografía panorámica respecto a radiografía periapical en las imágenes preoperatorias: valor R, pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%.

6.4.3 Relación factores preoperatorios-tamaño área periapical

Para el estudio de esta relación, y con el fin de no perder tanto poder discriminante, se dividió la muestra en tres niveles de tamaño que corresponden a los percentiles 0,33 y 0,66, dividiendo la muestra en 3 subgrupos de tamaño similar:

- Volumen < 30mm³
- Volumen entre 30-100 mm³
- Volumen > 100mm³

En el estudio de la relación entre los factores del paciente/diente y el tamaño preoperatorio de la lesión, siempre medido a través de la TCHC, se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 34):

	Volumen preoperatorio			Prueba	p
	<30mm ³	30-100mm ³	>100mm ³		
Edad	54,5±14,0 (24-76)	47,2±15,6 (16-82)	44,2±17,1 (14-76)	F-test	0,018*

RESULTADOS

Sexo	Hombre	6	13	14	Chi ²	0,046*
	Mujer	31	20	21		
Tabaco	No	27	23	20	Chi ²	0,907
	Si <10 c/d	12	9	9		
	Si >10 c/d	2	2	1		
Higiene	0	21	27	21	Chi ²	0,023*
	1	20	3	10		
	2	0	1	2		
Síntomas preoperatorios	No	19	16	10	Chi ²	0,218
	Dolor	10	12	6		
	Inflamación	2	0	5		
	Dolor e inflamación	6	7	12		
Signos preoperatorios	Normal	28	24	24	Chi ²	0,710
	Tumefacción	6	7	3		
	fístula	3	4	6		
Sector	Incisivos	13	7	14	Chi ²	0,162
	Caninos	5	3	4		
	Premolares	12	9	4		
	Molares	7	14	13		
Arcada	Maxilar	20	25	28	Chi ²	0,037*
	Mandibular	17	8	7		
Poste intrarradicar	No	32	28	30	Chi ²	0,981
	Si	5	5	5		
Nivel cresta ósea	<3mm	22	24	25	Chi ²	0,417
	≥3 mm	15	9	10		
Estado cortical	Intacta	28	19	16	Chi ²	0,033*
	Perforada	9	14	19		
Engrosamiento membrana sinusal	≤2 mm	7	4	4	Chi ²	0,071
	>2 mm	3	12	7		

Tabla 34. Asociación entre Volumen preoperatorio de la lesión (medida a través de la TCHC) y factores independientes: resultados test Chi² y test de F de ANOVA de 1 vía *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

Numerosos factores se asociaron significativamente al tamaño preoperatorio de la lesión:

- Las lesiones más grandes corresponden a pacientes más jóvenes.
- Los varones presentaban lesiones de mayor volumen. Hasta un 42,4% de los varones presentaban lesiones superiores a 100 mm³, frente a solo el 29,2% de las mujeres.
- En cuanto a la higiene oral, tanto los pacientes con grado 0 como con grado 1 y 2 tienen el mismo porcentaje de lesiones muy grandes (>100mm³), pero los de grado 0 presentan mayor número de lesiones de tamaño medio que los de grado 1 y 2.
- El maxilar superior presentaba lesiones más grandes que la mandíbula.
- La perforación de la cortical ósea se relacionó también con lesiones más grandes.
- Se observó que un engrosamiento patológico de la membrana sinusal se relacionaba con lesiones medianas-grandes en mayor proporción. Aunque no alcanzó la significatividad.

Estudio postoperatorio tardío

Las radiografías periapicales, panorámicas y las TCHC de toda la muestra, no se pudieron hacer todas en el mismo momento cronológico, variando entre 6 y 48 meses pasada la cirugía periapical, dependiendo de cuando acudieron los pacientes a los controles. Pues, aunque si se programaba el control al año de la cirugía, muchas veces, dicho control se realizaba en su clínica dental habitual, por lo que los controles radiográficos estandarizados no están hechos todos en el mismo momento, sino cuando los pacientes acudían a la consulta.

6.5 Mediciones área/volumen durante el período de control

6.5.1 Estudio de la prevalencia de las lesiones apicales

Los resultados de la calibración interexaminador durante el postoperatorio fueron 0,924 para las radiografías periapicales, 0,829 para las radiografías panorámicas, y 0,981 para las imágenes de la TCHC, lo que indica un acuerdo considerable según la escala de Landis y Koch, al igual que en las radiografías preoperatorias.

Tras la discusión de los casos discordantes se muestra la descripción para las imágenes obtenidas durante el período de control, aunque cambia respecto al momento preoperatorio, pues aquí ya hay casos totalmente curados, que por lo tanto ya no se observan como áreas radiotransparentes en la TCHC.

Es por ello, que las tablas con el recuento de las áreas visibles entre los métodos bidimensionales y la TCHC se plantean de forma diferente. Primero se muestra la descripción de los resultados obtenidos por la TCHC en período postoperatorio (tabla 35):

	Sector	Presencia/ausencia lesión. N (%)		
		Total	No	Si
Total	Total	105 (100%)	53 (50,5%)	52(49,5%)
	Incisivos	34 (100%)	19 (55,9%)	15(44,1%)
	Caninos	12(100%)	8 (66,7%)	4 (33,3%)
	Premolares	25(100%)	17 (68%)	8 (32%)
	Molares	34(100%)	9 (26,5%)	25 (73,5%)
		Total	73(100%)	35(47,9%)
Arcada maxilar	Incisivos	30(100%)	17 (56,7%)	13 (43,3%)
	Caninos	6(100%)	3 (50%)	3 (50%)
	Premolares	16(100%)	9 (56,2%)	7 (43,8%)
	Molares	21(100%)	6 (28,6%)	15 (71,4%)
		Total	32(100%)	18 (56,3%)
Arcada mandibular	Incisivos	4(100%)	2 (50%)	2 (50%)
	Caninos	6(100%)	5 (83,3%)	1 (16,7%)
	Premolares	9(100%)	8 (88,9%)	1 (11,1%)
	Molares	13(100%)	3 (23,1%)	10 (76,9%)
		Total	32(100%)	18 (56,3%)

Tabla 35. Prevalencia de las áreas periapicales durante el período de control estudiado a través de la TCHC.

En la primera fila de la tabla se puede leer que el 49,5% del total de las áreas periapicales siguen siendo visibles por la TCHC.

Si agrupamos por tipo de diente, sin diferenciar arcada maxilar o mandibular, siguen siendo visibles el 44,1% de las áreas de incisivos, el 33,3% de los caninos, el 32% de los premolares y el 73,5% de los molares. Este aumento de la prevalencia de las áreas periapicales en los molares alcanza la significatividad estadística respecto al resto de tipo de dientes ($p=0,006$, Chi^2).

En cambio, si agrupamos según la arcada, sin diferenciar por tipo de diente, los porcentajes de visibilidad del área periapical son 52,1% para las lesiones del maxilar y 43,8% para las lesiones No alcanzándose la significancia estadística ($p=0,433$, Chi^2).

Si nos centraremos en los 52 casos donde la lesión había sido confirmada por la TCHC para poder estudiar la sensibilidad de las radiografías periapical y panorámica, se observó que, para la radiografía periapical, la sensibilidad postoperatoria fue 0,42 (IC 95%: 0,29-0,56). Y si diferenciamos entre grupos de dientes o arcada dental, no se alcanzaron diferencias significativas ($p=0,723$ Chi^2 y $p=0,224$ Chi^2 , respectivamente). Y para la radiografía panorámica la sensibilidad fue de 0,33 (IC95%: 0,20-0,45), sin alcanzar tampoco diferencias al distinguir entre grupo de dientes o arcada dental ($p=0,857$ Chi^2 y $p=0,701$ Chi^2 , respectivamente)

Al comparar ambos métodos bidimensionales entre sí, para el estudio de la sensibilidad, el porcentaje de acuerdo alcanzado fue de 71,2 % ($n=37$). Obteniéndose un índice Kappa del 0,39

(IC95%: 0,13-0,65), lo que supuso una concordancia baja. Aunque el valor de la sensibilidad fue similar entre ambos métodos ($p=0,302$, McNemar).

A continuación, se estudiaron los 53 casos donde no existía lesión en la TCHC, para valorar la especificidad de los métodos bidimensionales.

La radiografía periapical detectó lesión en uno de los casos donde no había lesión. Por lo que la especificidad es de 0,981 (IC95%: 0,90-1,00). Atendiendo al tipo de diente, la especificidad fue igual en todos (1,00) menos en los incisivos (0,95). Y atendiendo a la arcada dental, la especificidad fue de 0,97 en el maxilar y 1,00 en la mandíbula.

Para la radiografía panorámica, la especificidad fue del 0,962 (IC95%: 0,87-0,99). Según el tipo de diente, la especificidad fue de 1,00 para todos los dientes menos los incisivos que fue de 0,90. Y atendiendo a la arcada dental fue de 0,97 para el maxilar y 0,94 para la mandíbula.

Respecto a la especificidad, cuando comparamos ambos métodos bidimensionales, el porcentaje de acuerdo fue del 98,1% ($n=52$). El índice de Kappa fue igual a 0,66 (IC95%: 0,00-1,00), obteniéndose una concordancia sustancial. Presentaban la misma especificidad ($p=1,000$, McNemar).

En las imágenes durante el período de control, debido a las características de la muestra si se pudieron calcular los siguientes valores además de la sensibilidad: especificidad, valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN), y la exactitud diagnóstica. Quedando los siguientes valores para ambos métodos bidimensionales (tabla 36):

Método radiográfico	Grupo de dientes	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN	Exactitud
Radiografía periapical	Todos	0,42	0,98	0,96	0,63	0,70
	Incisivos	0,53	0,95	0,90	0,72	0,76
	Caninos	0,50	1	1	0,80	0,83
	Premolares	0,38	1	1	0,77	0,80
	Molares	0,36	1	1	0,36	0,53
Radiografía panorámica	Todos	0,33	0,96	0,90	0,59	0,65
	Incisivos	0,33	0,90	0,71	0,63	0,65
	Caninos	0,50	1	1	0,80	0,83
	Premolares	0,25	1	1	0,74	0,76
	Molares	0,32	1	1	0,35	0,50

Tabla 36. Validez diagnóstica de la radiografía periapical y panorámica por tipo de diente.

Al repetir el análisis, pero separando los dientes por arcadas en vez de por tipo de diente, los resultados fueron (tabla 37):

Método radiográfico	Grupo de dientes	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN	Exactitud
Radiografía periapical	Maxilar	0,46	0,97	0,95	0,63	0,71
	Mandíbula	0,25	1	1	0,64	0,69
Radiografía panorámica	Maxilar	0,33	0,97	0,93	0,58	0,64
	Mandíbula	0,25	0,94	0,80	0,63	0,66

Tabla 37. Validez diagnóstica de la radiografía periapical y panorámica por arcada dental.

De todos los casos donde la radiografía periapical detecta una lesión periapical, el 96% de los casos la tienen realmente (VPP=0,96). En el caso de la radiografía panorámica, este porcentaje es del 90% (VPP=0,90).

Por otro lado, de los casos donde la radiografía periapical no detecta la existencia de una lesión, el 63% están libre de ella realmente (VPN=0,63). Para la radiografía panorámica es del 59% (VPN=0,59).

Respecto a la exactitud, obtenemos la curva ROC para estudiar el AUC (área bajo la curva), esta curva representa el poder discriminante de una prueba (lesiones que realmente se detectan como tales y no lesiones que se detectan como no lesión) (fig. 50):

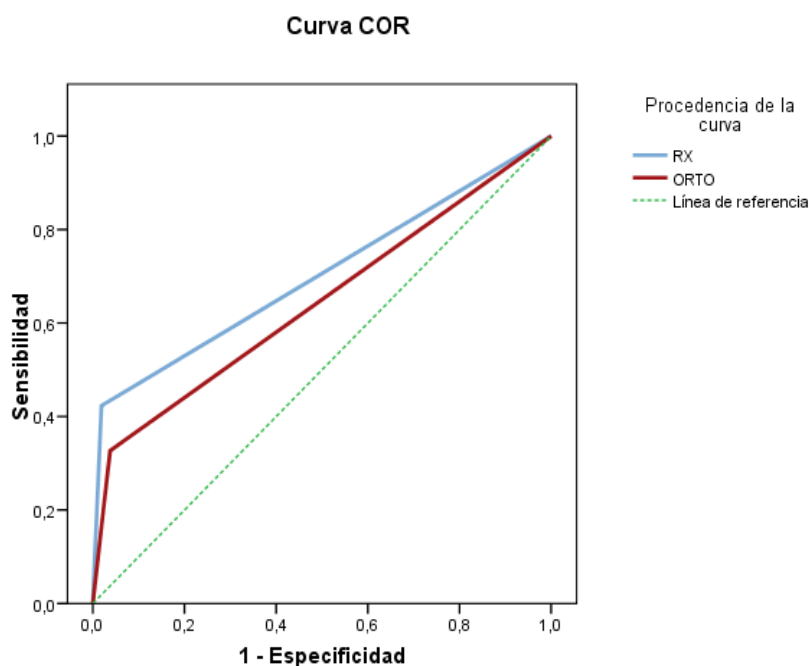


Figura 50. Curva Roc, representación gráfica de la sensibilidad frente a la especificidad.

Se obtuvo un $AUC=0,70 \pm 0,05$ para la radiografía y $AUC=0,65 \pm 0,05$ para la radiografía panorámica. La AUC coincide con la exactitud descrita en las tablas. No hay diferencias significativas entre ambas pruebas ($p=0,449$; z-test).

6.5.2 Concordancia de las mediciones durante el período de control

Las mediciones de las áreas periapicales obtenidas por ambos métodos bidimensionales en el período de control fueron (tabla 38):

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Mediana
Radiografía periapical postoperatoria	105	,00	33,4	2,90	6,69	,00
Radiografía panorámica postoperatoria	105	,00	36,6	2,29	6,17	,00

Tabla 38. Mínimo, máximo, media y desviación estándar para las mediciones realizadas con la radiografía periapical durante el período de control. Expresados en mm²

En el período de control, la radiografía periapical contabilizó como 0 mm² 82 casos, y la radiografía panorámica 86 casos.

En cuanto a los valores obtenidos con la TCHC de control, de los 105 casos, se contabilizaron como 0 mm³ 53 casos, y los resultados fueron los siguientes (tabla 39):

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica	Mediana
TCHC	105	,00	243,0	21,75	45,65	3,00

Tabla 39. Mínimo, máximo, media y desviación estándar para las mediciones realizadas con la TCHC en el período de control. Expresados en mm³

Al igual que se hizo en las imágenes preoperatorias, se redujeron los tres métodos a medidas lineales para poder ser comparadas entre sí, quedando de la siguiente manera (tabla 40):

	N	Diferencia 1 ^a -2 ^a		Intervalo de confianza 95% para la diferencia		p-valor
		Media	Desviación estándar	Límite inferior	Límite superior	
TCHC-Radiografía periapical	105	0,80	1,25	0,55	1,04	<0,001*
TCHC-Radiografía panorámica	105	0,94	1,58	0,64	1,25	<0,001*
Radiografía periapical-panorámica	105	0,15	1,31	-0,11	0,40	0,255

Tabla 40. Diferencias de medidas, IC 95%, t-test para muestras dependientes (p-valor) para la dimensión longitud (tamaño estándar) del área periapical durante el período de control.

Se demuestra, al igual que en las imágenes preoperatorias, que hay diferencias significativas entre la medición realizada por la TCHC y cualquiera de las bidimensionales. La TCHC registra un tamaño más elevado. Tampoco hay diferencias significativas entre ambos métodos bidimensionales.

Se calcula que la TCHC proporciona mediciones postquirúrgicas un 103,9% más grandes que la radiografía periapical, y un 154,1% más grandes que la radiografía panorámica. En este caso, la gran diferencia existente entre las radiografías bidimensionales y la TCHC es debida a la gran cantidad de casos no registrados por las radiografías, pero sí por la TCHC.

Se estudiaron también aquí la linealidad del sesgo a través de los modelos de regresión, y la naturaleza de la correlación:

Modelo de regresión entre la TCHC y la radiografía periapical en el período de control:

En el siguiente gráfico se confrontan los datos de longitud de las 105 lesiones medidas con estos dos métodos. La línea continua es la recta de regresión estimada por el modelo. La discontinua es la diagonal principal donde la medida obtenida con la radiografía periapical es igual a la TCHC y representaría la concordancia perfecta entre métodos (fig. 51). Una conclusión inmediata es que hay un buen número de dientes donde la radiografía periapical no detectó nada, es decir, midió 0 mm, mientras la TCHC sí fue capaz de determinar un área.

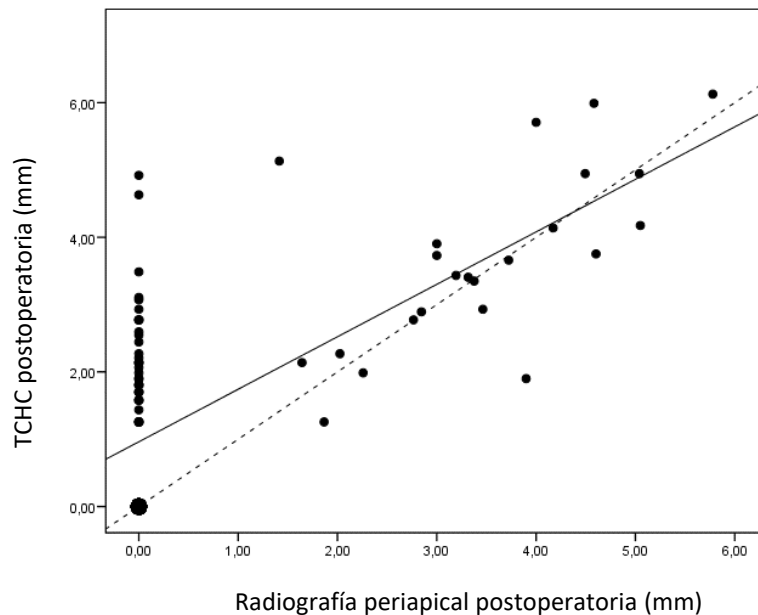


Figura 51. Diagrama de dispersión y correlación entre la TCHC y la Radiografía periapical en el período de control.

La alineación de puntos en el valor 0 mm del eje x son los casos donde la radiografía periapical no detecta lesión, pero según la TCHC si la hay. En las coordenadas (0mm, 0mm) hay un punto, que se ha resaltado más grande, donde se superponen todos los casos donde ambos métodos no detectan lesión, esto ya sabemos por los cálculos de especificidad que son 52 casos.

La correlación es moderadamente alta; pero lejos de la concordancia. El IC 95% para la pendiente excluye al 1 y el de la constante al 0, por lo que habría de admitirse que los métodos no son concordantes (tabla 40):

	R	Pendiente (IC 95%)	Constante (IC 95%)
TCHC vs. Radiografía periapical postoperatorio	0,71	0,78 (0,63-0,93)	0,96 (0,70-1,22)

Tabla 40. Resultados del modelo de regresión entre medidas de la radiografía periapical respecto a la TCHC en las imágenes durante el período de control: valor R, pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

Modelo de regresión entre TCHC y radiografía panorámica en el período de control:

La situación es totalmente similar a la de la radiografía periapical, con una radiografía panorámica que claramente infraestima tamaños respecto a la TCHC. La radiografía panorámica tampoco detecta lesiones que la TCHC sí puede (fig. 52).

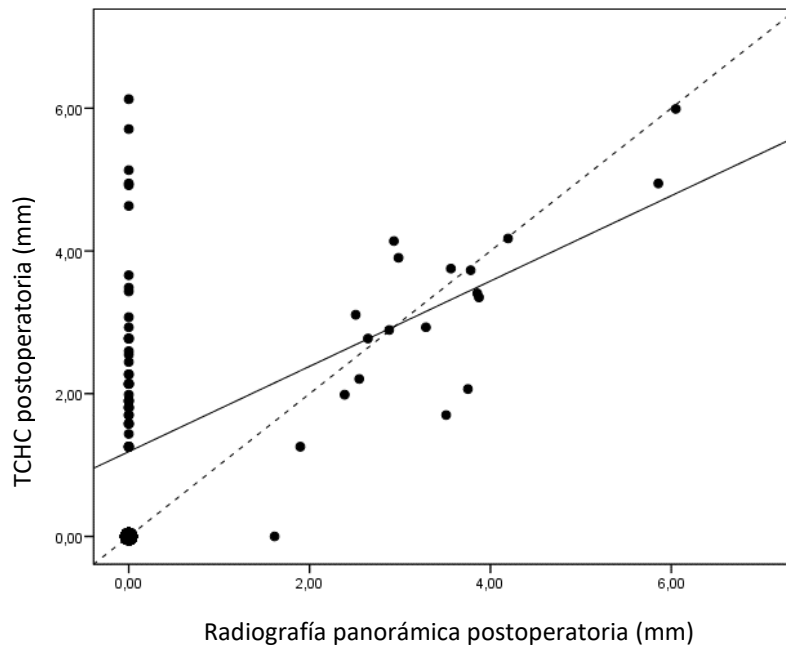


Figura 52. Diagrama de dispersión y correlación entre la TCHC y la Radiografía panorámica durante el período de control.

La conclusión es similar al caso anterior, los métodos no pueden considerarse concordantes en la medición del tamaño de la lesión (tabla 41).

	R	Pendiente (IC 95%)	Constante (IC 95%)
TCHC vs. Radiografía panorámica postoperatorio	0,49	0,60 (0,39-0,81)	1,19 (0,87 -1,50)

Tabla 41. Resultados del modelo de regresión entre medidas de la radiografía panorámica respecto a la TCHC en las imágenes de control: valor R, pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%.

Modelo de regresión entre la radiografía periapical y la panorámica en el período de control:

Lo que se observa, ahora, es que hay lesiones detectadas por un método y que no lo son por el otro y viceversa (líneas de casos horizontal y vertical que parten del origen en direcciones perpendiculares). Siempre en las coordenadas (0mm, 0mm) aquellos 76 casos que son detectados como curados por ambos métodos a la vez (fig. 53).

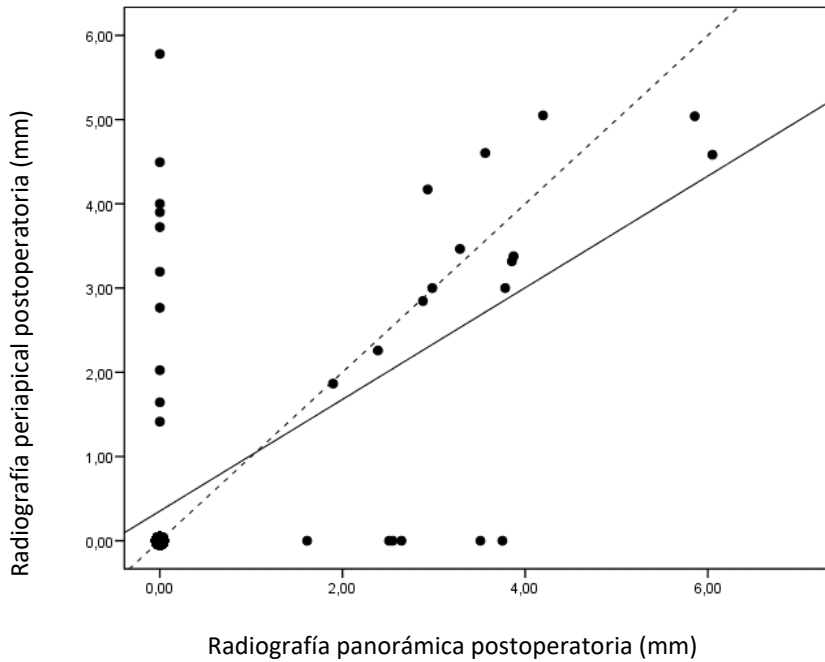


Figura 53. Diagrama de dispersión y correlación entre la Radiografía periapical y la radiografía panorámica durante el período de control.

Los métodos no pueden considerarse tampoco concordantes en la medición del tamaño de la lesión. Para tamaños medios-grandes, la radiografía periapical infraestima el tamaño que dicta la radiografía panorámica (tabla 42).

	R	Pendiente (IC 95%)	Constante (IC 95%)
Radiografía periapical vs. Panorámica postoperatorio	0,69	0,66 (0,49-0,84)	0,35 (0,09 -0,61)

Tabla 42. Resultados del modelo de regresión entre medidas de la radiografía periapical respecto a la radiografía panorámica en las imágenes de control: valor R, pendiente y constante e intervalos de confianza al 95%

6.6 Evaluación de los cambios óseos producidos

Se compararon los volúmenes preoperatorios y los del período de control calculadas en ambas TCHC, para estudiar así los cambios volumétricos producidos en el tiempo. Se muestran en la

siguiente tabla dichos volúmenes, así como la variación estimada de las diferentes formas mencionadas (tabla 43).

	N	Media	Desviación típica	Mínimo	Máximo	Mediana
TCHC Preoperatorio	105	141,09	244,75	3,00	1373,00	62,00
TCHC Control	105	21,75	45,65	,00	243,00	3,00
Diferencia absoluta TCHC pre-control	105	119,33	235,37	1348,00	92,00	-45,00
Diferencia relativa TCHC pre-control	105	-68,78	56,97	-100,0	195,35	-95,74
Diferencia TCHC por mes	105	-6,76	12,90	-74,89	15,33	-1,88

Tabla 43. cambios del volumen observados en la TCHC (mm³ y %). Totales y por mes.

El gráfico siguiente representa las distribuciones del volumen en los dos momentos en los cuales se han realizado los registros tomográficos (fig. 54):

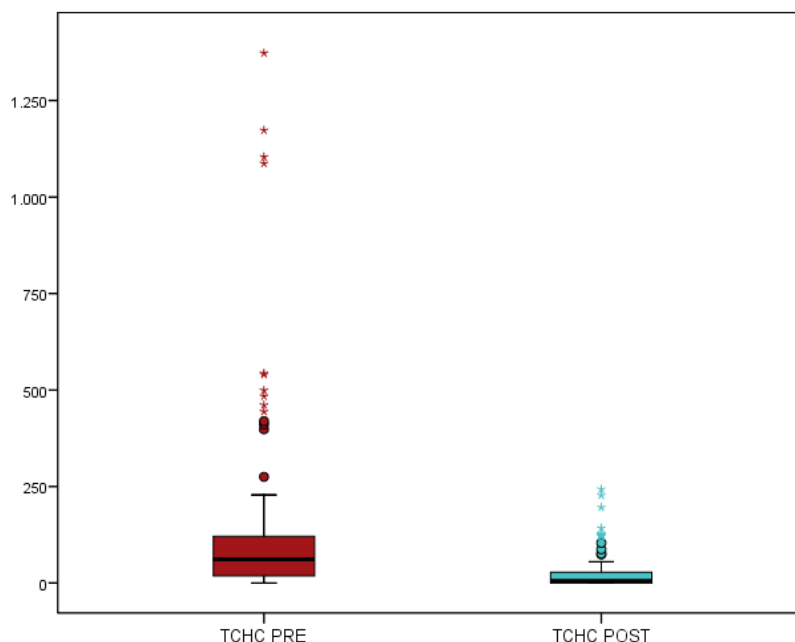


Figura 54. Box-Plot con los volúmenes preoperatorios y de control.

La caja concentra el 50% de los casos, siendo la mediana la línea horizontal que la divide. Los bordes superior e inferior de la caja se corresponden con el 1º y 2º cuartil, por debajo de los cuales está el 25% y 75% respectivamente de la muestra. Los “bigotes” se extienden hasta los valores en un rango aceptable, por encima de los cuales están los atípicos (círculos) y los extremos (asteriscos).

Se observa un buen número de lesiones con un volumen atípico o, incluso, excepcionalmente grande antes de la intervención. La reducción del tamaño es evidente; pero en el período de control persisten también tamaños importantes en comparación al grueso (tabla 44).

	VOLUMEN	Diferencia Absoluta (mm ³)	Diferencia Relativa (%)	Diferencia/mes (mm ³ /mes)	p-valor
Preoperatorio	141,1 ± 244,8 (62,0)				
Postoperatorio	21,8 ± 45,7 (3,0)	-119,3 ± 235,4 (-45,0)	-68,8 ± 57,0 (-95,7)	-6,76 ± 12,9 (-1,88)	<0,001***

Tabla 44. Cambios en volumen de la lesión periapical: valores Pre y Post, diferencias absoluta, relativa y tasa de reducción mensual. Media ± desviación (mediana). Test t de 1 muestra.

Las lesiones se han reducido $119,3 \pm 235,4 \text{ mm}^3$ en promedio. La desviación estándar indica que la variabilidad en los cambios producidos es muy grande. De hecho, la mediana es de sólo $-45,0 \text{ mm}^3$, lo que significa que la mitad de las lesiones disminuyeron un volumen menor a esa cifra. Estos cambios en volumen son estadísticamente significativos. Obsérvese también que la reducción porcentual media es del 68,8%, pero la mediana se dispara al 95,7%.

De los 105 casos, hubo 92 en los que se produjo una reducción en el tamaño de la lesión, 2 en los que no hubo cambio volumétrico alguno y 11 en los que hubo un incremento en el volumen de la lesión (fig. 55).

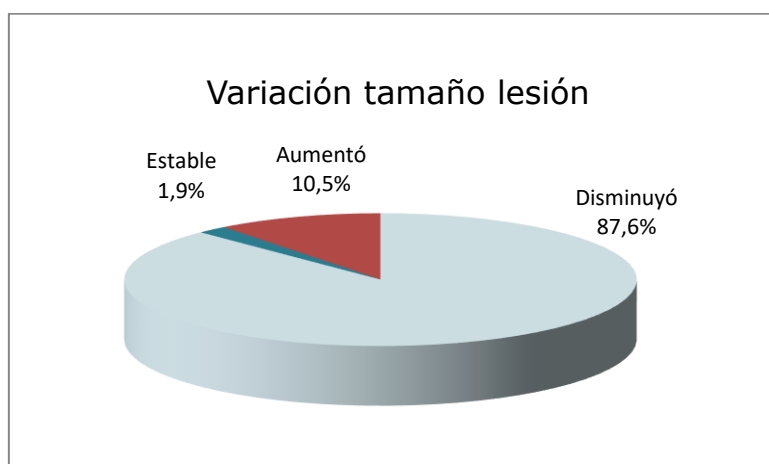


Figura 55. Variación del volumen de las lesiones en la TCHC entre el preoperatorio y el período de control.

Del total de los 92 casos en los que se produjo una disminución de la lesión, en 53 la reducción de volumen fue del 100%; en 10 la lesión se redujo en más del 90%, en 21 la reducción estuvo entre 50-90% y en 8 la reducción fue menor del 50%.

De los 13 casos restantes, en dos no hubo aumento ni reducción, y en 11 hubo un aumento del volumen en el área periapical.

El período de tiempo que transcurre entre la primera TCHC y la segunda varía entre 6 y 48 meses, con una media de 21 meses (tabla 45).

N	105
Media	21,01
Desviación típica	10,58
Mínimo	6,00
Máximo	48,00
Mediana	18,00

Tabla 45. Tiempo TCHC Pre-Post en meses

Este periodo fluctúa entre 6 y 48 meses y se utiliza como denominador para calcular una tasa mensual de remisión de volumen. Esta tasa normalizada se cifra en una media de $-6,76 \text{ mm}^3/\text{mes}$ y mediana de $-1,88 \text{ mm}^3/\text{mes}$.

En el siguiente diagrama de caja se observa que la discrepancia entre media y mediana sigue justificada por la existencia de casos con fuertes reducciones en relativamente cortos espacios de tiempo (fig. 56):

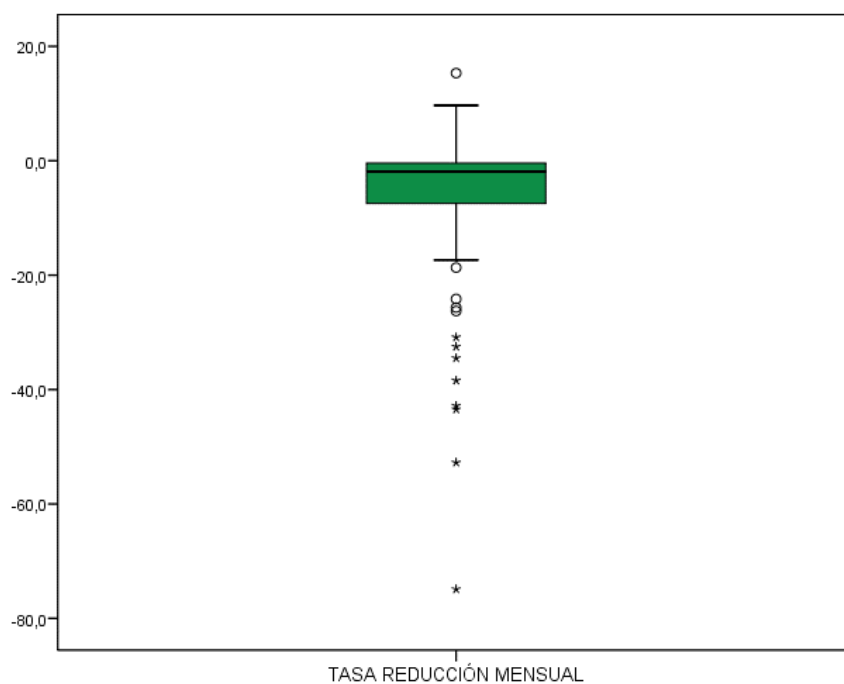


Figura 56. Box-plot con la reducción mensual del volumen.

El test t confirma que se trata de una tasa mensual significativamente no nula ($p < 0,001$), es decir, que la lesión remite en volumen tras la realización de la cirugía.

El siguiente gráfico representa el volumen de lesión disminuido en función del tiempo entre TCHC preoperatoria y de control (fig. 57):

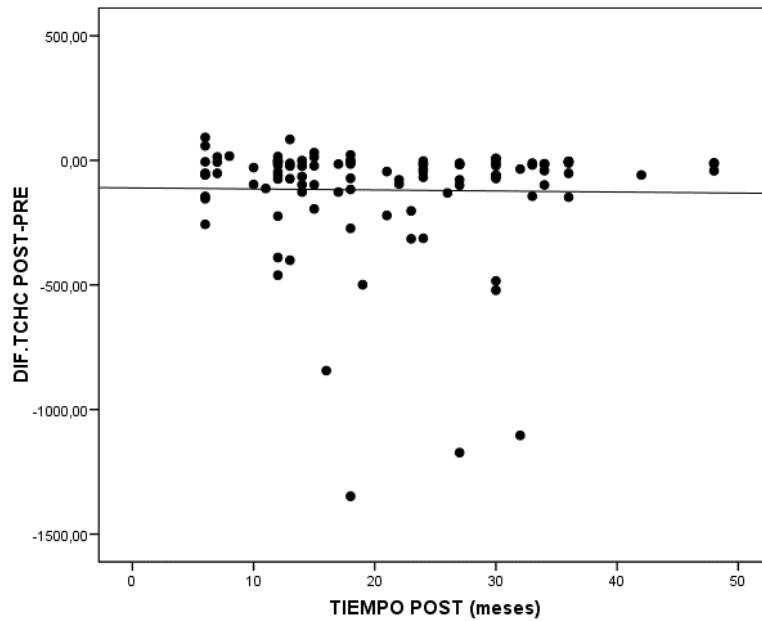


Figura 57. Diagrama de dispersión entre la diferencia de volumen de ambas TCHC y el tiempo transcurrido.

A la vista del gráfico, da la impresión de que el volumen absoluto que se reduce no depende de la duración del periodo transcurrido entre las dos TCHC ($r=-0,02$, $p=0,850$), o sea que se trata de una reducción constante.

Sin embargo, el volumen relativo reducido sí parece depender del tiempo ($r=0,27$; $p=0,005$) (fig. 58):

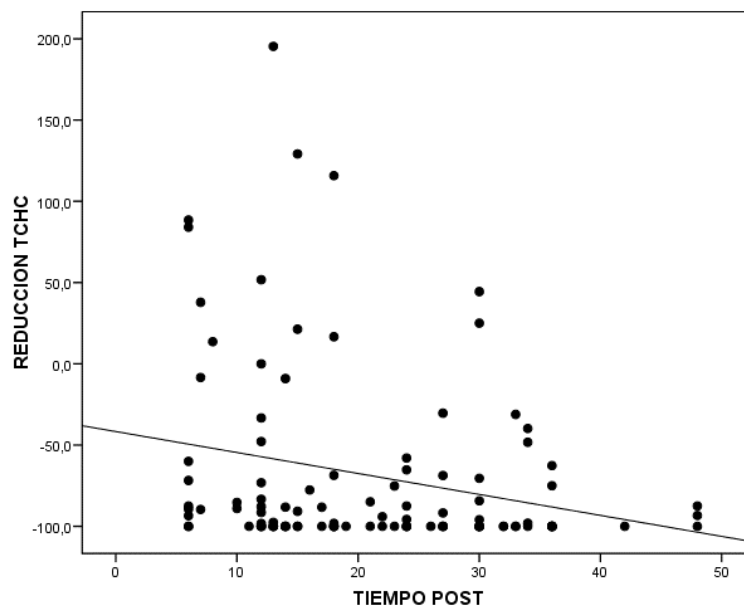


Figura 58. Diagrama de dispersión entre la reducción porcentual de las lesiones y el tiempo transcurrido en meses.

En este gráfico, la reducción en porcentaje parece más grande cuanto más tiempo ha pasado entre TCHC, pero en realidad la pendiente de esa recta viene muy determinada por esos pocos

casos en los que había un aumento de volumen, ya que esos casos tienen normalmente un tiempo más corto entre ambas TCHC. Así, cuanto mayor es la duración entre ambas tomografías, mayor es la reducción porcentual conseguida. O, dicho de otra manera, los casos en los que ha habido un incremento de volumen se manifiestan bien claros en tiempos más cortos.

Estos resultados implican que la reducción porcentual de volumen debería relativizarse también al tiempo entre ambas TCHC y ese sería el mejor indicador de cuánto ha cambiado el volumen (tabla 46):

N	105
Media	-3,91
Desviación típica	5,27
Mínimo	-16,67
Máximo	15,03
Mediana	-3,70

Tabla 46. Reducción porcentual al mes.

Es decir, en promedio, el volumen está disminuyendo en 3,91 puntos porcentuales al mes respecto al tamaño inicial.

Si relacionamos la reducción porcentual con el volumen preoperatorio (fig. 59):

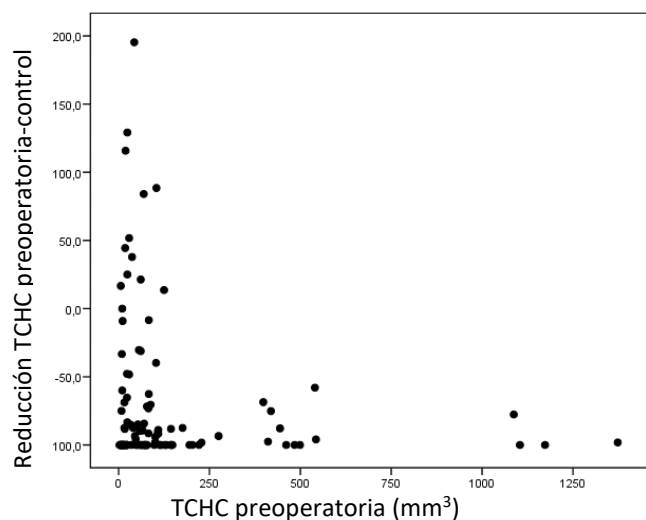


Figura 59. Diagrama de dispersión entre la reducción porcentual de volumen y el volumen inicial de las lesiones.

La mayoría de los casos, se concentran cerca del origen del gráfico. No obstante, hay dos 'colas' de casos llamativas:

- Parte inferior hacia la derecha. Se trata de unas pocas lesiones inicialmente muy grandes ($>300\text{mm}^3$) para las que se suele conseguir una reducción superior al 50%.

- Parte izquierda hacia arriba. Se trata de unas cuantas lesiones moderadas-pequeñas (<100mm³) para las que la reducción es pequeña (<50%) o incluso aumentan de tamaño.

Si realizamos un zoom de la zona más densa de los casos (fig. 60):

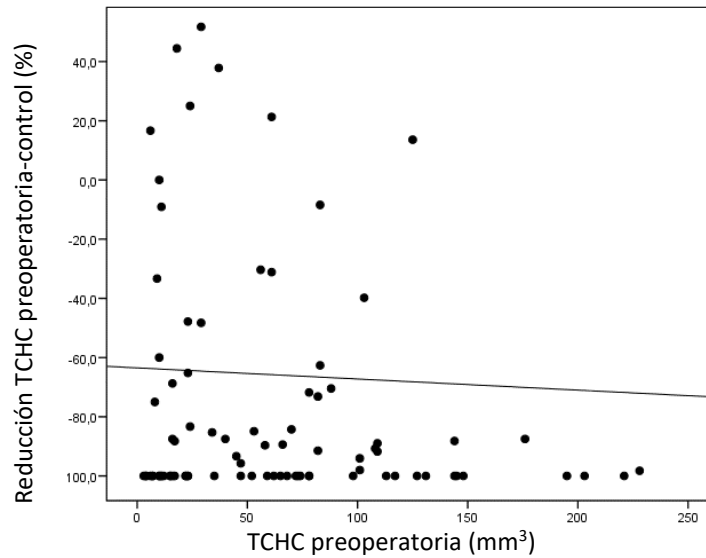


Figura 60. Ampliación de la figura 59 de la zona con mayor densidad de casos.

La recta de ajuste sigue siendo horizontal porque hay muchas lesiones en la base inferior de la nube de puntos, lesiones que independientemente de su tamaño inicial, no se detectan ya en la TCHC de control (ya sabemos que son n=53, casi la mitad de la muestra).

El coeficiente de correlación de Spearman se cifra en $r=-0,06$ ($p=0,567$). Es decir, no hay correlación entre ambas variables, que son el volumen preoperatorio y la reducción porcentual conseguida. La mitad de las lesiones iniciales desaparecen, independientemente de su tamaño y esto es lo que está sintetizándose con esa falta de correlación.

Por tanto, la reducción porcentual es similar para cualquier volumen preoperatorio. Aunque vemos en el gráfico siguiente que para la cantidad absoluta sí que hay relación, las lesiones más grandes inicialmente se reducen mucho más (fig. 61):

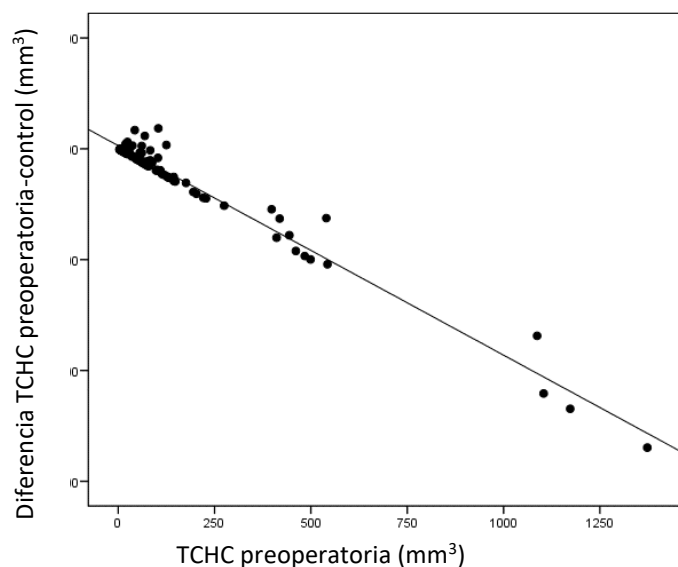


Figura 61. Diagrama de dispersión entre la diferencia de volumen desde el preoperatorio hasta el control y el volumen preoperatorio.

6.6.1 Relación factores preoperatorios-reducción porcentual de volumen

Se estudiaron si los diferentes factores relacionados con el paciente o con el diente, influyeron en la reducción porcentual de volumen producida (tabla 47):

Variables	Reducción volumétrica (%)	p-valor (test)
Edad	-89.3 (≤ 40 y)	0,758 (MW)
	-86.4 (> 40 y)	
Sexo	Hombres -85.8	0,538 (MW)
	Mujeres -88.4	
Fumador	No -88.0	0,379 (MW)
	Si ≤ 10 c. -85.6	
	Si > 10 c. -98.2	
Higiene	0 -89,0	0,529 (MW)
	1 -84,5	
	2 -88,4	
Síntomas preoperatorios	Sin síntomas -80.5	0,602 (KW)
	Dolor -83.4	
	Inflamación -91.7	
	Inflamación y dolor -94.8	
Signos preoperatorios	Ausentes -82.9	0,245 (KW)
	Hinchazón -92.1	
	Fístula -97.1	

Diente			
	Incisivos	-90.2	
	Caninos	-92.2	
	Premolares	-89.9	
	Molares	-80.0	0,136 (KW)
Arcada			
	Maxilar	-86.0	
	Mandibular	-90.8	0.407 (MW)
Poste intrarradicular			
	Ausente	-87.5	
	Presente	-87.0	0.731 (MW)
Nivel de la cresta ósea			
	<3mm	-88.6	
	≥3 mm	-84.8	0.243 (MW)
Estado de la cortical			
	Intacta	-89.9	
	Perforada	-83.9	0.041*(MW)
Engrosamiento de la membrana			
	≤ 2mm	-78,4	
	>2 mm	-86,1	0,498 (MW)

Tabla 47. Asociación entre Reducción porcentual de volumen y factores independientes: resultados test de Mann-Whitney y Kruskal-Wallis. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

El estado preoperatorio de la cortical fue el único factor que influyó significativamente en la cantidad relativa de reducción obtenida.

Cuando la cortical está intacta, los valores de reducción porcentual son más importantes que si está perforada. Obsérvese, sin embargo, que hay unos pocos casos extremos (asteriscos) donde la cortical estaba intacta y la reducción fue de las más bajas en la muestra (fig. 62):

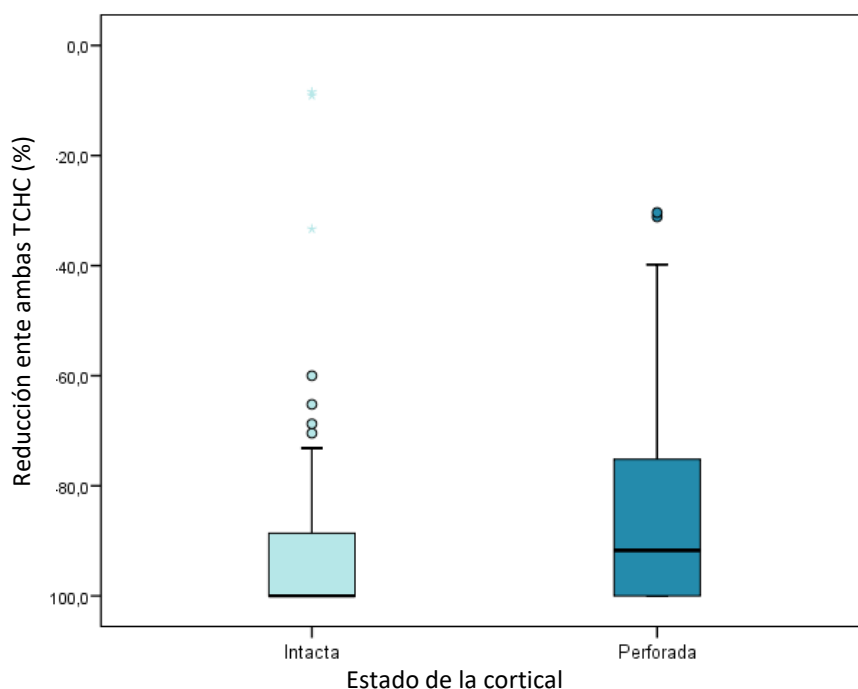


Figura 62. Box-plot del estado cortical con relación a la reducción porcentual del volumen.

6.7 Clasificación de la curación según los criterios de Molven

Al aplicar los criterios de Molven a las radiografías periapicales, el acuerdo entre ambos examinadores según el estadístico Cohen Kappa fue de 0,895 y para el total de la muestra los resultados quedaron de la siguiente manera (tabla 48):

	N (%)	%
Cicatrización completa	86	(81,9%)
Cicatrización incompleta	8	(7,6%)
Cicatrización incierta	5	(4,8%)
Cicatrización no satisfactoria	6	(5,7%)

Tabla 48. Aplicación de los criterios de Molven a la muestra para las radiografías periapicales.

6.8 Clasificación de la curación según los criterios de von Arx y Kurt

En la escala de dolor, de los 105 pacientes, 85 comentaban no tener ningún tipo de dolor en la revisión; 8 presentaban un dolor medio (solo eventualmente); 9 presentaban un dolor medio (permanente) y 3 argumentaban tener un dolor severo.

En la escala de signos clínicos, de los 105 pacientes, se obtuvieron los siguientes resultados: 83 no presentaban ningún tipo de signo clínico, 12 presentaban la zona apical al diente sensible a la palpación, 5 mostraban hinchazón en la zona apical o sensible a la percusión, y, por último 5 presentaban una fístula o absceso apical.

En el cálculo de la regeneración ósea producida, se obtuvo una media de regeneración del 81% para el total de la muestra, según las radiografías periapicales.

Así tras la aplicación de estos criterios clínicos y radiográficos, y teniendo en cuenta también la cantidad de regeneración ósea producida, la clasificación quedó así (tabla 49):

	N (%)
Éxito	69 (65,7%)
Mejoría	6 (5,7%)
Fracaso	30 (28,6%)

Tabla 49. Clasificación de la curación según criterios de von Arx para las radiografías periapicales.

6.9 Clasificación de la curación según los criterios de Penn 3D modificados

El resultado de la evaluación basado en el análisis tridimensional fue de 65 dientes siendo clasificados como cicatrización completa, 30 como cicatrización limitada, uno como cicatrización incierta y 9 como no satisfactoria según los criterios de Penn 3D modificados. Habiendo un total de 95 dientes clasificados como éxito, y 10 dientes como fracaso. El total de la muestra quedó así (tabla 50):

	Número de dientes (%)	
Cicatrización completa	65 (61,9%)	} 90,4% cicatrización exitosa
Cicatrización limitada	30 (28,5%)	
Cicatrización incierta	1 (1%)	} 9,6% cicatrización fracasada
Cicatrización no satisfactoria	9 (8,6%)	
Total dientes: 105 (100%)		

Tabla 50. Clasificación de la curación según Criterios Penn 3D modificados

6.9.1 Relación factores preoperatorios-estado cicatricial

Se estudió aquí también la relación entre los diferentes factores, relacionados con el diente o con el paciente, y la clasificación dicotomizada como éxito o fracaso, según los criterios de Penn 3D modificados (tabla 51):

Variables	Éxito según criterios Penn 3D			Prueba	p-valor	
	Total N (%)	Éxito N (%)	Fracaso N (%)			
Edad	105 (100%)	95 (90,5%)	10 (9,5%)	t-test	0,615	
Sexo	Hombre	33 (100%)	33 (100%)	0 (,0%)	Chi ²	0,024*
	Mujer	72 (100%)	62 (86,1%)	10 (13,9%)		
Tabaco	No	70 (100%)	63 (90%)	7 (10%)	Fis	0,671
	Si <10 c/d	30 (100%)	26 (86,7%)	4 (13,3%)		

	<i>Si >10 c/d</i>	5 (100%)	5 (100%)	0 (,0%)		
Higiene	0	69 (100%)	60 (86,9%)	9 (13,1%)		
	1	33 (100%)	31 (93,9%)	2 (6,1%)	Fis	0,409
	2	3 (100%)	2 (66,6%)	1 (33,3%)		
Síntomas preoperatorios	No	45 (100%)	39 (87,1%)	6 (12,9%)		
	Dolor	28 (100%)	25 (89,3%)	3 (10,7%)		
	Inflamación	7 (100%)	7 (100%)	0 (,0%)	Chi ²	0,784
	Dolor e inflamación	25 (100%)	23 (94,1%)	2 (5,9%)		
Signos preoperatorios	Normal	76 (100%)	68 (90,2%)	8 (9,8%)		
	Tumefacción	16 (100%)	12 (72,7%)	4 (27,3%)	Chi ²	0,131
	fístula	13 (100%)	12 (92,3%)	1 (7,7%)		
Sector	Incisivos	34 (100%)	32 (94,1%)	2 (5,9%)		
	Caninos	12 (100%)	11 (91,7%)	1 (8,3%)		
	Premolares	25 (100%)	24 (96,0%)	1 (4,0%)	Chi ²	0,258
	Molares	34 (100%)	28 (82,4%)	6 (17,6%)		
Arcada	Maxilar	73 (100%)	66 (90,4%)	7 (9,6%)		
	Mandibular	32 (100%)	29 (90,6%)	3 (9,4%)	Chi ²	0,973
Poste Intraradicular	No	90 (100%)	82 (91,1%)	8 (8,9%)		
	Si	15 (100%)	13 (86,7%)	2 (13,3%)	Chi ²	0,587
Nivel cresta ósea	<3mm	71 (100%)	66 (93,0%)	5 (7,0%)		
	≥3 mm	34 (100%)	29 (85,3%)	5 (14,7%)	Chi ²	0,211
Estado cortical	Intacta	63 (100%)	59 (93,7%)	4 (6,3%)		
	Perforada	42 (100%)	36 (85,7%)	6 (14,3%)	Chi ²	0,175
Engrosamiento membrana sinusal	≤2 mm	15 (100%)	14 (93,3%)	1 (6,7%)		
	>2 mm	22 (100%)	18 (81,8%)	4 (18,2%)	Chi ²	0,629

*Tabla 51. Asociación ente la clasificación de Criterios Penn 3D modificados y los factores independientes del paciente: resultados test Chi², t-test y test de Fis. *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001*

Sólo el género se asocia significativamente con la clasificación de Penn (p=0,024). Entre las mujeres la tasa de éxito es del 86,1%; pero se eleva al 100% entre los varones.

6.10 Comparación de las diferentes escalas entre sí

Si comparamos entre sí, las dos escalas exclusivamente radiológicas, Penn 3D modificada y la de Molven, los resultados son los siguientes (tabla 52):

		Total	Éxito	Fracaso
Criterios Penn 3D modificados	N	105	95	10
	Media	1,56	1,32	3,90
	Desviación típica	,89	,47	,32
	Mínimo	1,00	1,00	3,00
	Máximo	4,00	2,00	4,00
	Mediana	1,00	1,00	4,00
	Molven	N	105	94
Media		1,34	1,09	3,55
Desviación típica		,82	,28	,52
Mínimo		1,00	1,00	3,00
Máximo		4,00	2,00	4,00
Mediana		1,00	1,00	4,00

Tabla 52. Resultados obtenidos para las escalas Molven y Criterios Penn 3D. Medias según éxito/fracaso.

Al comparar la distribución de las clasificaciones de curación de Penn y Molven, hallamos diferencias significativas ($p=0,002$, Wilcoxon). Con la TCHC la evaluación es menos optimista, indicando un grado de curación más bajo. Hay un grupo importante de pacientes ($n=21$; 20% del total) para los que Molven concluye una cicatrización completa, pero los criterios Penn 3D modificados concluyen limitada.

Si repetimos el análisis enfocándolo desde el punto de vista de la concordancia, se observa un subgrupo importante de pacientes ($n=21$; 20% de la muestra) para los que Molven concluye cicatrización completa, pero los criterios Penn 3D concluyen como limitada (tabla 53):

	Total	Molven									
		Cicatrización completa		Cicatrización incompleta		Cicatrización incierta		Cicatrización no satisfactoria			
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
	105	100%	86	81,9%	8	7,6%	5	4,8%	6	5,7%	
Cicatrización completa	65	61,9%	63	60,0%	1	1,0%	1	1,0%	0	,0%	
Cicatrización limitada	30	28,6%	21	20,0%	6	5,7%	2	1,9%	1	1,0%	
Criterios de Penn 3D modificados											
Cicatrización incierta	1	1%	0	,0%	0	,0%	1	1,0%	0	,0%	
Cicatrización no satisfactoria	10	8,6%	2	1,9%	1	1,0%	1	1,0%	5	4,8%	

Tabla 53. Porcentaje de acuerdo entre ambas clasificaciones, Criterios de Molven y Criterios de Penn 3D modificados.

Así, si dejamos la clasificación en cuatro grupos para ambos criterios Penn Y Molven, el porcentaje de acuerdo es del 71,4% (n=75), con un Índice Kappa del 0,52 (IC95%: 0,35-0,69), obteniéndose una concordancia moderada (p<0,001, McNemar).

Pero cuando comparamos ambos criterios, dicotomizando como hemos explicado en párrafos anteriores, el porcentaje de acuerdo es del 93,3% (n=98). Obteniéndose un Índice Kappa del 0,63 (IC95%: 0,36-0,89), siendo una concordancia sustancial (1,000, McNemar).

También se compararon los criterios Penn 3D modificados, exclusivamente radiológicos, con la de von Arx, que combina criterios radiológicos con clínicos (tabla 54).

	Total	Escala von Arx					
		Éxito		Fracaso			
		N	%	N	%	N	%
Total	105	100,0%	75	71,4%	30	28,6%	
Criterios Penn 3D modificados							
Éxito	95	90,5%	74	70,5%	21	20,0%	
Fracaso	10	9,5%	1	1,0%	9	8,6%	

Tabla 54. Porcentajes de acuerdo ente Criterios Penn 3DModificados y von Arx.

El porcentaje de acuerdo fue del 79,0% (n=83). El índice Kappa fue del 0,36 (IC95%: 0,12-0,60), la concordancia fue baja. Se rechazó la simetría de los casos discordantes (p<0,001, McNemar). En la tabla se cuenta que un 20% de casos que son éxitos para Penn, pero fracasos para von Arx, frente al 1% en la situación contraria.

6.11 Engrosamiento de la membrana sinusal en el período de control

De estos 37 casos que formaban esta submuestra, durante el período de control, 26 presentaban un engrosamiento de la membrana menor o igual a 2 mm, los otros 11 casos superaban los 2 mm de engrosamiento.

La media del engrosamiento sinusal fue de 1,87 mm \pm SD 2,80. En cambio, la media para los 11 dientes que superaban los 2 mm de engrosamiento sinusal en este período era muy superior, ascendía a 5,25 mm \pm SD 2,93. Las mediciones realizadas en ambos momentos, preoperatorio y durante el período de control, se detallan a continuación (tabla 55):

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Engrosamiento sinusal preoperatorio	37	,0	10,0	3,549	3,6807
Engrosamiento sinusal en período de control	37	,0	10,0	1,865	2,7962

Tabla 55. Media, mínimo, máximo y desviación típica para el engrosamiento sinusal para los 37 dientes con patología periapical incluidos en la muestra. Durante el período preoperatorio y en el control.

Al evaluar los cambios producidos, el test de McNemar concluye que se ha producido una reducción significativa de la tasa de engrosamiento ($p=0,007$). Es decir, la cantidad de casos patológicos ha disminuido significativamente. Notar que un 35,1% de todos los casos eran patológicos y redujeron el grosor a nivel normal, frente a sólo un 5,4% que evolucionaron, al contrario.

Diferencia en el engrosamiento entre el preoperatorio y el período de control (tabla 56):

	Diferencia 1 ^a -2 ^a			Intervalo de confianza 95% para la diferencia		p-valor
	N	Media	Desviación estándar	Límite inferior	Límite superior	
Engrosamiento membrana Preoperatorio-control	37	1,69	4,17	0,29	3,08	,019*

Tabla 56. Cambios en el engrosamiento de la membrana sinusal: valores Pre y control, diferencia absoluta, relativa Media \pm desviación (mediana). Test t de 1 muestra

Se produjo una disminución significativa del engrosamiento de la membrana sinusal. Habiendo una reducción media del 47,3% de ese engrosamiento inicial.

También se estudió si había diferencias en cuanto al engrosamiento sinusal durante el período de control entre ambos sexos. No encontrándose diferencias estadísticas ($p=0,259$, χ^2)

7.DISCUSIÓN

7. DISCUSIÓN

7.1 Descripción de la muestra

Se realizó un estudio retrospectivo observacional para analizar la velocidad de la curación ósea tras la realización de la cirugía periapical mediante el estudio de la TCHC, y las radiografías periapical y panorámica. El tamaño de la muestra fue de 105 pacientes a los que se les intervino de cirugía periapical.

Debido a un tamaño muestral de 105 pacientes, se permitió abordar el análisis inferencial desde un punto de vista paramétrico, alcanzándose una potencia de 94,2% para un tamaño de efecto medio-pequeño ($d=0,35$) con un nivel de confianza del 95%. La mayoría de los estudios tienen un tamaño muestral similar^{12,13,17,32,47,50,142,193}, por lo que un tamaño muestral de 105 pacientes está bien justificado.

La edad media de la muestra fue de 48,8 años. Hay gran variedad en cuanto a la edad media de los pacientes sometidos a este tipo de cirugía en los diferentes estudios: von Arx¹³, Schloss¹⁸ y Bornstein¹⁹⁷ presentan una edad media similar a la presente muestra, otros estudios como Peñarrocha y cols^{20,173}, Taschieri y Del Fabbro¹⁸³ presentan muestras con edades inferiores, y algunos pocos presentan una edad superior^{32,56,143}

El número de mujeres fue significativamente mayor al de los hombres, 72 mujeres frente a 33 hombres. En los artículos, algunos pocos la muestra está compuesta por más hombres que mujeres^{16,50,193,198} pero en la mayoría de ellos tienen mayor número de mujeres^{4,12,17,18,20,23,56,81,143,173,183,199-203}, esto podría deberse a que las mujeres tienen una mayor preocupación por la estética, lo que explicaría el hecho de que elijan antes la cirugía periapical que la extracción del diente.

En porcentajes absolutos, los incisivos centrales superiores y los primeros molares superiores fueron los dientes más afectados. Aunque muchos de los trabajos coinciden en la mayor frecuencia de incisivos superiores^{17,143,183,199}, no son tantos los que coinciden con los molares superiores, algunos atribuyen mayor frecuencia a los molares mandibulares^{13,23}.

Se operaron más dientes maxilares que mandibulares, siendo las diferencias significativas. Muchos artículos coinciden en una mayor prevalencia de los dientes maxilares^{13,17,23,143,183,199}.

En el estudio de las raíces afectadas, en los primeros molares superiores, la raíz más frecuentemente afectada fue la raíz mesio vestibular, estando afectada en 14 de los 15 molares

superiores. Bornstein y cols.¹⁹³ coincidieron en su muestra al afirmar que, en el caso de los molares maxilares, la raíz mesio vestibular es la más afectada. Esto es lógico, pues muchas veces la raíz mesiovestibular del primer molar maxilar presenta dos conductos, obviándose el 2º conducto en el tratamiento endodóncico, por lo que es la raíz candidata a presentar una patología periapical con mayor frecuencia.

El 85,7% de la muestra no poseía ningún elemento de retención intrarradicular. Este porcentaje es similar a la muestra estudiada por Fernández y cols.¹⁴⁸, presentando un 84,1% de la muestra sin ningún elemento de retención intrarradicular. Estrela y cols.¹⁴⁷ en cambio, aportan una muestra con un porcentaje muy inferior, presentando un 47%.

Relación entre las raíces y el seno maxilar.

En el estudio de la relación entre el seno maxilar y las raíces de los dientes antrales, ambos métodos bidimensionales tienden a una clasificación más avanzada que la TCHC, obteniendo porcentajes mayores en clases II y III, viendo más casos en los que las raíces estaban en contacto o aparentemente incluidas en el seno que la TCHC, aunque sin diferencias estadísticas.

Shahbazian y cols.²⁰⁴ mostraron una clasificación también más avanzada para el estudio de la relación entre las raíces de premolares y molares superiores con respecto al seno maxilar para el caso de las radiografías periapicales, en comparación con la TCHC. Aunque el estudio diferencia por el tipo de dientes, y en el caso del 2º molar superior cambia, pues la TCHC muestra una clasificación más avanzada que la radiografía periapical.

Hassan²⁰⁵ sigue una clasificación inversa a la nuestra, siendo clase 1 cuando más cercanas están las raíces al seno y clase 3 cuando más lejanas están del mismo, pero sus resultados coinciden plenamente, incluso en los segundos molares, mostrando además gran diferencia en las proporciones presentadas por ambos métodos, radiografía periapical y TCHC.

Lopes y cols.²⁰⁶ realizaron una comparación entre radiografías panorámicas y TCHC, observando también que la radiografía panorámica sobreestima la proyección de las raíces en el seno maxilar. Termelez y cols.¹⁹¹ encontraron también en la radiografía panorámica, que las distancias entre las raíces y el seno maxilar eran menores, resultando en una mayor clasificación para las clases 3 por parte de la radiografía panorámica. Shahbazian y cols.²⁰⁴ demuestran que, en el canino y primer premolar, hay un gran acuerdo entre TCHC y radiografía panorámica, pero para el caso del 2º premolar y los molares hay mayor discrepancia, lo cual es lógico pues en el caso de las raíces de 2º premolar y molares, el seno maxilar está mucho más próximo, pudiendo crear mayor confusión.

Al ser la submuestra de dientes maxilares relacionados con el seno bastante pequeña, no se pudieron estudiar muchas relaciones desde el punto de vista estadístico, aunque si se observa que, de los 6 casos clasificados como clase 3 en la relación raíz-seno maxilar (desde el punto de vista de la TCHC), en ninguno de ellos, la radiografía periapical detectó el área periapical, y solo en uno lo detectó la radiografía panorámica. Lo que coincide con el trabajo realizado por Low y cols.⁵⁰, donde muestran que cuanto más cercano está el seno maxilar a las raíces, más fácil es que no se detecten las lesiones periapicales, aunque tampoco llegan a obtener diferencias significativas.

Relación entre la lesión periapical y el seno maxilar.

En el estudio de la relación entre el seno maxilar y la lesión periapical, la muestra se redujo a 20 dientes para las radiografías periapicales y a 17 para las panorámicas. Tampoco se encontraron diferencias significativas en la comparación de los diferentes métodos entre sí.

En el caso de las radiografías periapicales, de las 17 lesiones no detectadas, 14 estaban clasificadas como clase 2 y 3 por la TCHC, lo que indica que cuando la lesión está a menos de 1 mm del seno maxilar o no existe hueso entre ambos, es muy probable que la radiografía periapical no detecte la lesión. En el caso de las radiografías panorámicas, de las 20 lesiones no detectadas por estas, 16 lesiones eran clasificadas como clase 2 y 3 por la TCHC.

Low y cols.⁵⁰ si encontraron diferencias significativas en la clasificación realizada entre la radiografía periapical y la TCHC en las clases 2 y 3, no en las clases 1. Su muestra estuvo compuesta por 72 raíces, siendo considerablemente superior a la nuestra.

Engrosamiento sinusal

El engrosamiento sinusal parece ser la más frecuente de las patologías sinusales^{51,207,208}. En el estudio de la relación entre el engrosamiento de la membrana sinusal y la proximidad de la lesión al seno se observó que los dientes más cercanos al seno maxilar, es decir, los clasificados como clase 2 y 3, presentaban un engrosamiento sinusal significativamente mayor que los clasificados como clase 1.

La mayoría de los estudios que analizan si existe relación entre el engrosamiento de la membrana sinusal y la existencia de periodontitis apical, concluyen que sí^{191,209-217}, aunque muchos de ellos no distinguen si la lesión apical está cercana o no al seno maxilar. Incluso algunos afirman que la causa odontogénica más frecuente que provoca el engrosamiento de la membrana sinusal es la periodontitis apical^{190,204}. Nunes y cols.²¹⁴ si contemplan un mayor

engrosamiento de la membrana para las lesiones que tocan el seno maxilar. También Sakir y cols.²¹⁷ y Khorramdel²¹⁸ confirman esta tendencia.

Gürhan y cols.²¹⁹ afirman incluso que la cantidad de engrosamiento que sufre la membrana sinusal se encuentra relacionada con un mayor diámetro de la lesión periapical. También muestran en su estudio, que el diente asociado con mayor frecuencia al engrosamiento sinusal es el primer molar superior. Su muestra es considerablemente mayor, con nuestro tamaño muestral de 37 dientes, estas afirmaciones no pueden llegar a obtenerse.

Otros en cambio, aunque en menor número, no observan relación entre la existencia de una lesión periapical y el engrosamiento de la membrana²²⁰⁻²²².

En los varones, el engrosamiento sinusal fue significativamente mayor que en las mujeres. Leandro y cols.²²³ también encontraron una mayor prevalencia del sexo masculino en la muestra de los pacientes con engrosamiento sinusal. Varios son los estudios en los que se observa un mayor engrosamiento sinusal patológico para el sexo masculino^{51,207,211,213,219,224-226}. Menos los que no encuentran diferencias significativas entre ambos sexos^{208,218,227}.

Perforación previa de la cortical ósea.

En el estudio de la cortical ósea previo a la apicectomía, 63 dientes (60%) no presentaban una perforación previa discernible en la TCHC; estando demostrado que la TCHC es altamente discriminatoria en la visualización de la perforación de la cortical ósea²²⁸. Marmary y cols.³⁷ aportan un porcentaje de corticales intactas en su muestra de 74%, siendo superior. En cambio, Kim y cols.¹⁷ presentan porcentajes muy inferiores, un 31%. La muestra de Kasahara²²⁹ obtienen un porcentaje mayor para los dientes con la cortical perforada, un 72% frente al 28%. Vemos que no hay una tendencia clara en el estado de la cortical ósea previo a la cirugía.

El 75% de los dientes mandibulares presentan la cortical intacta frente al 53% de los dientes maxilares. Mayo y cols.²²⁸ concluyen que la cortical ósea se mantiene intacta con mayor frecuencia en la mandíbula, y más concretamente en los dientes posteriores. Parece lógico, pues la cortical ósea en los dientes posteroinferiores es mucho más gruesa que en el sector anterior.

Jalali y cols.²³⁰ realizan un estudio más en profundidad sobre la perforación de la cortical ósea, y distinguen entre dos grupos, un grupo con absceso periapical crónico, en el que todos los casos presentan perforación de la cortical ósea, y otro grupo que presentan absceso apical agudo, en el que menos de la mitad presentan perforación de la cortical. Se trata de un hallazgo interesante, quizás se hubiera podido recoger en nuestro estudio, el tipo de absceso apical que presentaba cada paciente, para poder estudiar la relación con la cortical.

7.2 Mediciones preoperatorias

7.2.1 Validez diagnóstica en el preoperatorio

Los resultados para la sensibilidad en el caso de la radiografía periapical, para el total de la muestra fue del 0,64 (IC95%: 0,55-0,73). De las 105 áreas visibles preoperatoriamente, la radiografía periapical detectó 67. Para la radiografía panorámica la sensibilidad fue de 0,57 (IC95%: 0,48-0,67), detectando 60 áreas de las 105.

En cuanto al análisis de la sensibilidad en el preoperatorio, hay gran variación entre los estudios según el tipo de muestra, y otros factores que también pueden influir en la sensibilidad son el tiempo transcurrido entre la endodoncia y la radiografía, y el tipo de radiografía, si es convencional o digital.

En el estudio de la sensibilidad en las radiografías periapicales, son muchos los estudios publicados y que contienen una sensibilidad muy similar a la nuestra ^{47,50,134,144-147,151,231}, todos ellos tienen una muestra amplia que incluye todos o casi todos los grupos de dientes, a excepción del artículo de Low y cols. ⁵⁰ cuya muestra solo son premolares y molares maxilares. Todos estos artículos presentan una sensibilidad entre el 0,61 y 0,67, muy similar a la del presente estudio.

Otros en cambio presentan una sensibilidad mucho menor, oscilando entre 0,35 y 0,56 ^{41,55,142,148,150,152,155,156}. Y también incluyen todos los grupos de dientes, a excepción de Al Nuaimi y cols. ¹⁴² cuya muestra consiste solo en dientes posteriores. Menos son los artículos que presentan una sensibilidad mayor a la del presente trabajo ^{2,4,143,153}, pero tampoco en estos artículos se encuentra ninguna tendencia en cuanto a tipo de dientes o región anatómica que ayudara a entender estas diferencias.

En el estudio de la sensibilidad de las radiografías panorámica, la cantidad de artículos disminuye mucho, pero también hay mucha variedad en la sensibilidad. Desde Estrela ⁴¹ y Maddalone ²³² que obtuvieron una sensibilidad muy inferior, de 0,28 y 0,40, otros como Nardi ⁸² y Venskutonis ¹⁵⁸ que obtuvieron sensibilidades similares siendo 0,49 y 0,64 respectivamente, y Keser ⁸³ y Sălceanu ¹⁵⁹, que muestran sensibilidades muy superiores, 0,86 y 0,89 respectivamente.

Si analizamos por el tipo de diente, para la radiografía periapical no se encontraron diferencias significativas ni por el tipo de diente, ni por la arcada dental. Aunque si se observó mayor sensibilidad en incisivos y caninos que en molares y premolares, pero sin llegar a ser significativa.

En cuanto a la radiografía panorámica, tampoco se encontraron diferencias significativas en el estudio de la sensibilidad atendiendo al tipo de diente, pero en cambio, si se encontraron

diferencias según la arcada dental, demostrándose una mayor sensibilidad para los dientes mandibulares.

Estrela y cols.⁴¹ compararon también, además de la radiografía periapical, la radiografía panorámica con la TCHC. Al comparar la sensibilidad entre los diferentes grupos, la menor sensibilidad se observó en el caso de los incisivos inferiores para la radiografía panorámica, obteniéndose una sensibilidad de 0,16. Esta sensibilidad dista bastante de la observada en nuestro estudio, cuyo valor fue de 0,47. Se podría deber a dos factores, el primero es el tamaño muestral, siendo muy superior su muestra constituida por 888 pacientes, y el segundo es que no todos los pacientes presentaban algún diente endodonciado, mientras que en el nuestro, todos los dientes presentaban la endodoncia hecha, lo que ya predispone mucho al examinador sobre donde buscar el área periapical.

Liang y cols.^{150,151}, en su comparación entre las radiografías periapicales y la TCHC, coincidieron con el presente estudio no encontrando diferencias entre los diferentes grupos de dientes, distinguiendo entre dientes anteriores, premolares y molares.

Nardi y cols.⁸² obtuvieron para radiografías panorámicas una mayor sensibilidad en los caninos y premolares, seguidos por los molares y en último lugar los incisivos. Aunque sus valores absolutos son todos inferiores a los nuestros. Posiblemente su sensibilidad disminuye porque su tamaño muestral, al igual que en el estudio de Estrela⁴¹ era muy superior a la nuestra.

Maddalone y cols.²³² aunque no comentan significancia estadística diferenciando unos dientes de otros en su estudio sobre radiografías panorámicas, si confirman que de su muestra la sensibilidad es del 0,40, pero cuando se centran en los premolares y molares superiores, la sensibilidad baja mucho, llegando a 0,27 y 0,15 respectivamente. Jang y cols.²³³ también observan una menor sensibilidad de las radiografías periapicales en el caso de los molares.

Hay mucha variedad en el análisis de la sensibilidad de los métodos radiográficos convencionales diferenciando por el tipo de diente entre los diferentes estudios. Patel y cols.¹⁴⁴, si encontraron diferencias estadísticas en el estudio de la sensibilidad de la radiografía periapical frente a la TCHC para la zona maxilar posterior y para la zona mandibular anterior. Pero para la zona mandibular posterior y la zona maxilar anterior no. Y por otro lado, Uraba¹³⁴ obtuvo para la radiografía periapical diferencias significativas para los incisivos, caninos y molares superiores, pero no para el resto de los grupos dentales.

En el presente estudio, cuando se comparan ambos métodos bidimensionales entre sí, no se encontraron diferencias significativas.

7.2.2 Concordancia de las mediciones prequirúrgicas

Los resultados obtenidos en la calibración interexaminador para las mediciones en las diez imágenes de prueba obtuvieron resultados clasificados como muy buenos en la escala de Fleiss, indicando así un excelente acuerdo entre ambos examinadores.

En las mediciones de las 105 áreas periapicales, la radiografía periapical obtuvo una media de $18,8 \text{ mm}^2 \pm 29,2 \text{ mm}^2$, la radiografía panorámica $17,6 \text{ mm}^2 \pm 34,6 \text{ mm}^2$, y la TCHC $141,1 \text{ mm}^3 \pm 244,7 \text{ mm}^3$.

La realización de las mediciones del volumen de la lesión periapical de manera física, es decir, in situ durante la cirugía apical, es prácticamente imposible, pues cualquier material que pudiera utilizarse para realizar las mediciones, medianamente sólido, como podría ser silicona, o algún tipo de cera, podría contaminar el campo e influir en los resultados de la cirugía. Esposito y cols.²³⁴ en su estudio in-vitro, comprueban que las mediciones hechas sobre la TCHC de una serie de 8 áreas periapicales creadas en una mandíbula bovina guardan una excelente correlación con las mediciones realizadas in situ sobre dicha mandíbula.

Por otro lado, podría pensarse que la realización de una tomografía micro-computarizada o μ -TC podría aportar más exactitud a las mediciones, a pesar de que evidentemente la radiación sería superior. Ahlowalia y cols.²³⁵ demostraron, también en un estudio in-vitro, que el grado de acuerdo entre ambos métodos de medición, TCHC y μ -CT, mostraba una alta correlación, con un ICC siempre superior a 0,9.

Las mediciones se hicieron de modo manual marcando los límites del área periapical en cada corte tomográfico, y el programa después calcula el volumen automáticamente. Y lo mismo en el caso de las radiografías bidimensionales, pero con diferente programa. Kim y cols.¹⁷ hicieron también las mediciones de modo manual en su estudio sobre TCHC. Otros en cambio realizan las mediciones de manera semiautomática usando las herramientas que ofrecen los distintos programas^{18,198}. Se ha estudiado si un método es mejor que otro, y no se observan diferencias significativas^{236,237}. Sin embargo, si se encuentran diferencias significativas en el tiempo de medición, que evidentemente con el modo automático son menores.

Se estuvo estudiando como poder comparar las mediciones obtenidas por los diferentes métodos, pues las radiografías periapical y panorámica miden áreas mientras que la TCHC miden volúmenes. Era pues complicado comparar mm^2 con mm^3 . Se redujo así a medidas lineales para poder compararlas entre sí, siguiendo un artículo anterior que así lo hizo¹⁸.

Al comparar las mediciones realizadas de los diferentes métodos radiográficos sobre las áreas periapicales prequirúrgicas se obtuvieron diferencias significativas, entre los métodos bidimensionales y la TCHC. No encontrándose estas diferencias al comparar ambos métodos bidimensionales entre sí. Se observó que las obtenidas con los métodos bidimensionales eran como media, inferiores.

Van der Borden y cols.²³¹ en su estudio obtuvieron medias muy inferiores, siendo de 4,7 mm² para la radiografía periapical y 22,9 mm³ para la TCHC. Aunque no comparan estas mediciones entre sí. La razón por la que estas áreas y volúmenes son bastante inferiores a las nuestras podría ser porque en su estudio se conoce el tiempo transcurrido entre la realización de la endodoncia y el registro radiográfico, no superando nunca los 37 meses, además de que también son conocedores del procedimiento realizado para el tratamiento de conductos, pues lo hacen ellos y lo describen en su artículo.

Schloss y cols.¹⁸ también realizaron mediciones sobre una muestra de 44 pacientes con 51 dientes. Para la radiografía periapical obtuvieron una media de 13.55 mm² ± 18,80 mm², y para las TCHC 95,34 mm³ ± 196,28 mm³. Sus mediciones, aunque son un poco más pequeñas, son más similares a las nuestras. Ellos tampoco indican el tiempo transcurrido entre la endodoncia y los registros radiográficos.

Otro artículo presentado por Liang y cols.² presenta volúmenes preoperatorios de una serie de TCHC de 84 pacientes, con una media de 31,4 mm³. Este volumen también es muy inferior al nuestro, lo que podría explicarse porque estos registros radiográficos se realizaron entre 10 y 19 meses tras la endodoncia, en la misma clínica donde se habían realizado, mientras que, en el presente estudio, al ser una clínica de referencia para la cirugía periapical, la mayoría de los pacientes no sabían cuándo se había realizado la endodoncia. Pero Liang y cols. no compararon las áreas medidas con la radiografía y los volúmenes medidos con la TCHC.

El estudio realizado en perros por Paula-Silva y cols.²³⁸, aunque no realizaron las mediciones como un área, sino que solo midieron el máximo diámetro mesio-distal de las lesiones, también obtuvo diferencias significativas entre las mediciones de la radiografía periapical y la TCHC, siendo más largas las de la TCHC. Los mismos resultados obtuvieron Cheung y cols.²⁹, que realizaron comparaciones de las mediciones realizadas sobre las áreas periapicales en TCHC y radiografía periapical también en dientes endodonciados, ellos midieron el diámetro mesio distal y también el diámetro apico-coronal, encontrando diferencias significativas entre las radiografías y la TCHC, siendo superiores con la TCHC.

Se podía concluir como media que, durante el preoperatorio, las mediciones realizadas con la TCHC eran un 36% más grandes que las realizadas con la radiografía periapical, y un 53% más grandes que las obtenidas con la radiografía panorámica.

En cuanto a la correlación entre los diferentes métodos radiográficos, se observó que tanto para la radiografía periapical como para la panorámica se producía una infraestimación del tamaño de las lesiones con respecto a la medición realizada por la TCHC. Y también se contempla que los tres métodos no son concordantes entre sí.

La correlación obtenida entre la radiografía periapical y la TCHC fue de 0,78. Esta correlación es muy similar a la obtenida por Lopez y cols.³⁸ en un estudio que hicieron con 134 dientes de perros, donde obtuvieron una correlación de 0,76.

Ordinola-Zapata y cols.²³⁹ en su estudio con perros también, con un tamaño muestral de 15 dientes dividieron la muestra en raíces endodonciadas y no endodonciadas, y en la correlación entre la radiografía periapical y la TCHC, obtuvieron una falta de correlación en la muestra de raíces endodonciadas ($r=0,48$) y una mayor correlación en las raíces no endodonciadas ($r=0,73$).

No se encontró ningún estudio que analizase la correlación entre las radiografías panorámicas y la TCHC.

7.2.3 Relación factores preoperatorios-tamaño del área periapical

En el estudio de la relación entre los diferentes factores analizados y el tamaño preoperatorio, se encontraron algunos hallazgos interesantes. Encontramos resultados significativos para la relación entre el tamaño del área periapical previo a la cirugía y los siguientes factores: edad del paciente, sexo, higiene, arcada dental y perforación de la cortical ósea. Aunque en la literatura hay pocos estudios que analicen esta relación, pues principalmente se ha estudiado si existe relación entre algún factor propio del paciente o del diente y la existencia del área periapical; pero no analizan la relación entre estos factores y el tamaño del área periapical.

No encontramos diferencias significativas en cuanto al tipo de diente, pero si en cuanto a la arcada dental, observándose lesiones de mayor tamaño en los dientes maxilares. Cheung y cols.²⁹ en su estudio en molares, maxilares y mandibulares obtienen resultados contrarios a los nuestros, encontrando áreas de mayor tamaño en los molares mandibulares, aunque no estudian si las diferencias son significativas, solo aportan datos. La diferencia podría deberse a que solo comparan molares, y en nuestro estudio se comparan todos los tipos de dientes, o también debido al tipo de medición que realizan pues solo miden el diámetro.

Torabinejad y cols.³⁰ analizaron la relación de varios factores con el tamaño del área periapical en dientes endodonciados. Usaron la escala de medición CBCT-ERI desarrollada por Estrela y cols.¹⁴⁶, que se rige por el diámetro más ancho del área periapical. Y no encontraron ninguna relación entre la clasificación según esta escala, en una muestra de 120 raíces en 69 dientes, y los factores analizados, que fueron el tipo de diente, la arcada dental y la edad del paciente. También analizaron el tiempo pasado desde la endodoncia, sin encontrar tampoco resultados significativos.

Estudio postoperatorio tardío

Al estudiar la curación de la muestra tras la realización de la cirugía periapical, se observó que de las áreas periapicales que aun eran visibles, los molares tenían mayor prevalencia, llegando a la significancia estadística. El 73,5% de los molares, mandibulares y maxilares, aún presentaban algún resto de área periapical que era visible por la TCHC.

El estudio realizado sobre radiografías periapicales por Sutter y cols.²⁴⁰, con el control al año de la cirugía, también presenta una tasa de cicatrización mayor para los dientes anteriores comparado con los posteriores, que en su caso agrupó a premolares y molares. No encontrando tampoco diferencias en la curación entre ambas arcadas, al igual que nosotros.

7.3 Mediciones durante el período de control

7.3.1 Validez diagnóstica durante el periodo de control

En el estudio de las TCHC durante el periodo de control, el 50,5% de las áreas habían desaparecido totalmente, y por lo tanto, el 49,5% de las áreas seguían siendo visibles para la tomografía. Dentro de este grupo visible a la tomografía, se englobaban tanto las áreas periapicales que habían aumentado de tamaño, como aquellas que, aunque habían disminuido aún no habían desaparecido del todo.

En el estudio de la sensibilidad durante el postoperatorio, la radiografía periapical detectó algún resto de área en 23 de los 105 casos iniciales, y la radiografía panorámica detectó 19 áreas. Considerando a la TCHC como método de referencia, las sensibilidades obtenidas para la radiografía periapical fue 0,42 y para la radiografía panorámica fue 0,33. Ambas sensibilidades fueron bastante más inferiores que las obtenidas preoperatoriamente, que eran de 0,64 para la periapical y de 0,57 para la panorámica.

Curtis y cols.¹⁹⁸ obtuvieron una sensibilidad para la radiografía periapical del 0,29 durante el período de control comprendido entre 12 y 53 meses, siendo un poco inferior a la nuestra.

von Arx y cols.¹⁹⁹ calcularon el porcentaje de acuerdo entre la TCHC y la radiografía periapical, y obtuvieron como media, pues eran tres los observadores que participaron en su estudio, un 59,5% de acuerdo entre ambos métodos, en una muestra de 61 dientes a los que se les realizaron los controles radiográficos un año después de la cirugía periapical. Si calculamos la misma tasa en nuestro estudio, el porcentaje de acuerdo entre la radiografía periapical y la TCHC fue del 70,5%, siendo un porcentaje superior al de von Arx. Esta diferencia podría deberse en parte al hecho de que ellos no dicotomizaron los resultados como en el presente estudio, es decir, visibilidad o no de área periapical, sino que contemplaban tres categorías, ausencia de radiotransparencia, radiotransparencia tipo cicatriz y radiotransparencia tipo lesión.

Si continuamos con este porcentaje de acuerdo entre la radiografía periapical y la TCHC, que sería el resultado de sumar los verdaderos positivos y los verdaderos negativos obtenidos por la radiografía periapical, Christiansen y cols.⁵⁶ obtuvieron un acuerdo del 67% durante el periodo de control que fue de un año, siendo un porcentaje bastante similar al nuestro. También calcularon el porcentaje de casos en los que solo la TCHC diagnostica la presencia del área, que serían los falsos negativos por parte de la radiografía periapical, y se obtuvo el 28%, que también es bastante similar al 26,7% que se obtuvo en nuestro estudio. Su tamaño muestral fue de 58 dientes.

Kruse y cols.³², en una muestra de 74 dientes presentaron un acuerdo entre la TCHC y la radiografía periapical del 73%, ligeramente superior al nuestro. En este caso el periodo de seguimiento fue muy superior a la media para este tipo de estudios, siendo de 7 años.

No se encontró ningún estudio que comparara tras la realización de la cirugía, la sensibilidad de la radiografía panorámica frente a la TCHC.

En el estudio de la sensibilidad durante el periodo de control para ambos métodos bidimensionales, no se encontraron diferencias significativas para los diferentes tipos de dientes, así como tampoco para ambas arcadas dentales. Sin embargo, durante el preoperatorio se habían observado diferencias significativas para el estudio de la sensibilidad entre ambas arcadas para la radiografía panorámica. Esta diferencia entre el preoperatorio y el período de control podría deberse al tamaño muestral, ya que en el preoperatorio era de 105 áreas periapicales, mientras que en el período de control era de 52 casos los que presentaban algún tipo de radiotransparencia.

En el período de control, debido a que parte de la muestra ya no tenía áreas periapicales se pudieron estudiar más valores que no habían podido ser analizados en el periodo preoperatorio.

Estos valores analizados fueron la especificidad, los valores predictivos positivo y negativo y la exactitud.

En cuanto a la especificidad, ambos métodos bidimensionales obtuvieron resultados excelentes, siendo de 0,981 para la radiografía periapical y de 0,962 para la radiografía panorámica. Lo que nos indica que la probabilidad de diagnosticar como sano un caso cuando realmente lo está, es casi del 100%. Sin embargo, para poder comparar valores como la especificidad, el valor predictivo positivo y negativo, no existe en la literatura artículos que estudien estos valores tras la realización de la cirugía periapical, por lo que solo los podemos comparar con los resultados de la literatura disponible que siempre son preoperatorios. Estrela ⁴¹ obtuvo valores muy similares para la especificidad calculada durante el preoperatorio, siendo de 0,98 para la radiografía periapical y de 1,00 para la radiografía panorámica. Patel ⁴⁰, Liang ²⁴¹ y Kanagasincam ²⁴², aunque estos son estudios in vitro con el corte histológico como gold standard, aportan también una especificidad muy elevada, siendo superior a 0,99. También Paula-Silva y cols. ²⁴³ obtuvieron una especificidad de 1,00 en su estudio sobre perros, previos a la realización de la cirugía periapical.

Nardi y cols. ⁸² aportan una especificidad alta para las radiografías panorámicas, aunque no tanto como las comentadas en el párrafo anterior, siendo de 0,94. Esta pequeña variación es muy probable que esté causada por el tamaño muestral, que fue de 480 radiografías panorámicas, y en ellas, la mitad no presentaban ninguna patología periapical.

Maddalone y cols. ²³² en su estudio sobre radiografías panorámicas, en el cual no distinguen si los dientes están endodonciados y siempre sin la cirugía periapical realizada, obtuvieron una especificidad de 0,99. Lo que confirma que el porcentaje de verdaderos negativos diagnosticados por la radiografía panorámica siempre es muy elevado.

En su estudio sobre cadáveres, Kruse y cols. ²⁴⁴, analizan dos muestras, una con dientes endodonciados y otra sin la endodoncia hecha. Sus resultados afirman que la exactitud diagnóstica de la TCHC depende del estado del diente, es decir, que para dientes no endodonciados, la exactitud diagnóstica es más alta que para los dientes endodonciados.

Además de la sensibilidad y especificidad también se calcularon los valores predictivo positivo y negativo, y la exactitud. También la radiografía periapical fue superior a la radiografía panorámica en estos tres valores. La radiografía periapical obtuvo 0,96, 0,63 y 0,70 respectivamente. Mientras que la radiografía panorámica obtuvo 0,90, 0,59 y 0,65.

Los valores predictivos proporcionan estimaciones de la probabilidad de la enfermedad, sería como decir, es la probabilidad de que la prueba diagnóstica entregue el diagnóstico correcto, si esta resulta positiva o negativa, también se podría decir que es la proporción de pacientes con la prueba diagnóstica positiva que efectivamente tienen la condición. El valor predictivo positivo es la probabilidad de que el paciente tenga la enfermedad cuando el test, bien la radiografía periapical o la panorámica, sea positivo; y el valor predictivo negativo se podría expresar como la probabilidad de que el individuo no tenga la condición en estudio tras dar negativo en el test, en nuestro caso que realmente no tenga ningún área periapical tras no observarse esta área en la radiografía. La exactitud es la probabilidad de que el resultado del test prediga correctamente la presencia o ausencia de la enfermedad ²⁴⁵.

En el estudio de las radiografías periapicales, de entre los autores que también aportan estos valores, Estrela y cols ⁴¹ obtuvo valores muy similares a los nuestros, aportando un Vpp de 0,98, un Vpn de 0,55 y una exactitud de 0,70, siendo solo un poco inferior el valor predictivo negativo. Todas las imágenes de estos autores son previas a la realización de la cirugía periapical. García de Paula-Silva ⁴⁴ reporta un Vpp muy inferior al nuestro en su estudio en perros, siendo de 0,25.

En la radiografía panorámica, Maddalone y cols. ²³² obtuvieron tasas similares en lo que a la VPP se refiere, de 0,90; pero la VPN y la exactitud en su estudio fueron superior a las nuestras, siendo 0,90 ambas también. Mientras que Estrela ⁴¹ y Nardi ^{82,246} obtuvieron un valor similar a nuestro estudio para la VPP, siendo cercano al 1, y valores bastante más inferiores para el VPN y la exactitud. Esta discrepancia podría deberse a la alta prevalencia de lesiones periapicales en los estudios de Estrela ⁴¹ y Nardi ^{82,246}, y también en el nuestro, en comparación al estudio de Maddalone.

Estrela y cols ⁴¹, al comparar la exactitud entre ambos métodos bidimensionales, 0,70 para la radiografía periapical y 0,55 para la radiografía panorámica, si encontraron diferencias significativas. Estas diferencias, no fueron encontradas en nuestro estudio, que aunque también la exactitud es superior para la periapical, no llega a ser significativa.

Sakhdari y cols. ²⁴⁷ compararon las radiografías periapicales con la TCHC, pero utilizando diferentes tamaños de voxel, que fueron de 200 μ , 250 μ y 300 μ . La mayor sensibilidad, especificidad, VPP y VPN fue para la TCHC realizada con un tamaño de voxel de 200 μ . Observaron que para los tamaños de 200 y 250 μ existían diferencias significativas en la sensibilidad y el VPN respecto a la TCHC de 300 μ y la radiografía periapical, pero no para la especificidad ni el VPP. Recordemos que en nuestro estudio el tamaño de voxel fue de 0,15 mm que equivale a 150 μ .

El área bajo la curva fue de $0,70 \pm 0,05$ para la radiografía periapical y de $0,65 \pm 0,05$ para la radiografía panorámica. Patel y cols.⁴⁰ obtuvieron un AUC de 0,79 para la radiografía periapical en su estudio in vitro. Aunque el “gold standard” no fue la TCHC, ellos si obtuvieron valores de 1 para la sensibilidad, especificidad, Vpp, Vpn y AUC, lo que parece validar aquellos estudios que consideran la TCHC como el gold standard. También Liang y cols.²⁴⁸ en su estudio in vitro demostraron la alta correlación entre los volúmenes medidos por la TCHC y las mediciones realizadas in situ con una réplica de silicona de esos volúmenes. Aunque otros autores como Kanagasincam y cols.²⁴², en su estudio también in vitro, obtuvieron tasas inferiores en la sensibilidad, el Vpn y la AUC para la TCHC, siendo de 0,89, 0,81 y 0,943 respectivamente. La especificidad y el Vpp si fueron de 1.

Los equipos actuales de TCHC pueden generar un volumen de datos 3D mediante la mitad (180°) o la rotación completa (360°) del pórtico de rayos X alrededor de la cabeza del paciente. Evidentemente, entre la rotación completa y la mitad de rotación, las proyecciones se reducen a casi la mitad, de 586 a 329 proyecciones; reduciéndose así también el tiempo de exposición a la mitad, por lo que la dosis de radiación se reduce también a la mitad²⁴⁹. Estudios recientes han demostrado que reduciendo el arco de rotación desde 360° a 180° se obtiene una exactitud diagnóstica similar para la detección de lesiones óseas creadas artificialmente¹⁰³ y también para la detección de reabsorción radicular externa²⁵⁰. La rotación utilizada para nuestro estudio fue de 180° .

7.3.2 Concordancia de las mediciones durante período de control

En las mediciones de las 105 áreas periapicales durante el postoperatorio, la radiografía periapical obtuvo una media de $2,9 \text{ mm}^2 \pm 6,69 \text{ mm}^2$, la radiografía panorámica de $2,29 \text{ mm}^2 \pm 6,17 \text{ mm}^2$, y la TCHC $21,75 \text{ mm}^3 \pm 45,65 \text{ mm}^3$. Al igual que en el preoperatorio se redujeron a medidas lineales para poder ser comparadas. Y los resultados en la comparación fueron similares al preoperatorio, obteniéndose diferencias significativas entre la TCHC y ambos métodos bidimensionales, registrándose valores superiores para la TCHC.

Tanomaru-Filho y cols.²⁵¹ también obtuvieron diferencias significativas al comparar los volúmenes medidos con las TCHC y las áreas medidas con las radiografías convencionales en 11 áreas periapicales de dientes anterosuperiores. Aunque sus mediciones son realizadas de manera diferente a la nuestra. Ellos miden la reducción a través de las tomografías realizadas entre 48 h tras la cirugía y 4 y 8 meses tras la misma, y lo comparan con la reducción observada en las radiografías periapicales realizadas en los mismos intervalos de tiempo. Comprueban que los porcentajes de reparación calculados sobre la TCHC son menores que los porcentajes

observados en la radiografía periapical, pero solo cuando comparan la relación en la curación producida entre el 4º y el 8º mes, no observando diferencias en las mediciones hechas las primeras 48 h y el 4º mes. Destacan que esto es debido a que la TCHC es más sensible a lesiones pequeñas, por lo que, en estadios más avanzados, donde las lesiones ya son más pequeñas y muchas veces la cortical ósea ya ha sido reparada, la TCHC es más exacta.

Schloss y cols.¹⁸ también comparan los volúmenes medidos en las TCHC y las áreas medidas en las radiografías periapicales, de una serie de 44 pacientes con 51 dientes con áreas periapicales. Ellos también comparan proporciones, es decir, la cantidad de reducción observada entre el preoperatorio y el periodo de control, tanto para la TCHC como para la radiografía periapical.

Al calcular la relación entre las mediciones de los diferentes métodos, vemos que las mediciones durante el período de control de la TCHC eran un 104% más grandes que las mediciones obtenidas con la radiografía periapical, y un 154% más grandes que las realizadas con la radiografía panorámica. Hay una gran diferencia entre ambos porcentajes recogidos durante el preoperatorio, que eran de 36 y 53% respectivamente. Esta diferencia viene marcada por dos factores, en primer lugar, el porcentaje de falsos negativos por parte de las radiografías bidimensionales es mayor que durante el período preoperatorio para ambos métodos, y en segundo lugar porque ahora las lesiones son bastante más pequeñas como media, por lo que la diferencia entre la medición realizada por la TCHC y la realizada por la radiografía, periapical o panorámica, tiene una relación diferente.

Respecto a la correlación, lo mismo que en el preoperatorio, los 3 métodos tampoco podían considerarse como concordantes. Si se observa cierta correlación entre la radiografía periapical y la TCHC, pero lejos de la concordancia.

E.g. Jorge y cols.²⁵² en su estudio sobre 11 dientes anteriores, si encontraron una alta correlación entre la radiografía periapical y la TCHC. En su estudio comparaban, las mediciones realizadas en tres momentos tras la realización de la cirugía, 48 horas, 4 meses y 8 meses. Y encontraban una alta correlación entre los tres métodos. Pero no especifican en cuál de los tres momentos se estudia esa correlación.

7.4 Evaluación de los cambios óseos producidos

Preoperatoriamente, el volumen medio de las lesiones era de 141 mm³, y de 22 mm³ durante el periodo de control. La reducción media fue de 119 mm³. Estos cambios en el volumen medio fueron estadísticamente significativos. La reducción porcentual media fue de 69%.

Del total de los 105 casos, hubo 11 en los que se incrementó el volumen de la lesión periapical, estos once casos tenían un volumen medio de 71 mm³ durante el periodo de control.

Aunque hubiera sido lo ideal hacer los controles radiográficos todos en el mismo tiempo, debido a la gran diversidad geográfica de los pacientes no fue posible unificar los tiempos. Aunque en la literatura, es frecuente cada vez más, encontrar artículos donde los tiempos de control de los pacientes no son siempre igual, sino que oscilan dentro de un periodo de tiempo ^{17,18,198,253}. Es más, Zuolo y cols. ²⁰³ no encuentran diferencias estadísticas en el éxito de su muestra compuesta por 102 casos en cuanto a los periodos de evaluación, realizando controles a los diferentes casos en periodos que fluctuaban entre un año y cuatro.

Schloss y cols. ¹⁸, cuyo estudio es muy similar, obtienen una reducción porcentual media del volumen superior al nuestro, de 83,7%. Este aumento puede ser por varios factores. Su volumen medio preoperatorio es bastante inferior, siendo de 95,34 mm³, mientras que el nuestro era de 141,1 mm³. También podría explicarse porque el tiempo medio de evaluación para ellos fue de 23,7 meses, mientras que el nuestro fue de 21 meses, siendo casi tres meses la diferencia. Además, ellos incluyen los casos a partir de los 12 meses como mínimo desde la realización de la cirugía periapical, mientras que nosotros los incluíamos a partir de los 6 meses, siendo esta una diferencia notable. También sería posible que el conjunto de su muestra evolucionara más favorablemente que nuestra muestra, pues de los 51 dientes que componían su muestra, 4 casos tuvieron un incremento del volumen inicial, lo que supone un 7,5% de la muestra, mientras que en nuestro caso fueron 11, que supone un 9,5% de la muestra.

Curtis y cols. ¹⁹⁸ presentan una tasa media de reducción de volumen de 95%. Esta tasa tan elevada puede ser porque tenían 12 dientes (un 27% de la muestra) que no presentaban ningún área periapical previa, y que permanecen invariables tras la cirugía, mientras que en nuestro estudio todos los casos tenían un volumen preoperatorio. También su tiempo mínimo de evaluación fue de 12 meses.

Parmar y cols. ¹⁹⁴ incluyen 30 pacientes, y dividen la muestra en dos grupos de 15, en un grupo no utilizan ningún tipo de regeneración, y en el 2º grupo usan membrana de colágeno para la perforación de la cortical pues en su muestra, todas las lesiones eran con perforación de ambas corticales, la vestibular y la palatina. Las TCHCs de control las hicieron todas a los 12 meses, para ambos grupos, y no obtuvieron diferencias significativas, a pesar de que el grupo de la membrana partía de un volumen bastante superior. Tanto el volumen preoperatorio medio, de 1095 mm³ para el grupo control y de 1707 mm³ para el grupo de la regeneración con membrana, como el volumen postoperatorio, de 174 mm³ y 324 mm³ respectivamente, fueron siempre

superiores a nuestra muestra. Es lógico que sea muy superior pues se trata de lesiones con perforación bicortical, además de que definir los bordes de la lesión en estos casos es bastante impreciso. Todas las TCHCs de control se hicieron a los 12 meses, siendo un tiempo insuficiente para este tipo de lesiones. Además, calculan el área en radiografías periapicales, obteniéndose igualmente áreas mayores que nosotros, aunque ellos no comparan las mediciones entre sí.

En nuestro estudio se observa que las variables volumen preoperatorio y la reducción porcentual conseguida no están correlacionadas ($r = -0,06$, $p = 0,567$). Es decir, que el porcentaje de volumen que disminuye cada área periapical por mes no está relacionado con el volumen inicial o preoperatorio.

Con el análisis realizado también se pudo concluir que la reducción de volumen que se producía por mes, en porcentajes fue del 3,9%. Esta es similar para cualquier volumen preoperatorio.

Estos dos hallazgos no se encuentran en la literatura por lo que no pueden ser discutidos, aunque resultaría interesante.

7.4.1 Relación factores preoperatorios-reducción porcentual de volumen

De todos los factores relacionados con el paciente y con el diente, solo la perforación de la cortical, previa a la cirugía, influyó en la tasa porcentual de remisión de volumen, de manera que cuando la cortical estaba intacta los valores de reducción porcentual fueron más importantes. O dicho de otra manera, ante una cortical intacta preoperatoriamente, la cicatrización ósea era más rápida.

El estudio de la velocidad de cicatrización y su relación con diferentes factores preoperatorios, no se contempla en la literatura científica, o no ha sido encontrado. Si está ampliamente estudiado cualquier factor que pueda influir en el resultado final de la cirugía apical.

7.5 Aplicación de los criterios de Molven

Del total de la muestra, si dicotomizamos los criterios de Rud ¹⁷⁴ y Molven ¹⁷⁷, el 89,5% de la muestra obtuvo una cicatrización satisfactoria, y el 10,5 % fue clasificado como no cicatrizado.

von Arx y cols. ¹³ obtuvieron un 83% de éxito (entre cicatrización completa e incompleta) utilizando la misma escala en una muestra de 177 dientes que fueron evaluados tras un año de la cirugía periapical. En otro estudio realizado por los mismos autores ¹² la tasa de éxito fue inferior, siendo de 75,9%, pero en este estudio el tiempo de evaluación fue muy superior, toda la muestra fue evaluada a los 5 años.

Kruse y cols.²⁵⁴, tras el estudio con radiografías periapicales, obtuvieron un éxito del 84% en una muestra de 19 dientes a los que aplicaron MTA, a los 6 años de control; tasas inferiores obtuvieron en otra muestra analizada en el mismo estudio, en el que no utilizaron MTA, sino que solo pulieron la gutapercha, obteniendo un 55% de éxito. También analizaron la curación al año de la cirugía, y vieron que las tasas de curación eran inferiores en el primer control, el del año que, en el 2º control, el de los 6 años; lo que nos podría hacer pensar que dejar el control de la cirugía periapical al año podría llevarnos a considerar tasas de éxito equivocadas. En otro estudio realizado por los mismos autores³² obtienen tasas muy inferiores tras analizar una muestra de 74 pacientes después de 7 años, aunque no especifica que material retrogrado de obturación se usó ni la técnica utilizada; a los 7 años de seguimiento realizan radiografías periapicales y TCHC, y según el método radiodiagnóstico obtienen 81,1% y 56,8% de cicatrización exitosa respectivamente, según la escala de Molven.

Tasas superiores observan Peñarrocha y cols.¹⁷³, que obtuvieron un 94,5% de éxito, unificando un 73,9% de cicatrización completa y un 20,6% de incompleta. Su tasa es superior a la nuestra en cuanto a la suma de cicatrización completa e incompleta. En cambio, en nuestro estudio la cantidad de casos contabilizados como cicatrización completa, fue superior siendo del 81,9%.

Ortega-Sanchez y cols.²⁰² en otro estudio sobre 37 casos, tuvo un 85,5% de casos cicatrizados, cuando se evaluaron al año con las radiografías panorámicas. Además, analizan las radiografías panorámicas a los 6 meses, y podemos observar que los porcentajes considerados de casos cicatrizados disminuyen considerablemente, siendo de 70,4%. Viendo esto, podríamos pensar que, en la evaluación de nuestra muestra, la inclusión de aquellos casos en los cuales el periodo de control es inferior a once meses, podría empujarnos a considerar más casos como fracasos.

Kang y cols.²⁵⁵ obtienen resultados utilizando también los criterios de Molven, y relacionando los resultados con las características anatómicas de los ápices radiculares, como son el número de ramificaciones del nervio a nivel apical y el tamaño del foramen apical, sin obtener relación alguna. Su porcentaje de casos considerados como exitosos fue del 91,9% según los criterios de Molven.

Resultados excepcionales presentan Christiansen y cols.²⁵⁶ en un ensayo clínico aleatorizado en el que comparan dos grupos, uno en el que se usó MTA y otro en el que solo se dejó la gutapercha pulida, obteniendo un 100% de cicatrización exitosa para el MTA frente a una cicatrización bastante menos exitosa para el otro grupo. Aunque se trata de un grupo muy reducido, 25 casos, resulta curioso tasas de 100% de éxito.

Aunque la clasificación del éxito atendiendo a los criterios de Molven no es muy frecuente, pues en la mayoría de las ocasiones también se asocia a clasificaciones clínicas como la clasificación de Gutmann y Harrison ¹⁷⁹ y la clasificación de Friedman ¹⁸¹.

7.6 Aplicación de los criterios de von Arx y Kurt

Al aplicar estos criterios los porcentajes de éxito disminuyeron considerablemente, considerándose como éxito un 65,7%, como mejoría 5,7% y como fracaso 28,6%. Jadun y cols. ¹⁶⁰ en su artículo de revisión, ya comentan la diferencia que existe entre los porcentajes de éxito en los diferentes artículos, cuando se utilizan criterios más laxos o por el contrario cuando se trata de criterios más estrictos.

Peñarrocha y cols. ¹⁷³ en su estudio con 278 pacientes, la tasa de casos considerada como éxitos fue similar a la nuestra, del 62,1%, siendo superior los casos considerados como mejoría, del 22,9%. En otro estudio posterior publicado por el mismo autor en 2011 ²⁵⁷, durante el control realizado a los 12 meses sobre una muestra de 178 lesiones, el 57,3% se consideró como cicatrización exitosa, el 29,2% mostró mejoría y el 13,5% fue considerado como fracaso.

Ortega-Sánchez y cols. ²⁰² también analizan los resultados a los 6 y a los 12 meses, observándose que hay una gran diferencia entre los porcentajes considerados como éxito entre ambos periodos de tiempo, siendo de 40,3% a los 6 meses y del 73,1% a los 12. En nuestro trabajo, hay 16 casos cuyo control se hizo antes de los 11 meses, siendo un 15% de la muestra total, lo que supone un porcentaje importante, esto pudo influir en la disminución de los casos considerados como cicatrización exitosa en la aplicación de los criterios de von Arx y Kurt.

Von Arx y cols. ¹⁹⁹ obtienen tasas muy superiores a las nuestras en un estudio realizado con 61 dientes, con un 76% de los casos considerados como éxito, un 21,3% como mejoría y el 2,7% como fracaso, en este caso los controles se realizaron al año.

El problema que se presenta en la valoración de estos síntomas y en parte también de los signos, es que dependen en gran medida del juicio del paciente y del evaluador, pudiendo verse afectados negativamente ante pacientes menos optimistas o evaluadores más estrictos.

7.7 Aplicación de Criterios de Penn 3D modificado

Según esta clasificación estrictamente radiológica, la cicatrización exitosa, que aúna la cicatrización completa y la limitada, fue del 90,4%. Y se consideró como cicatrización fracasada el 9,6%.

Parmar y cols.¹⁹⁴ sobre 30 pacientes y tras aplicar los criterios de Penn 3D Modificados, obtuvieron un 87% de cicatrización exitosa frente a un 13% de fracasos. Su tasa de fracasos, pese a ser un estudio reciente, es ligeramente superior pues se trataba de casos con perforación de ambas corticales, como se ha mencionado anteriormente.

Dhamija y cols.²⁵⁸ crearon dos grupos en los que la diferencia entre ambos fue la regeneración de la cavidad tras la cirugía con PRP (plasma rico en plaquetas), y tras la aplicación de los criterios Penn 3D modificados, los resultados fueron 87,5% de éxito para el grupo en el que se utilizó el PRP y 50% de éxito para el grupo control; obteniéndose diferencias significativas.

Schloss y cols.¹⁸ obtuvieron una cicatrización exitosa del 92,2%.

7.7.1 Relación factores preoperatorios-estado cicatricial

En cuanto al estudio de la relación entre los factores preoperatorios, relacionados con el paciente y con el diente, y las tasas de éxito según los criterios de Criterios de Penn 3D modificados, en ninguno de ellos encontró una relación significativa, a excepción de sexo. Se observó que las tasas de éxito para los hombres fueron mayores que para las mujeres, aunque esto puede estar influido por el hecho de que el número de mujeres también era significativamente mayor que el de los hombres.

En el metanálisis realizado por von Arx y cols.²⁸, al analizar la relación entre el sexo del paciente y el éxito de la cirugía entre los diferentes trabajos que habían estudiado esta relación, no encontraron en ninguno de ellos una relación significativa entre ambos factores.

Christiansen y cols.²⁵⁶ en su estudio en el que tenían dos grupos, uno con MTA y otro en el que dejaban solo la gutapercha pulida, encontraron que los dientes sin una fenestración de la cortical ósea previa a la cirugía periapical obtuvieron mejores tasas de éxito que los dientes que presentaban una perforación previa. El resto de los factores preoperatorios como fueron historia de dolor, tamaño del área, poste, profundidad de sondaje o inflamación de la encía, no guardaron ninguna relación estadística con el resultado de la cirugía periapical. En cambio, en nuestro estudio, la perforación previa de la cortical no mostró tasas de éxito inferiores.

Kim y cols.¹⁷ estudiaron la relación de los siguientes factores preoperatorios con el resultado de la cirugía: diámetros mesiodistal, apicocoronal y bucolingual de la lesión, volumen total preoperatorio, destrucción de la cortical y altura de la cortical vestibular hasta la lesión. Solo obtuvieron resultados significativos para el volumen preoperatorio, observando que las lesiones que tenían un volumen mayor de 50 mm³ presentaban tasas de éxito inferiores.

Curtis y cols.¹⁹⁸ tampoco hallaron ninguna relación entre los factores estudiados y los resultados de la cirugía. Ellos estudiaron la presencia de dolor previo a la cirugía, profundidad de sondaje mayor a 4 mm, presencia de fístula o canales radiculares no obturados, tipo de material de obturación y también la presencia de materiales de regeneración.

von Arx¹², en otro estudio solo con radiografías periapicales, a los 5 años de control solo observaron dos factores que influían significativamente en el resultado de la cirugía, la altura de la cresta ósea en interproximal y la retroobturación de MTA frente a SuperEBA. Ellos observaron que, si la cresta ósea estaba a menos de 3 mm de la unión amelocementaria, la cantidad de casos cicatrizados era mayor que si la distancia era mayor de 3 mm, no fue así en nuestro trabajo. Y respecto al material de obturación, el porcentaje de casos cicatrizados en los que se utilizó MTA fue mayor que en los que se utilizó el superEBA. La misma muestra estudiada al año de la cirugía¹⁸⁹, demostró tener relevancia estadística en el estudio de aquellos pacientes con dolor inicial y con la presencia de otros signos y síntomas previos a la cirugía, significancia no encontrada en nuestro estudio. En esta muestra revisada al año, se observó que los pacientes no fumadores no presentaban diferencias en la cicatrización, al igual que nosotros.

Tampoco Zuolo y cols.²⁰³ encontraron ninguna significancia en cuanto a la edad y género del paciente, ni en el tipo de diente, en el estudio del pronóstico de la cirugía periapical. Si se observa en su estudio que el género masculino tiene un porcentaje de éxito ligeramente inferior al femenino, pero sin significancia estadística.

Rahbaran y cols.²⁵⁹ analizaron los resultados de la cirugía con relación a los siguientes factores: edad del paciente, tipo de diente, cirugía periapical previa, medicación postoperatoria, signos y síntomas previos, tamaño previo del área periapical y características de la obturación endodóntica. Y no encontraron ninguna significancia estadística.

En nuestro estudio, no se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tipos de dientes en lo que a la curación se refiere, aunque si se observó en el periodo de control que, las áreas correspondientes a los molares, incluyendo superiores e inferiores, seguían siendo más visibles que el resto de los dientes, con significancia estadística. Conclusiones similares obtuvieron von Arx y cols. en su metanálisis²⁸, pues en él comentan que los dientes anteriores, tanto maxilares como mandibulares, mostraban tasas de cicatrización más altas que los dientes posteriores.

7.8 Comparación entre sí de las diferentes escalas de evaluación de la cicatrización

Al comparar los criterios de Molven con los de Criterios de Penn 3D modificados se observaron diferencias significativas cuando se tienen en cuenta los cuatro grupos de la clasificación, es decir, sin dicotomizar en éxito o fracaso. Se observó que con la TCHC la evaluación era menos optimista; el 20% de los casos fue considerado como cicatrización completa para Molven, pero como cicatrización limitada para los criterios Penn 3D modificados. Aunque al dicotomizar, no hubo diferencias significativas entre ambas clasificaciones.

Parmar y cols.¹⁹⁴ dicotomizan como éxito y fracaso ambos criterios, y tampoco encontraron diferencias significativas. En cambio, Dhamija y cols.²⁵⁸ si encontraron diferencias al comparar los criterios de Molven y Penn 3D Modificados, observando que en la aplicación de los criterios Molven sobre las radiografías periapicales, los casos considerados como exitosos eran mucho mayor.

Schloss y cols.¹⁸ también calculan la media obtenida tras la aplicación de ambos criterios, obteniendo 1,29 y 1,49 respectivamente. Siendo estas cifras muy similares a las nuestras, que fueron de 1,34 y 1,56. Las cifras varían un poco pues ellos, al dicotomizar entre éxito y fracaso obtuvieron para la radiografía periapical 1,15 y 3,00 (éxito y fracaso) y 1,30 y 3,75 para la TCHC; en el presente estudio las medias obtenidas fueron superiores, indicando más casos considerados como clase 4, que los considerados como clase 3.

Mayor porcentaje de acuerdo en la comparación de ambos métodos obtuvieron Kang y cols.²⁶⁰, siendo del 87.6%, en comparación al 71.4% en el presente estudio. Para ambos trabajos se observa la alta prevalencia de casos considerados como cicatrización limitada para Penn 3D modificada, y sin embargo considerados como completa para los criterios de Molven. También obtienen en su estudio la media para la puntuación en las escalas de Molven y Penn 3D modificada, siendo de 1,49 y 1,61 respectivamente. Ambas medias son superiores a las nuestras y con diferencias significativas

Kruse y cols.³² utilizaron en cambio los criterios de Molven también para la TCHC. En el 27% de los casos, la puntuación fue diferente para ambas técnicas radiográficas. En su artículo, también dicotomizaron, y de los 20 casos en los que la clasificación fue diferente para ambas técnicas radiológicas, 19 fueron clasificados como éxito por la radiografía periapical, mientras que solo un caso se clasificó como fracaso por la radiografía periapical, y como éxito por la TCHC.

No se ha encontrado ningún trabajo en la literatura científica en el que se comparen los criterios de von Arx y Kurt con los criterios de Penn 3D modificados. Esto podría ser debido a que esta comparación es un poco controvertida, pues en la clasificación de von Arx introducen criterios clínicos mientras que en la de Penn no, por lo que ambas clasificaciones podrían considerarse no compatibles entre sí, o también podría deberse al hecho de que la escala Penn es relativamente nueva. Pese a esto, si los comparamos, observamos que los criterios planteados por von Arx y Kurt ¹⁸⁰ son mucho más estrictos, considerando como fracasos muchos de los casos clasificados como cicatrización completa o limitada por los criterios de Penn 3D modificados. Sí encontramos en la literatura científica algunos artículos que aplican los criterios radiológicos de Molven y los criterios clínicos de von Arx y Kurt, combinándolos en una sola clasificación, por lo que no pueden ser comparados entre sí.

7.9 Engrosamiento de la membrana sinusal en el período de control

En el período de control se observó una disminución significativa del engrosamiento de la membrana sinusal, disminuyendo en gran medida los casos considerados como patológicos desde el punto de vista sinusal. La media obtenida en el período de control ya no se consideró como patológica, siendo inferior a los 2 mm; mientras que la media preoperatoria estaba en torno a los 3,5 mm. La reducción media obtenida fue del 47,3%. Y no se encontraron diferencias significativas entre ambos sexos.

A día de hoy solo se ha encontrado un estudio en la bibliografía que analizara los cambios producidos en la membrana sinusal tras la realización de la cirugía periapical. Kamburoglü y cols. ¹⁵ en su estudio, analizaron una muestra compuesta por 21 molares superiores a los que se les realizó la cirugía periapical. En él observaron al año de la cirugía, una disminución significativa del engrosamiento de la membrana, también estudiado a través de la TCHC, obteniendo una tasa de reducción para el engrosamiento sinusal del 53%, bastante similar a la nuestra. También ellos estudiaron si la relación de algunos factores del paciente tuvo alguna influencia en esta disminución del engrosamiento sinusal, y observaron que ni el sexo ni la edad influyeron. Sin embargo, en su estudio la media de engrosamiento sinusal durante el periodo de control fue de 3,03mm, la cual podría seguir considerándose patológica. Es posible que esta media sea más alta a la nuestra porque ellos realizan el control al año de la cirugía, mientras que en este estudio esta medida se contempla entre 6 y 48 meses, pudiendo haber disminuido bastante más. En su artículo descubren que no se observa ninguna relación entre la cantidad de reducción de volumen del área y la disminución de engrosamiento durante el control.

7.10 Justificación de la metodología empleada y limitaciones del estudio

Los estudios prospectivos le dan la oportunidad al investigador de medir las variables de manera completa, precisa y confiable, lo que redundaría en una investigación con pocos sesgos. En cambio, en un estudio retrospectivo, la evaluación de la exposición a los factores de riesgo será menos fiable que la de los estudios prospectivos y dependerá de los datos colectados y el registro del desenlace. Es por ello por lo que parece más fiable el estudio prospectivo. En el tema que nos ocupa, mayoritariamente los estudios son prospectivos ^{12,13,16,23,199,201,261}, siendo menos frecuentes los retrospectivos ^{17,18}. Pero se hizo así pues la disponibilidad de la investigadora principal para la selección de los pacientes estaba limitada, no disponiendo de mucho tiempo por motivos laborales. Así se hizo un estudio retrospectivo, recogiendo la información sobre pacientes de una base de datos disponible en la universidad. Los datos recogidos de cada paciente eran datos recopilados de manera sistemática al hacer el tratamiento y seguimiento del paciente, y solo unos pocos datos, que además eran fácilmente recordables por el paciente, se recogieron a posteriori mediante revisiones y llamadas telefónicas.

Por otro lado, se podría pensar que los pacientes incluidos podrían estar sesgados, porque fueron todos atendidos en una misma clínica, y podría no representar una muestra aleatorizada de la población adulta valenciana. Pero si es verdad que el doctor que realizó las intervenciones quirúrgicas es un referente a nivel nacional en cuanto a cirugía periapical, por lo que los pacientes eran derivados de varias clínicas situadas en diferentes poblaciones del territorio nacional, minimizando así este sesgo. Además, la selección de los pacientes en otros estudios similares se hace en todos ellos de manera similar, por lo que existen multitud de estudios que avalan la selección de pacientes realizada ^{13,200}.

En cuanto al estudio del engrosamiento sinusal, se estudió si el engrosamiento sinusal guardaba relación alguna con el tamaño inicial del área periapical, y se estudió también la relación entre el engrosamiento y la cercanía de la lesión al seno. Aunque el tamaño muestral disminuyó bastante siendo de 37 dientes, lo que hizo disminuir la potencia estadística, siendo menor que la potencia para el resto de las variables analizadas. Muchos de los artículos que analizan la relación entre el seno maxilar y la patología periapical poseen tamaños muestrales más grandes ^{192,205,211,212}.

Las mediciones de las áreas periapicales en las radiografías y los volúmenes en las TCHCs se hicieron de manera conjunta entre dos examinadores, aunque previamente se calculó el coeficiente de correlación intraclase entre ellos dos, obteniéndose buenos resultados para las mediciones realizadas en los tres métodos radiográficos. Hay un artículo que realiza todas las

mediciones por duplicado ¹⁷, aunque no comenta como saca el valor final, si con la media de ambas mediciones o como lo hace. Es posible que realizar todas las mediciones por ambos examinadores de manera independiente y después sacar la media, proporcione mediciones más certeras, pero también es verdad, que, si uno de los dos examinadores tiende a realizar las mediciones más grandes o pequeñas como norma, todas las mediciones estarán infra o sobre estimadas. Mientras que, si se hacen conjuntamente, los límites serán constantemente discutidos entre ambos examinadores, existiendo la posibilidad de que un examinador corrija al otro y se obtengan mediciones más verídicas.

Respecto a los tres métodos radiográficos, se podría plantear si el uso de la radiografía panorámica en este estudio era necesario, pues claro está, supone un incremento de la radiación del paciente. Pero sigue siendo un método radiográfico muy utilizado actualmente, sobre todo como método diagnóstico inicial, ya que es muy habitual realizar una radiografía panorámica en la primera cita del paciente, para tener una visión global de la boca o también se hace como protocolo en todos los pacientes a los que se les va a someter a un tratamiento ortodóncico. Así pues, por su uso habitual hoy en día en muchas consultas, se vio interesante conocer si las mediciones en este método radiográfico estaban, como norma, distorsionadas o no.

Se ha comentado en párrafos anteriores que lo ideal hubiera sido hacer los controles radiográficos todos al mismo tiempo, es decir, tras un período de tiempo fijo después de la realización de la cirugía, que fuera común para toda la muestra, pero esto no fue posible porque los pacientes eran en su mayoría referidos, y venían de distintas partes geográficas. Aunque como también se ha dicho anteriormente, este tipo de muestras, con distintos tiempos de revisión, son cada vez más frecuentes en la literatura científica ^{17,18,199,254}. Además, se ha demostrado en algunos trabajos que los casos que se determinan como exitosos o fracasados entre 6 y 12 meses, demuestran el mismo patrón de curación después de períodos de seguimiento más prolongados ^{175,263,264}. Lo que refuerza los tiempos de seguimiento manejados por nuestro estudio, al menos en lo que al análisis de la sensibilidad diagnóstica se refiere.

También el estudio de la velocidad de cicatrización, obtenido en mm^3/mes , puede estar distorsionado, posiblemente infraestimado. Pues muchas de las TCHCs que se han realizado en este estudio, y a partir de las cuales hemos obtenido la tasa, estarían cicatrizados algunos meses antes de la realización de la TCHC, disminuyendo así la tasa de cicatrización estimada. Puede ser que eliminar estos casos totalmente cicatrizados para la obtención de esta tasa hubiera sido lo mejor, pero por otro lado también hubieran disminuido mucho los casos disponibles para calcular esta tasa media de cicatrización. Lo ideal hubiera sido tener una muestra muy amplia,

con casos parcialmente cicatrizados, donde poder medir la velocidad de cicatrización, ya que si están totalmente cicatrizados disminuyen el valor absoluto de la tasa de cicatrización.

Por último, se podría plantear la veracidad de las mediciones realizadas sobre la TCHC y también el estudio de la sensibilidad tomando la TCHC como gold standard, tanto durante el preoperatorio como en el período de control. Se han comentado anteriormente, algunos estudios in vitro o sobre animales donde se comparan las mediciones realizadas in situ con las obtenidas a través de la TCHC ^{235,236,249,265,266}, y todos ellos corroboran la veracidad de las mediciones realizadas sobre la TCHC. En cuanto al estudio de la sensibilidad, en el caso de las imágenes preoperatorias se comprobó durante la cirugía que sí existía una lesión periapical, además se corroboró cuando se enviaban al análisis histológico, verificando así la visibilidad por parte de la TCHC de las 105 lesiones periapicales; y durante el postoperatorio, nada se puede hacer para comprobar si las áreas vistas por la TCHC son reales o no, o si algún resto de área periapical no hubiera sido visto por la TCHC, pues no sería ético volver a operar al paciente para comprobar si aún existen restos del área periapical en cicatrización o se trata de un falso diagnóstico por parte de la TCHC. Además, existen varios estudios previos que sitúan a la TCHC como gold standard ^{47,59,83,135,136} reafirmando nuestro estudio. También Dutra en su metanálisis ¹ confirma excelentes resultados para la TCHC tomando el corte histológico como gold standard.

8.CONCLUSIONES

8. CONCLUSIONES

Conclusiones principales:

1. En la curación ósea tras la cirugía periapical, mediante la TCHC:

1.1. Se observó una reducción significativa, del 68,8%, en el volumen de las TCHC de control respecto a las TCHC preoperatorias. A mayor tiempo entre ambas tomografías mayor porcentaje de reducción del área periapical en la tomografía de control.

1.2. En relación a los factores del paciente y la curación ósea, solo el sexo obtuvo resultados significativos, y fue mayor en los hombres. No existió relación entre la velocidad de curación y los factores del paciente.

1.3. La curación final no se vio significativamente afectada por ninguno de los factores relacionados con el diente, aunque sí curaron más rápidamente los casos con la tabla ósea intacta.

2. Considerándose la TCHC como “gold Standard” se obtuvo una sensibilidad mayor en la radiografía periapical que en la radiografía panorámica; quedando en todo momento y para ambos métodos bidimensionales, sensibilidades muy inferiores al 1. Se observó una mayor sensibilidad diagnóstica en el preoperatorio que durante el período de control.

Conclusiones secundarias:

1. Las lesiones con una distancia menor de 1 mm hasta el seno maxilar presentaban un mayor engrosamiento de la membrana sinusal que aquellas con una distancia mayor a 1 mm, durante el preoperatorio.

2. El engrosamiento de la membrana sinusal observado en la TCHC fue significativamente menor en el período de control que en el preoperatorio.

9.BIBLIOGRAFÍA

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Leonardi Dutra K, Haas L, Porporatti AL, Flores-Mir C, Nascimento Santos J, Mezzomo LA, et al. Diagnostic Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Conventional Radiography on Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2016;42:356–64.
2. Liang Y-H, Jiang L-M, Jiang L, Chen X-B, Liu Y-Y, Tian F-C, et al. Radiographic Healing after a Root Canal Treatment Performed in Single-rooted Teeth with and without Ultrasonic Activation of the Irrigant: A Randomized Controlled Trial. *J Endod.* 2013;39:1218–25.
3. Siqueira JF Jr, Rôças IN, Ricucci D, Hülsmann M. Causes and management of post-treatment apical periodontitis. *Br Dent J.* 2014;216:305-12.
4. 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;37:151–7.
5. Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod.* 1997;23:5-14.
6. Peñarrocha Diago M, Valsameda Castellón E, García Mira B, Liñares Sixto JM, Segura Egea JJ, Cervera Ballester J, et al. Cirugía periapical: indicaciones y técnica quirúrgica. *Medicina Oral S.L.* 2017. Pag. 19.
7. von Arx T. Failed Root Canals: The Case for Apicoectomy (Periradicular Surgery). *J Oral Maxillofac Surg.* 2005;63:832–7.
8. Setzer FC, Kohli MR, Shah SB, Karabucak B, Kim S. Outcome of Endodontic Surgery: A Meta-analysis of the Literature—Part 2: Comparison of Endodontic Microsurgical Techniques with and without the Use of Higher Magnification. *J Endod.* 2012;38:1–10.
9. Kang M, In Jung H, Song M, Kim SY, Kim H-C, Kim E. Outcome of nonsurgical retreatment and endodontic microsurgery: a meta-analysis. *Clin Oral Investig.* 2015;19:569–82.
10. Tsesis I, Rosen E, Taschieri S, Telishevsky Strauss Y, Ceresoli V, Del Fabbro M. Outcomes of Surgical Endodontic Treatment Performed by a Modern Technique: An Updated Meta-analysis of the Literature. *J Endod.* 2013;39:332–9.
11. Setzer FC, Shah SB, Kohli MR, Karabucak B, Kim S. 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.
12. von Arx T, Jensen SS, Hänni S, Friedman S, H€E Anni S, Friedman S. Five-Year Longitudinal Assessment of the Prognosis of Apical Microsurgery. *J Endod.* 2012;38:570–9.
13. von Arx T, Hänni S, Jensen SS. Correlation of Bone Defect Dimensions with Healing Outcome One Year after Apical Surgery. *J Endod.* 2007;33:1044–8.
14. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JM dos SN, Spin-Neto R, Goncalves M. Periapical repair following endodontic surgery: two- and three-dimensional imaging evaluation methods. *Braz Dent J.* 2015;26:69–74.

15. Kamburoğlu K, Yılmaz F, Gulsahi K, Gulen O, Gulsahi A. Change in Periapical Lesion and Adjacent Mucosal Thickening Dimensions One Year after Endodontic Treatment: Volumetric Cone-beam Computed Tomography Assessment. *J Endod.* 2017;43:218–24.
16. Nur Kurt S, Erdogan ur, Evlice B, Yoldas O. Outcomes of Periradicular Surgery of Maxillary First Molars Using a Vestibular Approach: A Prospective, Clinical Study With One Year of Follow-Up. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72:1049–61.
17. Kim D, Ku H, Nam T, Yoon T-C, Lee C-Y, Kim E. Influence of Size and Volume of Periapical Lesions on the Outcome of Endodontic Microsurgery: 3-Dimensional Analysis Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2016;42:1196–201.
18. Schloss T, Sonntag D, Kohli MR, Setzer FC. A Comparison of 2- and 3-dimensional Healing Assessment after Endodontic Surgery Using Cone-beam Computed Tomographic Volumes or Periapical Radiographs. *J Endod.* 2017;43:1072–9.
19. Melcher AH. On the Repair Potential of Periodontal Tissues. *J Periodontol.* 1976;47:256–60.
20. Carrillo C, Peñarrocha M, Bagán JV, Vera F. Relationship Between Histological Diagnosis and Evolution of 70 Periapical Lesions at 12 Months, Treated by Periapical Surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66:1606–9.
21. Carrillo C, Penarrocha M, Ortega B, Martí E, Bagán JV, Vera F. Correlation of Radiographic Size and the Presence of Radiopaque Lamina With Histological Findings in 70 Periapical Lesions. *J Oral Maxillofac Surg.* 2008;66:1600–5.
22. Çalışkan MK, Tekin U, Kaval ME, Solmaz MC. The outcome of apical microsurgery using MTA as the root-end filling material: 2- to 6-year follow-up study. *Int Endod J.* 2016;49:245–54.
23. Peñarrocha M, Martí E, García B, Gay C. Relationship of Periapical Lesion Radiologic Size, Apical Resection, and Retrograde Filling With the Prognosis of Periapical Surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65:1526–9.
24. Wang N, Knight K, Dao T, Friedman S. Treatment outcome in endodontics-The Toronto Study. Phases I and II: apical surgery. *J Endod.* 2004;30:751–61.
25. von Arx T, Jensen SS, Hänni S. Clinical and Radiographic Assessment of Various Predictors for Healing Outcome 1 Year After Periapical Surgery. *J Endod.* 2007;33:123–8.
26. Villa-Machado PA, Botero-Ramírez X, Tobón-Arroyave SI. Retrospective follow-up assessment of prognostic variables associated with the outcome of periradicular surgery. *Int Endod J.* 2013;46:1063-76
27. Wälivaara D-Å, Abrahamsson P, Fogelin M, Isaksson S. Super-EBA and IRM as root-end fillings in periapical surgery with ultrasonic preparation: a prospective randomized clinical study of 206 consecutive teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112:258–63.
28. von Arx T, Peñarrocha M, Jensen S. Prognostic Factors in Apical Surgery with Root-end Filling: A Meta-analysis. *J Endod.* 2010;36:957–73.

29. Cheung GSP, Wei WLL, McGrath C. Agreement between periapical radiographs and cone-beam computed tomography for assessment of periapical status of root filled molar teeth. *Int Endod J.* 2013;46:889–95.
30. Torabinejad M, Rice DD, Maktabi O, Oyoyo U, Abramovitch K. Prevalence and Size of Periapical Radiolucencies Using Cone-beam Computed Tomography in Teeth without Apparent Intraoral Radiographic Lesions: A New Periapical Index with a Clinical Recommendation. *J Endod.* 2018;44:389–94.
31. Ørstavik D. 2019. *Essential endodontology: prevention and treatment of apical periodontitis.* Oslo, Norway. Wiley Blackwell. Third edition.197–234.
32. Kruse C, Spin-Neto R, Reibel J, Wenzel A, Kirkevang L-L. Diagnostic validity of periapical radiography and CBCT for assessing periapical lesions that persist after endodontic surgery. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017;46:20170210. 1-8.
33. 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.
34. Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod.* 1982;8:161-70.
35. Bender IB, Seltzer S. Roentgenographic and direct observation of experimental lesions in bone: I. *J Endod.* 2003;29:702–6.
36. Wallace JA, Nair MK, ABOMR D, Colaco MF, Kapa SF. A comparative evaluation of the diagnostic efficacy of film and digital sensors for detection of simulated periapical lesions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;92:93–7.
37. Marmary Y, Koter T, Heling I. The effect of periapical rarefying osteitis on cortical and cancellous bone. A study comparing conventional radiographs with computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 1999;28:267–71.
38. López FU, Kopper PMP, Cucco C, Della Bona A, Figueiredo JAP de, Vier-Pelisser FV. Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiography in Apical Periodontitis Diagnosis. *J Endod.* 2014;40:2057–60.
39. 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.
40. 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;42:507–15.
41. Estrela C, Reis Bueno M, 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.
42. Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Gröndahl K, Gröndahl H-G. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103:114–9.

43. Garcia de Paula-Silva FW, Hassan B, Bezerra da Silva LA, Leonardo MR, Wu M-K. Outcome of root canal treatment in dogs determined by periapical radiography and cone-beam computed tomography scans. *J Endod.* 2009;35:723–6.
44. Paula-Silva FWG de, Wu M-K, Leonardo MR, Bezerra 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;35:1009–12.
45. 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;45:702–10.
46. 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.
47. Davies A, Mannocci F, Mitchell P, Andiappan M, Patel S. The detection of periapical pathoses in root filled teeth using single and parallax periapical radiographs versus cone beam computed tomography - a clinical study. *Int Endod J.* 2015;48:582–92.
48. Weissman J, Johnson JD, Anderson M, Hollender L, Huson T, Paranjpe A, et al. Association between the Presence of Apical Periodontitis and Clinical Symptoms in Endodontic Patients Using Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiographs. *J Endod.* 2015;41:1824–9.
49. Setzer FC, Hinckley N, Kohli MR, Karabucak B. A Survey of Cone-beam Computed Tomographic Use among Endodontic Practitioners in the United States. *J Endod.* 2017;43:699–704.
50. Low KMT, Dula K, Bürgin W, von Arx T. Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Tomography in Posterior Maxillary Teeth Referred for Apical Surgery. *J Endod.* 2008;34:557–62.
51. Ritter L, Lutz J, Neugebauer J, Scheer M, Dreiseidler T, Zinser MJ, et al. Prevalence of pathologic findings in the maxillary sinus in cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;111:634–40.
52. Oberli K, Bornstein MM, von Arx T. Periapical surgery and the maxillary sinus: radiographic parameters for clinical outcome. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2007;103:848–53.
53. Eberhardt JA, Torabinejad M, Christiansen EL. A computed tomographic study of the distances between the maxillary sinus floor and the apices of the maxillary posterior teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1992;73:345–7.
54. Hollanda AC, de Alencar AH, Estrela CR, Bueno MR, Estrela C. Prevalence of endodontically treated teeth in a Brazilian adult population. *Braz Dent J.* 2008;19:313-7.
55. 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;45:711–23.

56. Christiansen R, Kirkevang L-L, Gotfredsen E, Wenzel A. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009;38:531–6.
57. Suomalainen A, Pakbaznejad Esmaeili E, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights into Imaging.* 2015;6:1–16.
58. 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.
59. Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001;92:682–8.
60. Lofthag-Hansen S, Huuonen S, Grondahl K, Grondahl H-G, Gröndahl K, Gröndahl H-G, et al. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodon.* 2007;103:114–9.
61. Huuonen S, Kvist T, Gröndahl K, Molander A. Diagnostic value of computed tomography in re-treatment of root fillings in maxillary molars. *Int Endod J.* 2006;39:827–33.
62. Robb RA, Sinak LJ, Hoffman EA, Kinsey JH, Harris LD, Ritman EL. Dynamic volume imaging of moving organs. *J Med Syst.* 1982;6:539–54.
63. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Tinazzi Martini P, Bergamo Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: Preliminary results. *Eur Radiol.* 1998;8:1558–64.
64. Abella F, Morales K, Garrido I, Pascual J, Duran-Sindreu F, Roig M. Endodontic applications of cone beam computed tomography: case series and literature review. *G Ital Endod.* 2015;29:38-50.
65. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Gonçalves M, Tanomaru JMG. Detection of periapical lesion development by conventional radiography or computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008;106:e56–61.
66. 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.
67. 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;11:101–6.
68. Özen T, Kamburog K, Rıza Al, Cebeci Iker, Pehlivan Yüksel S, Semra Paksoy C. Interpretation of chemically created periapical lesions using 2 different dental cone-beam computerized tomography units, an intraoral digital sensor, and conventional film. *YMOE.* 2009;107:426–32.
69. Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J.* 2009;42:463–75.

70. Matherne RP, Angelopoulos C, Kulild JC, Tira D. Use of Cone-Beam Computed Tomography to Identify Root Canal Systems In Vitro. *J Endod.* 2008;34:87–9.
71. Barton DJ, Clark SJ, Eleazer PD, Scheetz JP, Farman AG. Tuned-aperture computed tomography versus parallax analog and digital radiographic images in detecting second mesiobuccal canals in maxillary first molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2003;96:223–8.
72. Setzer FC, Lee SM. Radiology in Endodontics. *Dent Clin North Am.* 2021;65:475-486.
73. Whaites E. Periapical Radiography. In: Elsevier Science Limited, editor. *Essentials of Dental Radiography and Radiology.* Third edition. Philadelphia PA USA. Churchill Livingstone; 2002. p. 75–100.
74. Vande Voorde HE, Bjorndahl AM. Estimating endodontic “working length” with paralleling radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1969;27:106–10.
75. Forsberg J, Halse A. Radiographic simulation of a periapical lesion comparing the paralleling and the bisecting-angle techniques. *Int Endod J.* 1994;27:133–8.
76. Revesz G, Kundel HL, Graber MA. The influence of structured noise on the detection of radiologic abnormalities. *Invest Radiol.* 1974;9:479–86.
77. Kundel HL, Revesz G. Lesion conspicuity, structured noise, and film reader error. *Am J Roentgenol.* 1976;126:1233–8.
78. Brynolf I. Roentgenologic periapical diagnosis. IV. When is one roentgenogram not sufficient? *Sven Tandskr.* 1970;63:415–23.
79. Schwartz SF, Foster JK. Roentgenographic interpretation of experimentally produced bony lesions. Part I. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1971;32:606–12.
80. Halse A, Molven O, Fristad I. Diagnosing periapical lesions - Disagreement and borderline cases. *Int Endod J.* 2002;35:703–9.
81. Lauber R, Bornstein MM, von Arx T. Cone beam computed tomography in mandibular molars referred for apical surgery. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2012;122:12-24
82. Nardi C, Calistri L, Grazzini G, Desideri I, Lorini C, Occhipinti M, et al. Is Panoramic Radiography an Accurate Imaging Technique for the Detection of Endodontically Treated Asymptomatic Apical Periodontitis? *J Endod.* 2018;44:1500–8.
83. Keser G, Pekiner FN. Comparative Evaluation of Periapical Lesions Using Periapical Index Adapted for Panoramic Radiography and Cone Beam Computed Tomography. *Clin exp Health Sci.* 2018;8:50-5
84. Lurie AG. Panoramic imaging. White SC, Pharoah MJ. *Oral radiology: Principles and interpretation.* 6 th. Missouri. Mosby/Elsevier. 2009 p. 175-190.
85. Whaites E. Dental panoramic tomography. In: Elsevier Science Limited, editor. *Essentials of Dental Radiography and Radiology.* Third edition. Philadelphia PA USA. Churchill Livingstone; 2002. p. 161-177.

86. Marinela T, Crina I, Cristiana C, Dogioiu F-C. Comparative dimensional study between panoramic X-ray (OPG) and cone beam CT (CBCT). *Ars Medica Tomitana*. 2017;3:196–202.
87. Cotton TP, Geisler TM, Holden DT, Schwartz SA, Schindler WG. Endodontic applications of cone-beam volumetric tomography. *J Endod*. 2007;33:1121–32.
88. Durack C, Patel S. Cone beam computed tomography in endodontics. *Braz Dent J*. 2012;23:179–91.
89. Zamora Martínez N, Gallardo VP, María R, Ortiz De Anda C, Luis J, Franco G. Funcionamiento de la TC médica y de la TC de haz cónico en odontología. ¿Qué debemos saber? *Rev Esp Ortod*. 2011;41:31–7.
90. Saberi N. CBCT within endodontics : an introduction. *International dentistry-African edition*. 2013;3:6-14.
91. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*. 2006;72:75-80.
92. Hashimoto K, Kawashima S, Araki M, Iwai K, Sawada K, Akiyama Y. Comparison of image performance between cone-beam computed tomography for dental use and four-row multidetector helical CT. *J Oral Sci*. 2006;48:27–34.
93. Kamburođlu K, Ereş G, Akgün C, Yeta EN, Gülen O, Karacaoglu F. Effect of voxel size on accuracy of cone beam computed tomography-aided assessment of periodontal furcation involvement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol and Oral Rad*. 2015;120:644–50.
94. Kim D-G. Can Dental Cone Beam Computed Tomography Assess Bone Mineral Density? *J Bone Metab*. 2014;21:117–26.
95. Adibi S, Zhang W, Servos T, O’Neill PN. Cone beam computed tomography in dentistry: what dental educators and learners should know. *J Dent Educ*. 2012;76:1437–42.
96. Scarfe WC, Levin MD, Gane D, Farman AG. Use of cone beam computed tomography in endodontics. *Int J Dent*. 2009;2009:634567.
97. Cohnen M, Kemper J, Möbes O, Pawelzik J, Mödder U. Radiation dose in dental radiology. *Eur Radiol*. 2002;12:634–7.
98. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 103. *Annals of the ICRP*. 2007;37:1–332.
99. Nejaim Y. Racionalización de la dosis de radiación Streamlining the radiation dose. *Rev Estomatol Herediana*. 2015;25:238-45.
100. Suomalainen A, Kiljunen T, Kä Ser Y, Peltola J, Kortesiemi M. Dosimetry and image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009;38:367–78.
101. International Commission on Radiological Protection 2009 Annual Report. ICRP reference 4836-3026-9958. 2010.

102. Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Gröndahl K. Evaluation of subjective image quality in relation to diagnostic task for cone beam computed tomography with different fields of view. *Eur J Radiol* . 2011;80:483–8.
103. Lennon S, Patel S, Foschi F, Wilson R, Davies J, Mannocci F. Diagnostic accuracy of limited-volume cone-beam computed tomography in the detection of periapical bone loss: 360 degrees scans versus 180 degrees scans. *Int Endod J*. 2011;44:1118–27.
104. Bornstein MM, Horner K, Jacobs R. Use of cone beam computed tomography in Implant Dent: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research. *Periodontology 2000*. 2017;73:51–72.
105. Cagici CA, Yilmazer C, Hurcan C, Ozer C, Ozer F. Appropriate interslice gap for screening coronal paranasal sinus tomography for mucosal thickening. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2009;266:519–25.
106. Shiki K, Tanaka T, Kito S, Wakasugi-Sato N, Matsumoto-Takeda S, Oda M, et al. The significance of cone beam computed tomography for the visualization of anatomical variations and lesions in the maxillary sinus for patients hoping to have dental implant-supported maxillary restorations in a private dental office in Japan. *Head Face Med* . 2014 Dec 28;10(1):20.
107. Yamamoto K, Ueno K, Seo K, Shinohara D. Development of dento-maxillofacial cone beam X-ray computed tomography system. *Orthod Craniofac Res*. 2003;6:160–2.
108. Farman AG, Farman TT. A comparison of 18 different x-ray detectors currently used in dentistry. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2005;99:485–9.
109. Feldkamp LA, Davis LC, Kress JW. Practical cone-beam algorithm. *J. Opt. Soc. Am. A*. 1984;1:612-19.
110. Schulze R, Heil U, Groß D, Bruellmann DD, Dranischnikow E, Schwanecke U, et al. Artefacts in CBCT: A review. Vol. 40, *Dentomaxillofac Radiol*. *Dentomaxillofac Radiol*. 2011;40:265-73.
111. Nagarajappa AK, Dwivedi N, Tiwari R. Artifacts: The downturn of CBCT image. *J Int Soc Prev Community Dent*. 2015;5:440–5.
112. Schulze RKW, Berndt D, D’Hoedt B. On cone-beam computed tomography artifacts induced by titanium implants. *Clin Oral Implants Res*. 2010;21:100–7.
113. Hunter AK, McDavid WD. Characterization and correction of cupping effect artefacts in cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41:217–23.
114. Nabha W, Hong YM, Cho JH, Hwang HS. Assessment of metal artifacts in three-dimensional dental surface models derived by cone-beam computed tomography. *Korean J Orthod*. 2014;44:229–35.
115. Bechara B, McMahan CA, Geha H, Noujeim M. Evaluation of a cone beam CT artefact reduction algorithm. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012;41:422–8.

116. Esmaeili F, Johari M, Haddadi P, Vatankhah M. Beam Hardening Artifacts: Comparison between Two Cone Beam Computed Tomography Scanners. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2012;6:49–53.
117. Makins SR. Artifacts interfering with interpretation of cone beam computed tomography images. *Dent Clin North Am*. 2014;58:485-95.
118. Barrett JF, Keat N. Artifacts in CT: recognition and avoidance. *Radiographics*. 2004;24:1679-91.
119. de Sousa E-T, Pinheiro M-A, Maciel P-P, Sales M-A-O. Influence of enhancement filters in apical bone loss measurement: A cone-beam computed tomography study. *J Clin Exp Dent*. 2017;9:e516–9.
120. Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB, et al. Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44:20140197.
121. Loubele M, Guerrero ME, Jacobs R, Suetens P, van Steenberghe D. A comparison of jaw dimensional and quality assessments of bone characteristics with cone-beam CT, spiral tomography, and multi-slice spiral CT. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2007;22:446-54.
122. European Society of Endodontology. Quality guidelines for endodontic treatment: consensus report of the European Society of Endodontology. *Int Endod J*. 2006;39:921-30
123. Consensus report of the European Society of Endodontology on quality guidelines for endodontic treatment. *Int Endod J*. 1994;27:115–24.
124. American Association of Endodontists; American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. 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 Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;111:234-7
125. LeQuire AK, Cunningham CJ, Pelleu GB. Radiographic interpretation of experimentally produced osseous lesions of the human mandible. *J Endod*. 1977;3:274–6.
126. Katebzadeh N, Hupp J, Trope M. Histological periapical repair after obturation of infected root canals in dogs. *J Endod*. 1999;25:364–8.
127. Nair MK, Nair UP. Digital and Advanced Imaging in Endodontics: A Review. *J Endod*. 2007;33:1–6.
128. Special Committee to Revise the Joint AAE/AAOMR Position Statement on use of CBCT in Endodontics. AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2015;120:508-12.
129. 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;45:783–801.

130. Kruse C, Spin-Neto R, Wenzel A, Kirkevang L-L. Cone beam computed tomography and periapical lesions: a systematic review analysing studies on diagnostic efficacy by a hierarchical model. *Int Endod J*. 2015;48:815–28.
131. McInnes MDF, Moher D, Thombs BD, McGrath TA, Bossuyt PM, and the PRISMA-DTA Group C, et al. Preferred Reporting Items for a Systematic Review and Meta-analysis of Diagnostic Test Accuracy Studies: The PRISMA-DTA Statement. *JAMA*. 2018;319:388–96.
132. Bossuyt PM, Reitsma JB, Bruns DE, Gatsonis CA, Glasziou PP, Irwig L, Lijmer JG, Moher D, Rennie D, de Vet HC, Kressel HY, Rifai N, Golub RM, Altman DG, Hooft L, Korevaar DA, Cohen JF; STARD Group. STARD 2015: An Updated List of Essential Items for Reporting Diagnostic Accuracy Studies. *Clin Chem*. 2015;61:1446-52.
133. Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*. 2017;358:j4008.
134. Uraba S, Ebihara A, Komatsu K, Ohbayashi N, Okiji T. Ability of Cone-beam Computed Tomography to Detect Periapical Lesions That Were Not Detected by Periapical Radiography: A Retrospective Assessment According to Tooth Group. *J Endod*. 2016;42:1186–90.
135. Venskutonis T, Daugela P, Strazdas M, Juodzbaly G. Accuracy of digital radiography and cone beam computed tomography on periapical radiolucency detection in endodontically treated teeth. *J Oral Maxillofac Res*. 2014;5:1-7.
136. Munn Z, Stern C, Aromataris E, Lockwood C, Jordan Z. What kind of systematic review should I conduct? A proposed typology and guidance for systematic reviewers in the medical and health sciences. *BMC Med Res Methodol*. 2018;18:5.
137. Whiting PF, Rutjes AWS, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: A Revised Tool for the Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies. *Ann Intern Med*. 2011;155:529-36.
138. Jiménez-Pinzón A, Segura-Egea JJ, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Ríos-Santos J V. Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in an adult Spanish population. *Int Endod J*. 2004;37:167–73.
139. Vickers A, Goyal N, Harland R, Rees R. Do certain countries produce only positive results? A systematic review of controlled trials. *Control Clin Trials* . 1998;19:159–66.
140. Hopewell S, Clarke M, Stewart L, Tierney J. Time to publication for results of clinical trials. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007;2007:MR000011.
141. Gopalakrishna G, Mustafa RA, Davenport C, Scholten RJPM, Hyde C, Brozek J, et al. Applying Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) to diagnostic tests was challenging but doable. *J Clin Epidemiol Journal of clinical epidemiology*. 2014;67:760–8.
142. Al-Nuaimi N, Patel S, Austin RS, Mannocci F. A prospective study assessing the effect of coronal tooth structure loss on the outcome of root canal retreatment. *Int Endod J*. 2017;50:1143–57.

143. Bornstein MM, Bingisser AC, Reichart PA, Sendi P, Bosshardt DD, Von Arx T. Comparison between radiographic (2-dimensional and 3-dimensional) and histologic findings of periapical lesions treated with apical surgery. *J Endod.* 2015;41:804–11.
144. Davies A, Patel S, Foschi F, Andiappan M, Mitchell PJ, Mannocci F. The detection of periapical pathoses using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in endodontically retreated teeth - part 2: a 1year post-treatment follow-up. *Int Endod J.* 2016;49:623–35.
145. Elliott M, Nair MK, Nair UP. CARS 2016—Computer Assisted Radiology and Surgery Proceedings of the 30th International Congress and Exhibition Heidelberg, Germany, June 21–25, 2016. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2016;11:1–286.
146. Estrela C, Bueno MR, Azevedo BC, Azevedo JRJR, Pécora JD, Pecora JD. A New Periapical Index Based on Cone Beam Computed Tomography. *J Endod.* 2008;34:1325–31.
147. Estrela C, Bueno MR, Porto OCL, Rodrigues CD, Pecora JD. Influence of intracanal post on apical periodontitis identified by cone-beam computed tomography. *Braz Dent J.* 2009;20:370–5.
148. Fernández R, Cardona JA, Cadavid D, Álvarez LG, Restrepo FA. Survival of Endodontically Treated Roots/Teeth Based on Periapical Health and Retention: A 10-year Retrospective Cohort Study. *J Endod.* 2017;43:2001–8.
149. Gargari M, Ottria L, Nezzo M, Neroni L, Fanucci E. Cone Beam CT use in the pre-prosthetic evaluation of endodontically treated of the rear maxilla. *Oral Implantol (Rome)* 2012;5:42–6.
150. Liang Y-HH, Li G, Wesselink PR, Wu M-KK. Endodontic outcome predictors identified with periapical radiographs and cone-beam computed tomography scans. *J Endod.* 2011;37:326–31.
151. Liang Y-H, Li G, Shemesh H, Wesselink PR, Wu M-K. The association between complete absence of post-treatment periapical lesion and quality of root canal filling. *Clin Oral Investig.* 2012;16:1619–26.
152. Lo Giudice R, Nicita F, Puleio F, Alibrandi A, Cervino G, Lizio AS, Pantaleo G. Accuracy of Periapical Radiography and CBCT in Endodontic Evaluation. *Int J Dent.* 2018;2018:2514243.
153. Moura MS, Guedes OA, Alencar AHG De, Azevedo BC, Estrela C. Influence of Length of Root Canal Obturation on Apical Periodontitis Detected by Periapical Radiography and Cone Beam Computed Tomography. *J Endod.* 2009;35:805–9.
154. Ramis-Alario A, Tarazona-Alvarez B, Cervera-Ballester J, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D, et al. Comparison of diagnostic accuracy between periapical and panoramic radiographs and cone beam computed tomography in measuring the periapical area of teeth scheduled for periapical surgery. A cross-sectional study. *J Clin Exp Dent.* 2019;11:e732–8.
155. Saidi A, Naaman A, Zogheib C. Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiography in Endodontically Treated Teeth Evaluation: A Five-Year Retrospective Study. *J Int Oral Health.* 2015;7:15-9.

156. Stoica AM, Stețiu AA, Buruian M, Stețiu M, Monea M. A comparison study between cone-beam computed tomography (CBCT) and regular radiography in endodontics. *J. Optoelectron.* 2016;18:562–6.
157. Gerard Van Der Borden W, Wang X, Wu M-K, Shemesh H, van der Borden WG, Wang X, et al. Area and 3-dimensional Volumetric Changes of Periapical Lesions after Root Canal Treatments. *J Endod.* 2013;39:1245–9.
158. Venskutonis T, Plotino G, Tocci L, Gambarini G, Maminskas J, Juodzbaly G. Periapical and Endodontic Status Scale Based on Periapical Bone Lesions and Endodontic Treatment Quality Evaluation Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2015;41:190–6.
159. Sălceanu M, Melian A, Topoliceanu C, Hamburda T, Ghiorghe C-A. Study regarding the possibilities to detect the incipient periapical lesions by radiography and cbct. *Romanian Journal of Oral Rehabilitation.* 2018;10:45-9.
160. Jadun S, Monaghan L, Darcey J. Endodontic microsurgery. Part two: armamentarium and technique. *Br Dent J.* 2019;227:101–11.
161. Floratos S, Kim S. Modern Endodontic Microsurgery Concepts: A Clinical Update. *Dent Clin North Am.* 2017;61:81–91.
162. Peñarrocha oltra D, Cervera Ballester J, Zubeldia Masset P, Calvo Guirado JL, Peñarrocha Diago M. Técnica quirúrgica básica. Peñarrocha Diago M, Peñarrocha Diago M. Atlas de cirugía periapical. Valencia, España. Medicina Oral S.L. 2012. 47-98.
163. Rubinstein RA, Kim S. Short-term observation of the results of endodontic surgery with the use of a surgical operation microscope and super-EBA as root-end filling material. *J Endod.* 1999;25:43–8.
164. Lin LM, Gaengler P, Langeland K. Periradicular curettage. *Int Endod J.* 1996;29:220-7.
165. Kim S, Kratchman S. Modern Endodontic Surgery Concepts and Practice: A Review. *J Endod.* 2006;32:601–23.
166. Norman Weller R, Niemczyk SP, Kim S. Incidence and position of the canal isthmus. Part 1. Mesio Buccal root of the maxillary first molar. *J Endod.* 1995;21:380–3.
167. Nair PNR, Henry S, Cano V, Vera J. Microbial status of apical root canal system of human mandibular first molars with primary apical periodontitis after “one-visit” endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2005;99:231–52.
168. Kim S, Rethnam S. Hemostasis in endodontic microsurgery. *Dent Clin North Am.* 1997;41:499–511.
169. Bodrumlu E. Biocompatibility of retrograde root filling materials: A review. *Aust Endod J.* 2008;34:30–5.
170. Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. *J Endod.* 1999;25:197–205.
171. Burkhardt R, Preiss A, Joss A, Lang NP. Influence of suture tension to the tearing characteristics of the soft tissues: An in vitro experiment. *Clin Oral Implants Res.* 2008;19:314–9.

172. Harrison JW, Jurosky KA. Wound healing in the tissues of the periodontium following periradicular surgery. I. The incisional wound. *J Endod.* 1991;17:425–35.
173. Peñarrocha Diago M, Ortega Sánchez B, García Mira B, Martí Bowen E, von Arx T, Gay Escoda C. Evaluation of healing criteria for success after periapical surgery. *Med oral Patol Oral Cir Bucal.* 2008;13:E143-7.
174. Rud J, Andreasen JO, Jensen JE. Radiographic criteria for the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1972;1:195–214.
175. Persson G. Prognosis of reoperation after apicectomy. A clinical-radiological investigation. *Sven Tandlak Tidskr.* 1973;66:49-68.
176. Mikkonen M, Kullaa-Mikkonen A, Kotilainen R. Clinical and radiologic re-examination of apicoectomized teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1983;55:302–6.
177. Molven O, Halse A, Grung B. Observer strategy and the radiographic classification of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1987;16:432–9.
178. Zetterqvist L, Hall G, Holmlund A. Apicectomy: a comparative clinical study of amalgam and glass ionomer cement as apical sealants. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1991;71:489–91.
179. Gutmann JL. Clinical, radiographic, and histologic perspectives on success and failure in endodontics. *Dent Clin North Am.* 1992;36:379–92.
180. von Arx T, Kurt B. Root-end cavity preparation after apicoectomy using a new type of sonic and diamond-surfaced retrotip: a 1-year follow-up study. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999;57:656–61.
181. FRIEDMAN S. The prognosis and expected outcome of apical surgery. *Endod Topics.* 2005;11:219–62.
182. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Weinstein RL. Endodontic reoperation using an endoscope and microsurgical instruments: One year follow-up. *British J Oral Maxillofac Surg.* 2007;45:582–5.
183. Taschieri S, Del Fabbro M. Endoscopic endodontic microsurgery: 2-year evaluation of healing and functionality. *Braz Oral Res.* 2009;23:23-30.
184. Taschieri S, Del Fabbro M, Testori T, Francetti L, Weinstein R. Endodontic surgery with ultrasonic retrotips: One-year follow-up. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod .* 2005;100:380–7.
185. Safi C, Kohli MR, Kratchman SI, Setzer FC, Karabucak B. Outcome of Endodontic Microsurgery Using Mineral Trioxide Aggregate or Root Repair Material as Root-end Filling Material: A Randomized Controlled Trial with Cone-beam Computed Tomographic Evaluation. *J Endod.* 2019;45:831-839.
186. Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, Tarazona-Alvarez B, Peñarrocha-Oltra D. Pain and quality of life after endodontic surgery with or without advanced platelet-rich fibrin membrane application: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2020;24:1727-1738.

187. Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, et al. User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *NeuroImage*. 2006;31:1116–28.
188. Greene JC, Vermillion JR. The simplified oral hygiene index. *J Am Dent Assoc*. 1964;68:7–13.
189. vonArx T, Jensen S, Hanni S. Clinical and Radiographic Assessment of Various Predictors for Healing Outcome 1 Year After Periapical Surgery. *J Endod* 2007;33:123–8.
190. Maillet M, Bowles WR, McClanahan SL, John MT, Ahmad M. Cone-beam computed tomography evaluation of maxillary sinusitis. *J Endod*. 2011;37:753–7.
191. Terlemez A, Tassoker M, Kizilcakaya M, Gulec M. Comparison of cone-beam computed tomography and panoramic radiography in the evaluation of maxillary sinus pathology related to maxillary posterior teeth: Do apical lesions increase the risk of maxillary sinus pathology? *Imaging Sci Dent*. 2019;49:115-122.
192. Shanbhag S, Karnik P, Shirke P, Shanbhag V. Association between Periapical Lesions and Maxillary Sinus Mucosal Thickening: A Retrospective Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod*. 2013;39:853–7.
193. Bornstein MM, Wasmer J, Sendi P, Janner SFMM, Buser D, Von Arx T. Characteristics and dimensions of the schneiderian membrane and apical bone in maxillary molars referred for apical surgery: A comparative radiographic analysis using limited cone beam computed tomography. *J Endod*. 2012;38:51–7.
194. Parmar PD, Dhamija R, Tewari S, Sangwan P, Gupta A, Duhan J, et al. 2D and 3D radiographic outcome assessment of the effect of guided tissue regeneration using resorbable collagen membrane in the healing of through-and-through periapical lesions – a randomized controlled trial. *Int Endod J*. 2019;52:935–48.
195. Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*. 1977;33:159-74.
196. Fleiss JL, Cohen J. The equivalence of weighted kappa and the intraclass correlation coefficient as measures of reliability. *Educ Psychol Meas*. 1973;33(3):613–9
197. Bornstein MM. Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Computed Tomography in Mandibular Molars for Analysis of Anatomical Landmarks before Apical Surgery. *J Endod*. 2011;37:151–7.
198. Curtis DM, VanderWeele RA, Ray JJ, Wealleans JA. Clinician-centered Outcomes Assessment of Retreatment and Endodontic Microsurgery Using Cone-beam Computed Tomographic Volumetric Analysis. *J Endod*. 2018;44:1251–6.
199. von Arx T, Janner SFM, Hänni S, Bornstein MM. Agreement between 2D and 3D radiographic outcome assessment one year after periapical surgery. *Int Endod J*. 2016;49:915–25.
200. Kamburoğlu K, Yılmaz F, Gulsahi K, Gulen O, Gulsahi A, Kamburoglu K, et al. Change in Periapical Lesion and Adjacent Mucosal Thickening Dimensions One Year after Endodontic Treatment: Volumetric Cone-beam Computed Tomography Assessment. *J Endod*. 2017;43:218–24.

201. Martínez Agudelo P, Marín Zuluaga DJ, Suarez Rueda LC, García Guerrero CC. Signos y síntomas clínicos predictores de cicatrización apical 12 meses después de microcirugía endodóntica. *Univ Odontol.* 2015;34:87-96.
202. Ortega-Sánchez B, Peñarrocha-Diago M, Rubio-Martínez LA, Vera-Sempere JF. Radiographic Morphometric Study of 37 Periapical Lesions in 30 Patients: Validation of Success Criteria. *J Oral Maxillofac Surg.* 2009;67:846–9.
203. Zuolo ML, Ferreira MOF, Gutmann JL. Prognosis in periradicular surgery: a clinical prospective study. *Int Endod J.* 2000;33:91–8.
204. Shahbazian M, Vandewoude C, Wyatt J, Jacobs R. Comparative assessment of panoramic radiography and CBCT imaging for radiodiagnostics in the posterior maxilla. *Clin Oral Investig.* 2015;103:293–300
205. Hassan BA. Reliability of periapical radiographs and orthopantomograms in detection of tooth root protrusion in the maxillary sinus: correlation results with cone beam computed tomography. *J Oral Maxillofac Res J Oral Maxillofac Res.* 2010;1:e6–e6.
206. Lopes LJ, Gamba TO, Bertinato JVJ, Freitas DQ, Ao J, Bertinato VJ, et al. Comparison of panoramic radiography and CBCT to identify maxillary posterior roots invading the maxillary sinus. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45:20160043.
207. Rege ICC, Sousa TO, Leles CR, Mendonca EF. Occurrence of maxillary sinus abnormalities detected by cone beam CT in asymptomatic patients. *BMC oral health.* 2012;12:30.
208. Da Silva AF, Fróes GR Jr, Takeshita WM, Da Fonte JB, De Melo MF, Sousa Melo SL. Prevalence of pathologic findings in the floor of the maxillary sinuses on cone beam computed tomography images. *Gen Dent.* 2017;65:28-32
209. Ata-Ali J, Diago-Vilalta JV, Melo M, Bagán L, Soldini MC, Di-Nardo C, et al. What is the frequency of anatomical variations and pathological findings in maxillary sinuses among patients subjected to maxillofacial cone beam computed tomography? A systematic review. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2017 Jul;22(4):e400–9.
210. Lu Y, Liu Z, Zhang L, Zhou X, Zheng Q, Duan X, et al. Associations between Maxillary Sinus Mucosal Thickening and Apical Periodontitis Using Cone-Beam Computed Tomography Scanning: A Retrospective Study. *J Endod.* 2012;38:1069–74.
211. Shanbhag S, Karnik P, Shirke P, Shanbhag V. Association between periapical lesions and maxillary sinus mucosal thickening: A retrospective cone-beam computed tomographic study. *J Endod.* 2013;39:853–7.
212. Tassoker M. What are the risk factors for maxillary sinus pathologies? A CBCT study. *Oral Radiol.* 2020;36:80–4.
213. Yildirim TT, Guncu GN, Goksuluk D, Tozum MD, Colak M, Tozum TF. The effect of demographic and disease variables on Schneiderian membrane thickness and appearance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Oral Radiol.* 2017;124:568–76.
214. Nunes CA, Guedes OA, Alencar AHG, Peters OA, Estrela CR, Estrela C. Evaluation of Periapical Lesions and Their Association with Maxillary Sinus Abnormalities on Cone-beam Computed Tomographic Images. *J Endod.* 2016;42:42–6.

215. Souza-Nunes LA de, Verner FS, Rosado L de PL, Aquino SN de, Carvalho ACP, Junqueira RB. Periapical and Endodontic Status Scale for Endodontically Treated Teeth and Their Association with Maxillary Sinus Abnormalities: A Cone-beam Computed Tomographic Study. *J Endod.* 2019;45:1479–88.
216. Aksoy U, Orhan K. Association between odontogenic conditions and maxillary sinus mucosal thickening: a retrospective CBCT study. *Clin Oral Investig.* 2019;23:123–31.
217. Sakir M, Ercalik Yalcinkaya S. Associations between Periapical Health of Maxillary Molars and Mucosal Thickening of Maxillary Sinuses in Cone-beam Computed Tomographic Images: A Retrospective Study. *J Endod.* 2020;46:397–403.
218. Khorramdel A, Shirmohammadi A, Sadighi A, Famararzi M, Babaloo AR, Sadighi Shamami M, et al. Association between demographic and radiographic characteristics of the schneiderian membrane and periapical and periodontal diseases using cone-beam computed tomography scanning: A retrospective study. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2017;11:170–6.
219. Gürhan C, Şener E, Mert A, Şen GB. Evaluation of factors affecting the association between thickening of sinus mucosa and the presence of periapical lesions using cone beam CT. *Int Endod J.* 2020;53:1339–47.
220. Chávez-Lazo YE, Arriola-Guillén LE, Rodríguez-Cárdenas YA, Ruiz-Mora GA, Guerrero ME. Morphological variations of the maxillary sinus floor adjacent to periapical chronic injuries. *Indian J Dent Res.* 2019;30:381–5
221. Phothikhun S, Suphanantachat S, Chuenchompoonut V, Nisapakultorn K. Cone-beam computed tomographic evidence of the association between periodontal bone loss and mucosal thickening of the maxillary sinus. *J Periodontol.* 2012 May;83(5):557–64.
222. Kocak N, Alpoz E, Boyacioglu H. Evaluation of the Effect of Apical Lesion on Mucosal Thickening and Thickness of Apical Bone Using Limited Cone-Beam Computed Tomography. *Niger J of Clin Pract.* 2018;21:954–9.
223. Nascimento EHL, Pontual MLA, Pontual AA, Freitas DQ, Perez DEC, Ramos-Perez FMM. Association between Odontogenic Conditions and Maxillary Sinus Disease: A Study Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod.* 2016;42:1509–15.
224. Ramanauskaite A, Ataman-Duruel ET, Duruel O, Tözüm MD, Yildirim TT, Tözüm TF. Effects of clinical local factors on thickness and morphology of Schneiderian membrane: A retrospective clinical study. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2019;21:715–22
225. Bornstein MM, Dent M, Seiffert C, Maestre-Ferrín L, Fodich I, Jacobs R, et al. An Analysis of Frequency, Morphology, and Locations of Maxillary Sinus Septa Using Cone Beam Computed Tomography. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2016;31:280–7.
226. Hsiao YJ, Yang J, Resnik RR, Suzuki JB. Prevalence of Maxillary Sinus Pathology Based on Cone-Beam Computed Tomography Evaluation of Multiethnicity Dental School Population. *Implant Dent.* 2019;28:356–66.
227. Raghav M, Karjodkar FR, Sontakke S, Sansare K. Prevalence of incidental maxillary sinus pathologies in dental patients on cone-beam computed tomographic images. *Contemp Clin Dent.* 2014;5:361–5.

228. Mayo C V., Replogle KJ, Marshall JG, Best AM, Sehgal HS, Sousa Melo SL, et al. Accuracy of Presurgical Limited Field of View Cone-beam Computed Tomography in Predicting Intraoperative Buccal Cortical Bone. *J Endod.* 2020;46:169-177
229. Kasahara Y, Iino Y, Ebihara A, Okiji T. Differences in the coronal-apical location of sinus tracts and buccal cortical bone defects between vertically root-fractured and non-root-fractured teeth based on periradicular microsurgery. *J Oral Sci.* 2020;62:327–30.
230. Jalali P, Tahmasbi M, Augsburger RA, Khalilkhani NK, Daghighi K. Dynamics of Bone Loss in Cases with Acute or Chronic Apical Abscess. *J Endod.* 2019;45:1114–8.
231. van der Borden WG, Wang X, Wu M-K, Shemesh H. Area and 3-dimensional Volumetric Changes of Periapical Lesions after Root Canal Treatments. *J Endod.* 2013;39:1245–9.
232. Maddalone M, Bonfanti E, Pellegatta A, Citterio CL, Baldoni M. Digital Orthopantomography vs Cone Beam Computed Tomography-Part 1: Detection of Periapical Lesions. *J Contemp Dent Pract.* 2019;20:593-7.
233. Jang YE, Kim BS, Kim Y. Clinical Factors Associated with Apical Periodontitis Visible on Cone-beam Computed Tomography but Missed with Periapical Radiographs: A Retrospective Clinical Study. *J Endod.* 2020;46:832–8.
234. Esposito SA, Huybrechts B, Slagmolen P, Cotti E, Coucke W, Pauwels R, et al. A Novel Method to Estimate the Volume of Bone Defects Using Cone-Beam Computed Tomography: An In Vitro Study. *J Endod.* 2013;39:1111–5.
235. Ahlowalia MS, Patel S, Anwar HMS, Cama G, Austin RS, Wilson R, et al. Accuracy of CBCT for volumetric measurement of simulated periapical lesions. *Int Endod J.* 2013;46:538–46.
236. Aoki EM, Abdala-Júnior R, De Oliveira JX, Arita ES, Cortes ARG. Reliability and Reproducibility of Manual and Automated Volumetric Measurements of Periapical Lesions. *J Endod.* 2015;41:1555–9.
237. Orhan K, Bayrakdar IS, Ezhov M, Kravtsov A, Özyürek T. Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans. *Int Endod J.* 2020;53:680–9.
238. de Paula-Silva FWG, Santamaria M, Leonardo MR, Consolaro A, da Silva LAB. Cone-beam computerized tomographic, radiographic, and histologic evaluation of periapical repair in dogs' post-endodontic treatment. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009;108:796–805.
239. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MH, Ramos Fernandes LMPS, Camargo EJ, de Moraes IG, et al. The influence of cone-beam computed tomography and periapical radiographic evaluation on the assessment of periapical bone destruction in dog's teeth. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2011;112:272–9.
240. Sutter E, Valdec S, Bichsel D, Wiedemeier D, Rücker M, Stadlinger B. Success rate 1 year after apical surgery: a retrospective analysis. *Oral Maxillofac Surg.* 2020;24:45–9.
241. Liang Y-HH-H, Jiang L, Gao X-JJ-J, Shemesh H, Wesselink PR, Wu M-KK-K. Detection and measurement of artificial periapical lesions by cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2014;47:332–8.

242. Kanagasingam S, Lim CX, Yong CP, Mannocci F, Patel S. Diagnostic accuracy of periapical radiography and cone beam computed tomography in detecting apical periodontitis using histopathological findings as a reference standard. *Int Endod J.* 2017;50:417–26.
243. Paula-Silva FWG de, Wu M-KK, Leonardo MRMR, Bezerra da Silva LA, Wesselink PR, de Paula-Silva FWG, et al. Accuracy of Periapical Radiography and Cone-Beam Computed Tomography Scans in Diagnosing Apical Periodontitis Using Histopathological Findings as a Gold Standard. *J Endod.* 2009;35:1009–12.
244. Kruse C, Spin-Neto R, Evar Kraft DC, Vaeth M, Kirkevang L-L. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography used for assessment of apical periodontitis: an ex vivo histopathological study on human cadavers. *Int Endod J.* 2019;52:439–50.
245. Bravo-Grau S, Cruz Q. JP. Estudios de exactitud diagnóstica: Herramientas para su Interpretación. *Rev Chil Radiol.* 2015;21:158–64.
246. Nardi C, Calistri L, Pradella S, Desideri I, Lorini C, Colagrande S. Accuracy of Orthopantomography for Apical Periodontitis without Endodontic Treatment. *J Endod.* 2017;43:1640–6.
247. Sakhdari S, Talaeipour AR, Talaeipour M, Pazhutan M, Tehrani SH, Kharazifard MJ. Diagnostic Accuracy of CBCT with Different Voxel Sizes and Intraoral Digital Radiography for Detection of Periapical Bone Lesions: An Ex-Vivo Study. *J Dent (Tehran).* 2016;13:77–84.
248. Liang YH, Jiang L, Gao XJ, Shemesh H, Wesselink PR, Wu MK. Detection and measurement of artificial periapical lesions by cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2014 ;47:332–8.
249. Al-Nuaimi N, Patel S, Foschi F, Mannocci F. The detection of simulated periapical lesions in human dry mandibles with cone-beam computed tomography: a dose reduction study. *Int Endod J.* 2016;49:1095–104.
250. Durack C, Patel S, Davies J, Wilson R, Mannocci F. Diagnostic accuracy of small volume cone beam computed tomography and intraoral periapical radiography for the detection of simulated external inflammatory root resorption. *Int Endod J.* 2011;44:136–47.
251. Tanomaru-Filho M, Jorge ÉG, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JMS, Spin-Neto R, Gonçalves M. Two- and tridimensional analysis of periapical repair after endodontic surgery. *Clin Oral Investig.* 2014;19:17–25.
252. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JM dos SNJM dos SN, Spin-Neto R, Goncalves M, et al. Periapical repair following endodontic surgery: two- and three-dimensional imaging evaluation methods. *Braz Dent J.* 2015;26:69–74.
253. Tsesis I, Rosen E, Schwartz-Arad D, Fuss Z. Retrospective Evaluation of Surgical Endodontic Treatment: Traditional versus Modern Technique. *J Endod.* 2006;32:412–6.
254. Kruse C, Spin-Neto R, Christiansen R, Wenzel A, Kirkevang LL. Periapical Bone Healing after Apicectomy with and without Retrograde Root Filling with Mineral Trioxide Aggregate: A 6-year Follow-up of a Randomized Controlled Trial. *J Endod.* 2016;42:533-7

255. Kang S, Kim H-C, Lee C-Y, Jung I-Y, Kim E. Scanning electron microscopic examination of resected root apices obtained from endodontic microsurgery. *Scanning*. 2016;38:455–61.
256. Christiansen R, Kirkevang L-L, Hørsted-Bindslev P, Wenzel A. Randomized clinical trial of root-end resection followed by root-end filling with mineral trioxide aggregate or smoothing of the orthograde gutta-percha root filling - 1-year follow-up. *Int Endod J*. 2009;42:105–14.
257. Peñarrocha M, Carrillo C, Peñarrocha M, Peñarrocha D, von Arx T, Vera F, et al. Symptoms Before Periapical Surgery Related to Histologic Diagnosis and Postoperative Healing at 12 Months for 178 Periapical Lesions. *J Oral Maxillofac Surg*. 2011;69:31–7.
258. Dhamija R, Tewari S, Sangwan P, Duhan J, Mittal S. Impact of Platelet-rich Plasma in the Healing of Through-and-through Periapical Lesions Using 2-dimensional and 3-dimensional Evaluation: A Randomized Controlled Trial. *J Endod*. 2020;46:1167–84.
259. Rahbaran S, Gilthorpe MS, Harrison SD, Gulabivala K. Comparison of clinical outcome of periapical surgery in endodontic and oral surgery units of a teaching dental hospital: A retrospective study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod Oral Radiol, and Endodontics*. 2001;91:700–9.
260. Kang S, Ha S-W, Kim U, Kim S, Kim E. A One-Year Radiographic Healing Assessment after Endodontic Microsurgery Using Cone-Beam Computed Tomographic Scans. *J Clin Med*. 2020;9:3714.
261. Taschieri S, Del Fabbro M. Endoscopic endodontic microsurgery: 2-year evaluation of healing and functionality. *Braz Oral Res*. 2009;23:23–30.
262. Jesslén P, Zetterqvist L, Heimdahl A. Long-term results of amalgam versus glass ionomer cement as apical sealant after apicectomy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod Oral Radiol*. 1995;79:101–3.
263. Persson G, Lennartson B, Lundström I. Results of retrograde root-filling with special reference to amalgam and Cavit as root-filling materials. *Sven Tandlak Tidskr*. 1974;67:123-313
264. Sogur E, Baksi B, Gröndahl H-G, Lomcali G, Sen B. Detectability of chemically induced periapical lesions by limited cone beam computed tomography, intra-oral digital and conventional film radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009;38:458–64.
265. López FU, Kopper PMPPMP, Cucco C, Della Bona A, Figueiredo JAP de, Vier-Pelisser FV, et al. Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiography in Apical Periodontitis Diagnosis. *J Endod*. 2014;40:2057–60.
266. Greenhalgh T, Peacock R. Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: audit of primary sources. *BMJ*. 2005;331:1064–5.

10.ANEXOS

10. ANEXOS

Anexo 1. Búsqueda electrónica — Estrategias de búsqueda utilizadas para cada base de datos con los correspondientes resultados obtenidos hasta diciembre del 2019.

The medical subjects headings (MeSH), Emtree and other free-text terms were used and combined whenever possible among databases using the boolean operators (AND, OR). The references list of included studies were screened to retrieve potentially eligible titles not detected through the electronic search, as suggested by Greenhalgh and Peacock²⁶⁷. Los encabezados de temas médicos (MeSH), Emtree y otros términos de texto libre se utilizaron y combinaron siempre que fue posible entre las bases de datos utilizando los operadores booleanos (AND, OR). La lista de referencias de los estudios incluidos se examinó para recuperar títulos potencialmente elegibles no detectados mediante la búsqueda electrónica, como sugirieron Greenhalgh y Peacock²⁶⁷.

Database	Search strategy employed	Limits	Hits up to December 20, 2019
Pubmed	((((((((((("Periapical Diseases"[Mesh]) OR "Periapical Periodontitis"[Mesh]) OR "Periapical Abscess"[Mesh]) OR "Periapical Granuloma"[Mesh]) OR "Periapical Tissue"[Mesh]))) OR ((apical periodontitis OR periapical lesions OR periapical granuloma OR apical abscess OR apical cyst OR periapical cyst OR periodontal bone loss OR apical radiolucency OR periapical repair OR periapical healing)))))) AND ("Radiography, Dental"[Mesh] OR "Radiography, Dental, Digital"[Mesh] OR conventional radiography OR periapical radiography OR apical radiographs OR dental radiography OR panoramic radiograph*)) AND (((("Cone-Beam Computed Tomography"[Mesh]) OR ((volumetric tomography OR CBCT OR volumetric radiograph* OR volumetric tomograph* OR cone beam volume CT OR cone beam CT OR cone-beam CT)))) AND ((sensitivity OR specificity OR accuracy OR diagnose) AND apical periodontitis OR periapical lesion OR apical lesion)	No limits	360
EMBASE	(((((('tooth periapical disease'/exp OR 'tooth periapical disease' OR 'apical periodontitis'/exp OR 'apical periodontitis' OR apical) AND ('abscess' OR 'abscess'/exp OR abscess) OR apical) AND ('granuloma' OR 'granuloma'/exp OR granuloma) OR periapical) AND ('cyst' OR 'cyst'/exp OR cyst) OR apical) AND ('radiolucency' OR 'radiolucency'/exp OR radiolucency) OR periapical) AND ('repair' OR 'repair'/exp OR repair) OR periapical) AND ('healing' OR 'healing'/exp OR healing) AND ('cone beam computed tomography'/exp OR 'cone beam computed tomography' OR 'cone beam computed tomography scanner'/exp OR 'cone beam computed tomography scanner' OR cbct OR (volumetric AND ('radiograph'/exp OR radiograph)) OR (volumetric AND ('tomography'/exp OR tomography)) OR (volumetric AND ('radiography'/exp OR radiography)) OR (volumetric AND tomograph) OR (cone AND beam AND ('volume'/exp OR volume) AND ('ct'/exp OR ct)) OR 'tooth radiography'/exp OR 'tooth radiography' OR 'dental radiology'/exp OR 'dental radiology' OR 'periapical radiography'/exp OR 'periapical radiography' OR 'panoramic radiography') AND ('sensitivity and specificity'/exp OR 'sensitivity and specificity' OR 'accuracy'/exp OR accuracy OR 'sensitivity'/exp OR sensitivity OR 'specificity'/exp OR specificity OR diagnose)	No limits	23

WOS	((((((((((((("Periapical Diseases"[Mesh]) OR "Periapical Periodontitis"[Mesh]) OR "Periapical Abscess"[Mesh]) OR "Periapical Granuloma"[Mesh]) OR "Periapical Tissue"[Mesh]))) OR ((apical periodontitis OR periapical lesions OR periapical granuloma OR apical abscess OR apical cyst OR periapical cyst OR periodontal bone loss OR apical radiolucency OR periapical repair OR periapical healing)))))) AND ("Radiography, Dental"[Mesh] OR "Radiography, Dental, Digital"[Mesh] OR conventional radiography OR periapical radiography OR apical radiographs OR dental radiography OR panoramic radiograph*)) AND (((("Cone-Beam Computed Tomography"[Mesh]) OR ((volumetric tomography OR CBCT OR volumetric radiograph* OR volumetric tomograph* OR cone beam volume CT OR cone beam CT OR cone-beam CT)))) AND ((sensitivity OR specificity OR accuracy OR diagnose) AND apical periodontitis OR periapical lesion OR apical lesion)))	No limits	268
Google Scholar	(root-canal therapy AND (persistent apical lesions OR periapical lesions OR periapical disease OR apical lucency)) AND (dental radiograph* OR panoramic radiography*) AND (CBCT OR cone-beam computed tomography) AND (sensitivity OR specificity OR diagnose)	No limits	136
			Total 787

GREY LITERATURE

Database	Search strategy employed	Limits	Hits up to December 2019
OpenGrey www.opengrey.eu	1) periapical lesion	without limits	2
	2) cone beam tomography		35
	3) periapical radiograph		1
	4) ortopantomograph		0
	5) panoramic radiograph		1

	6) #1 AND (#2 AND #3 OR #4 OR #5)	Total	0
--	-----------------------------------	-------	---

ANEXO 2. APROBACIÓN POR PARTE DEL COMITÉ ÉTICO DE LA UNIVERSITAT DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT
DE VALÈNCIA Vicerectorat
d'Investigació

D. José María Montiel Company, Profesor Contratado Doctor Interino del departamento de Estomatología, y Secretario del Comité Ético de Investigación en Humanos de la Comisión de Ética en Investigación Experimental de la Universitat de València,

CERTIFICA:

Que el Comité Ético de Investigación en Humanos, en la reunión celebrada el día 3 de mayo de 2018, una vez estudiado el proyecto de investigación titulado:

"Estudio de la curación ósea tras la realización de la cirugía periapical mediante radiografía periapical versus radiografía panorámica versus tomografía computarizada de haz cónico", número de procedimiento H1523379927800,

cuyo responsable es D. Miguel Peñarrocha Diago, ha acordado informar favorablemente el mismo dado que se respetan los principios fundamentales establecidos en la Declaración de Helsinki, en el Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y cumple los requisitos establecidos en la legislación española en el ámbito de la investigación biomédica, la protección de datos de carácter personal y la bioética.

Y para que conste, se firma el presente certificado en Valencia, a once de mayo de dos mil dieciocho.



ANEXO 3. INFORMACIÓN PARA EL PACIENTE.

1. Mis datos personales serán recogidos y almacenados para el estudio de “Estudio de la curación ósea tras la realización de la cirugía periapical mediante radiografía periapical vs radiografía panorámica vs tomografía computarizada de haz cónico”. Siendo el responsable del estudio el Doctor Miguel Peñarrocha Diago.
2. El propósito principal del estudio es la obtención de la información a través de una serie de registros radiográficos realizados con anterioridad a la cirugía periapical, y también de los realizados en la revisión posterior.
3. Se trata de un estudio observacional retrospectivo y no se va a someter al paciente a tratamiento alguno relacionado con este estudio. No se van a requerir visitas posteriores en relación con este estudio.
4. Se le pueden plantear al investigador principal todas las dudas que del presente estudio aparezcan
5. En cualquier momento, se puede revocar el consentimiento que se firmará, cuando existan motivos fundados y legítimos relativos a una situación concreta personal. Quedando en tal supuesto eliminados los datos del fichero.
6. Los autores se comprometen a mantener en secreto todos los datos e informaciones que puedan tener la consideración de información confidencial y que el investigador principal, o cualquier otro miembro del equipo investigador en el que esté integrado le proporcionen o revelen de manera oral, escrita, gráfica o por cualquier otro medio de difusión. Asimismo, se obliga a no revelar, comunicar, ceder o divulgar a terceros ninguna información relativa a su trabajo, utilizando la información obtenida única y exclusivamente para la realización del trabajo de investigación. Los autores se obligan a no revelar ninguna información del proyecto de investigación en el que participe sin haber obtenido, de manera expresa y por escrito, la autorización correspondiente del director principal. Los autores se obligan a firmar los compromisos de confidencialidad que le puedan requerir el director del proyecto de investigación. El compromiso de confidencialidad y secreto continuará en vigor y será vinculante incluso tras haber finalizado la relación administrativa o laboral entre los autores y de la Universitat de Valencia.

ANEXO 4: CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO

1. IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Se solicita su autorización para utilizar los datos clínicos y de la evolución del tratamiento de cirugía periapical que se le ha realizado en Clínica Odontológica de la Unidad Médico-quirúrgica, del Departamento de Estomatología de la Universitat de Valencia y que se hallan recogidos en su historia clínica, para el trabajo de investigación: ESTUDIO DE LA CURACIÓN ÓSEA TRAS LA REALIZACIÓN DE LA CIRUGÍA PERIAPICAL MEDIANTE RADIOGRAFÍA PERIAPICAL VS RADIOGRAFÍA PANORÁMICA VS TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO, cuya finalidad es evaluar la evolución de la cirugía periapical.

2. OBJETIVO

Los resultados de este proyecto de investigación pueden contribuir a la mejora en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Los datos de su historia clínica serán custodiados en los términos previstos en la Ley 14/2007, de 3 de julio, y en el Real Decreto 1716/2011, de 18 de noviembre.

3. BENEFICIOS ESPERADOS

No percibirá ninguna compensación económica o de otro tipo por participar en esta investigación. Sin embargo, si las investigaciones que se pudieran realizar tuvieran éxito, podrían ayudar en el futuro a pacientes que tienen la misma enfermedad o padecen otras enfermedades similares. La información no será vendida o distribuida a terceros con fines comerciales.

4. CONSECUENCIAS PREVISIBLES DE SU NO PARTICIPACIÓN Y DERECHO DE REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

La participación en este proyecto de investigación es voluntaria y puede cancelarse en cualquier momento. Si rechaza participar, no habrá consecuencias negativas para usted. Si se retira del proyecto, puede decidir si los datos utilizados hasta ese momento deben borrarse o si se pueden seguir utilizando tras haberlos convertido en anónimos (p. ej., eliminando los datos de la información identificativa, incluido el código, para que resulte imposible volver a identificarlos).

Pueden solicitar a los investigadores que les proporcionen los datos almacenados en el registro y que corrijan los errores en ellos en cualquier momento.

5. PROTECCIÓN DE DATOS PERSONALES Y CONFIDENCIALIDAD

Sus datos personales y de salud serán incorporados a un Fichero de datos para su tratamiento, de acuerdo con lo estipulado en la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de datos de Carácter Personal, de 13 de diciembre (LOPD). El titular de los datos personales podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición al tratamiento de datos de carácter personal, y de revocación del consentimiento, en los términos previstos en la normativa aplicable.

INFORMACIÓN DE CONTACTO

Si tienen alguna pregunta sobre este proyecto de investigación, puede consultar en cualquier

momento al Investigador: Miguel Peñarrocha Diago

Si deciden participar en este proyecto, rellenen y firmen el formulario de consentimiento que aparece a continuación.

EJEMPLAR PARA EL PACIENTE**DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO**

D./Dña.....de.....años de edad, con domicilio enDNI.....

D./Dña.....de.....años de edad, con domicilio en.....,.....DNI.....en calidad de representante (en caso de minoría legal o incapacidad) de..... con DNI.....

DECLARO

- Que he leído la hoja de información que se me ha entregado (Anexo 3)
- Que he comprendido las explicaciones que se me han facilitado.
- Que he podido realizar observaciones y me han sido aclaradas las dudas que he planteado.
- Que puedo revocar el consentimiento en cualquier momento sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en mis cuidados médicos.
- Que de forma libre y voluntaria cedo los datos que se hallan recogidos en mi historia clínica para el estudio que se me ha propuesto
- Que puedo incluir restricciones sobre el uso de las mismas.

CONSENTO

Que se utilicen los datos que se hallan recopilados en mi historia clínica para el mencionado estudio.

Que el investigador pueda acceder a mis datos en la medida en que sea necesario y manteniendo siempre su confidencialidad.

Que el personal del centro me contacte en el futuro en caso de que se estime oportuno añadir nuevos datos a los recogidos y/o tomar nuevas muestras. Sí No

Deseo incluir la siguiente restricción al uso de mis datos:

.....

Fdo.: D./Dña

En a..... de de 20.....

Si el sujeto del estudio es un adolescente capaz intelectual y emocionalmente de entre 12 y 16 años debe de ser oída su opinión y autorizar su participación en el estudio firmando también este consentimiento. Cuando se trate de menores no incapaces ni incapacitados, pero emancipados o con 16 años cumplidos, no cabe prestar el consentimiento por representación y será el propio sujeto del estudio quien firmará el consentimiento (Ley 41/2002).

Declaración Investigador:

He informado debidamente al donante

Fdo.: DNI

En a de de 20...

REVOCACIÓN

Fdo.: D./Dña

Revoco el consentimiento cedido para la utilización de mis datos para el estudio propuesto

En a de de 20.....

ANEXO 5. Prototipo de ficha clínica del estudio radiológico en cirugía periapical.**Datos del paciente:**

1. Número de orden
2. Edad
3. Sexo
4. Fumador
5. Índice de higiene oral
6. Signos clínicos:
7. Síntomas clínicos

Datos de la lesión (TCHC)

8. Número de lesiones:
9. Lesión a estudiar:
10. Número de dientes en la lesión:

Datos del diente

11. Identificación del diente causante de la lesión (TCHC):
12. Raíces involucradas:
13. Poste intrarradicular
14. Distancia cresta ósea/UCA (TCHC):
15. Relación seno maxilar/lesión periapical/raíces:
 - a) Radiografía periapical:
Relación raíz/seno maxilar:
Relación lesión periapical/seno maxilar:
 - b) Radiografía panorámica:
Relación raíz/seno maxilar:
Relación lesión periapical/seno maxilar:
 - c) TCHC:
Relación raíz/seno maxilar:
Relación lesión periapical/seno maxilar:
16. Engrosamiento membrana sinusal en el diente afecto (TCHC):
17. Estado de la cortical (TCHC):
18. Mediciones área/volumen:
 - a) Radiografía periapical:
 - b) Radiografía panorámica:
 - c) TCHC:

Datos de la intervención

19. Fecha de la cirugía periapical:

Estudio postoperatorio tardío (entre 6 y 48 meses)

20. Fecha de la revisión: Meses transcurridos desde la cirugía:

21. Mediciones área/volumen postoperatorio:
 - a) Radiografía periapical:
 - b) Radiografía panorámica:
 - c) TCHC:

22. Cambios volumétricos producidos (TCHC):

23. Clasificación de la curación según Molven's Criteria:

24. Criterios de curación (von Arx y Kurt 1999) (Radiografía periapical):
 - a. Escala de dolor:
 - b. Signos clínicos:
 - c. Clasificación según la cicatrización:

25. Clasificación de la curación según la TCHC (Criterios Penn 3D modificados):

26. Engrosamiento membrana sinusal en el diente afecto (TCHC):

11.PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL AUTOR SOBRE EL TEMA DE LA TESIS

11. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL AUTOR SOBRE EL TEMA DE LA TESIS

Artículos publicados sobre el tema de la tesis

- Ramis-Alario A, Tarazona-Alvarez B, Cervera-Ballester J, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D, et al. Comparison of diagnostic accuracy between periapical and panoramic radiographs and cone beam computed tomography in measuring the periapical area of teeth scheduled for periapical surgery. A cross-sectional study. J Clin Exp Dent. 2019;11(8).
- Ramis-Alario A, Soto-Peñaloza D, Tarazona-Alvarez B, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Comparison of the diagnostic efficacy of 2D radiography and cone beam computed tomography in persistent apical periodontal disease: A PRISMA-DTA systematic review and meta-analysis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol. 2021 Oct 1;132(4):e153–68.
- Ramis-Alario A, Tarazona-Álvarez B, Peñarrocha-Diago M, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Is periapical surgery follow-up with only two-dimensional radiographs reliable? A retrospective cohort type sensitivity study. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2021 Nov. 26(6):e711-8.

Participación a eventos sobre el tema de la tesis

Comunicaciones

- **Ramis-Alario A**, Cervera-Ballester J, Boronat-López A, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Estudio de los cambios en el espesor de la membrana sinusal tras la realización de la cirugía periapical en dientes posteriores maxilares a través de la TCHC. XVIII Congreso de la sociedad española de cirugía bucal. Presentado online los días 24 y 25 de septiembre de 2021.



- Cervera Ballester, Juan; **Ramis Alario, Amparo**; Boronat Lopez, Araceli; Peñarrocha Oltra, David; Peñarrocha Diago, Miguel. Análisis visual de cambios en los tejidos blandos tras la cirugía apical en zona estética. XVIII Congreso de la sociedad española de cirugía bucal. Presentado online los días 24 y 25 de septiembre de 2021.

Posters

- **Amparo Ramis Alario**, Miguel Peñarrocha Diago, Juan Cervera Ballester, David Peñarrocha Oltra, Beatriz Tarazona Álvarez. Comparación de la radiografía periapical, radiografía panorámica y tomografía computarizada de haz cónico en el diagnóstico de la periodontitis apical. XLVI reunión anual del centro de estudios. Valencia 14-16 de junio de 2018.

COMPARACIÓN DE LA RADIOGRAFÍA PERIAPICAL, RADIOGRAFÍA PANORÁMICA Y TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA DE HAZ CÓNICO EN EL DIAGNÓSTICO DE LA PERIODONTITIS APICAL

Amparo Ramis Alario, Juan Cervera Ballester, David Peñarocha Oltra, Beatriz Tarazona Álvarez, Miguel Peñarocha Diago.

Introducción

Conocer el tamaño del área periapical previa a la realización de una cirugía periapical supone una gran ayuda en el momento de la misma. Además, el estudio detallado de la zona, nos ayudará en la identificación de ciertas estructuras anatómicas, como es el seno maxilar y el nervio dentario, facilitando así la realización de la cirugía periapical.

Objetivos

Comparar:

- La sensibilidad diagnóstica de las radiografías periapical y panorámica versus la tomografía computarizada de haz cónico (TCHC)
- Las mediciones de las áreas realizadas entre los tres métodos diagnósticos

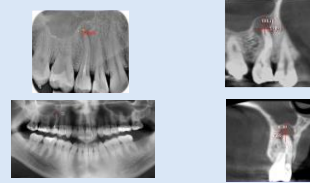
Material y Método

La muestra estuvo compuesta por 35 pacientes con 45 infecciones periapicales a los que se les realizó una radiografía periapical, una radiografía panorámica y una TCHC como método diagnóstico para el estudio preoperatorio antes de la realización de la cirugía periapical.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Humanos de la Universitat de València (nº procedimiento : H1490891777899)

Se estudió:

- La presencia o no del área infecciosa, anotándose el resultado para cada uno de los tres métodos radiodiagnósticos
- Y se midió, en aquellos casos en los que se apreciaba el área, la máxima altura y anchura de cada una de las áreas. Calculándose además las áreas en mm²



Mediciones realizadas con los métodos bidimensionales

Mediciones realizadas con la TCHC

Resultados

De las 45 áreas periapicales, 8 no fueron diagnosticadas ni en las radiografías periapicales ni en las radiografías panorámicas, siendo todas ellas observables en la TCHC. Respecto a las mediciones realizadas entre los tres métodos radiográficos, salieron diferencias significativas entre las radiografías bidimensionales y la TCHC en las mediciones de las alturas de las áreas periapicales, siendo mayores en la TCHC. En las mediciones horizontales y las áreas, no salieron diferencias significativas.

Mediciones verticales	Diferencia entre series mediciones		Intervalo de confianza 95% para la diferencia			p-valor
	Media	DE	Lim. inf.	Lim. Sup.		
Ru PERIAPICAL-Ru PANORÁMICA	0,47	2,34	-0,33	1,38	0,192	
Ru PERIAPICAL-TCHC coronal	0,89	1,97	-1,49	-0,29	0,001*	
Ru PANORÁMICA-TCHC coronal	1,31	2,75	-2,20	-0,52	0,001*	
Ru PERIAPICAL-TCHC sagital	0,90	1,91	-1,48	-0,32	0,001*	
Ru PANORÁMICA-TCHC sagital	1,34	2,65	-2,19	-0,56	0,001*	

Mediciones horizontales	Diferencia entre series mediciones		Intervalo de confianza 95% para la diferencia			p-valor
	Media	DE	Lim. inf.	Lim. Sup.		
Ru PERIAPICAL-Ru PANORÁMICA	0,22	3,36	-3,25	0,79	0,054	
Ru PERIAPICAL-TCHC coronal	0,83	2,27	-1,55	-0,51	0,004	
Ru PANORÁMICA-TCHC coronal	0,62	3,27	-3,43	0,29	0,204	
Ru PERIAPICAL-TCHC sagital	0,40	2,78	-2,26	0,46	0,261	
Ru PANORÁMICA-TCHC sagital	0,36	3,08	-3,45	0,73	0,507	

Áreas	Diferencia entre series mediciones		Intervalo de confianza 95% para la diferencia			p-valor
	Media	DE	Lim. inf.	Lim. Sup.		
Ru PERIAPICAL-Ru PANORÁMICA	0,26	30,05	-4,40	4,88	0,668	
Ru PERIAPICAL-TCHC coronal	-1,71	19,57	-13,7	-1,79	0,022	
Ru PANORÁMICA-TCHC coronal	-0,39	31,51	-17,8	1,08	0,061	
Ru PERIAPICAL-TCHC sagital	-1,87	18,47	-13,83	0,09	0,048	
Ru PANORÁMICA-TCHC sagital	-4,82	18,98	-15,2	5,51	0,212	

	Radiografía periapical	Radiografía panorámica	TCHC
Sensibilidad	81,8%	82,2%	100%

Estudio de la sensibilidad de los diferentes métodos radiodiagnósticos

Diferencia de medidas (media y desviación estándar (DE)), IC 95%, test para muestras dependientes (p-valor) para las mediciones verticales, las mediciones horizontales y las áreas de las lesiones entre los diferentes métodos.

Conclusiones

La TCHC obtuvo una sensibilidad diagnóstica del 100%, frente a las radiografías periapical y panorámica que fue del 82%. Las alturas medidas con la TCHC fueron significativamente mayor que las de las radiografías periapical y panorámica.

Bibliografía

Peñarocha M, Martí E, García B, Gay C. Relationship of Periapical Lesion Radiologic Size, Apical Resection, and Retrograde Filling with the Prognosis of Periapical Surgery. J Oral Maxillofac Surg 2007; 65:1526-1529.

Ortega B, Peñarocha M, Rubio L, Vera J. Radiographic morphometry study of 37 periapical lesions in 30 patients: validation of success criteria. J Oral Maxillofac Surg 2009;67:846-849.

Estrela c, Reis M, Rodrigues C, Azevedo B, Ribamar J. Accuracy of Cone Beam Computed Tomography and Panoramic and Periapical Radiography for Detection of Apical Periodontitis. JOE 2008;34:273-279.

Jonathan Ee, Mohamed F, Bradford R. Comparison of Endodontic Diagnosis and Treatment Planning Decisions using Cone-beam Volumetric Tomography Versus Periapical Radiography. JOE 2014;40:910-916.

12.ARTÍCULOS PUBLICADOS SOBRE **LA TESIS**

12. ARTÍCULOS PUBLICADOS SOBRE LA TESIS

J Clin Exp Dent. 2019;11(8):e732-8.

Diagnostic accuracy between periapical and panoramic radiographs and cone beam computed tomography

Journal section: Operative Dentistry and Endodontics
Publication Types: Research

doi:10.4317/jced.55986
<http://dx.doi.org/10.4317/jced.55986>

Comparison of diagnostic accuracy between periapical and panoramic radiographs and cone beam computed tomography in measuring the periapical area of teeth scheduled for periapical surgery. A cross-sectional study

Amparo Ramis-Alario ¹, Beatriz Tarazona-Alvarez ², Juan Cervera-Ballester ¹, David Soto-Peñaloza ¹, Miguel Peñarrocha-Diago ³, David Peñarrocha-Oltra ⁴, Maria Peñarrocha-Diago ⁵

¹ Professor of Master in Oral Surgery and Implantology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain

² Assistant Professor of Orthodontics, Master in Orthodontics, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain

³ Chairman of Oral Surgery, Director of the Master in Oral Surgery and Implantology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain

⁴ Assistant Postdoctoral Professor of Oral Surgery, Master in Oral Surgery and Implantology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain

⁵ Full Professor of Oral Surgery, Master in Oral Surgery and Implantology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain

Correspondence:
C/Gasco Oliag nº1, Clínica Odontológica
Facultad de Medicina y Odontología
Universidad de Valencia
46010 Valencia (Spain)
beatriz.tarazona@uv.es

Received: 13/06/2019
Accepted: 04/07/2019

Ramis-Alario A, Tarazona-Alvarez B, Cervera-Ballester J, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D, Peñarrocha-Diago MA. Comparison of diagnostic accuracy between periapical and panoramic radiographs and cone beam computed tomography in measuring the periapical area of teeth scheduled for periapical surgery. A cross-sectional study. J Clin Exp Dent. 2019;11(8):e732-8.
<http://www.medicinaoral.com/odo/volumenes/v11i8/jcedv11i8p732.pdf>

Article Number: 55986 <http://www.medicinaoral.com/odo/index.htm>
© Medicina Oral S. L. C.I.F. B 96609336 - ISSN: 1989-5488
eMail: jced@jced.es
Indexed in:
Pubmed
Pubmed Central® (PMC)
Scopus
DOI® System

Abstract

Background: The aim of the study was compare the sensitivity and measurements obtained from teeth with apical lesions scheduled for periapical surgery using three different diagnostic methods: periapical radiography (Gendex Expert DC), panoramic radiography (Planmeca® Promax 3D Classic) and cone beam computed tomography (CBCT) (Planmeca® Promax 3D Classic).

Study design: This cross-sectional study involved 35 patients (45 teeth) scheduled for periapical surgery in which periapical radiographs, panoramic radiographs and CBCT scans had been obtained. The images were used to analyze the maximum vertical and horizontal dimension and the resulting areas of the periapical lesions based on the three diagnostic methods.

Results: The two-dimensional techniques (periapical radiography and panoramic radiography) yielded a sensitivity of 82% versus 100% in the case of CBCT. The mean vertical dimension of the apical areas was 5.48 mm with periapical radiography and 5.04 mm with panoramic radiography – the difference with respect to CBCT being statistically significant (6.36 mm for the coronal sections). There were no significant differences among the three techniques in terms of horizontal dimension ($p>0.05$) or lesion area.

Conclusions: The sensitivity of periapical radiolucencies detected using CBCT was significantly greater than with the two-dimensional imaging techniques. Significant differences between the latter and CBCT were only observed in the case of the vertical measurements.

Key words: *Periapical lesion, apicoectomy, CBCT, periapical radiography, panoramic radiography.*

Introduction

Apical periodontitis is defined as radiolucency associated to the most apical portion of the root of the tooth and measuring at least twice as wide as the normal periodontal width (1). Such lesions are usually accompanied by bone reabsorption, producing a radiographically identifiable periapical area (2).

Apical periodontitis is monitored based on the clinical and radiographic findings. Radiological assessment is essential for the successful and timely diagnosis, since the condition may be asymptomatic (3,4). The prevalence of apical periodontitis is greater in teeth that have been subjected to endodontic treatment (5), being observed in 36% of all endodontically treated teeth, depending on the population studied (6).

In relation to the radiological study of periapical lesions, a number of authors have shown cone beam computed tomography (CBCT) to offer greater diagnostic sensitivity than periapical radiography (4,7). The fact of being able to see the images in three dimensions improves and advances the diagnosis (8). However, the few studies that have compared the dimensions of the periapical radiolucency using two-dimensional radiography and CBCT have reported no significant differences between the two techniques (9,10).

On the other hand, despite the widespread use of panoramic radiography in dental clinics, no studies have established quantitative comparisons of the areas obtained with two-dimensional radiography and CBCT. Furthermore, both bidimensional radiographs, have important limitations, as they are overlays of certain anatomical structures, the fact that lesions limited to cancellous bone can go unnoticed, until the cortical bone is eroded or neither these lesions will be detected until the bone mineral loss reaches 30-50% (1).

Studying the previous size of the periapical lesion is important because it is strongly related to the prognosis of the apical surgery. Higher rates of successful are guaranteed with lesions minors than 5 mm, versus higher lesions, hence the importance of studying the size before apical surgery (11,12).

In keeping with the above-mentioned observations, the present study compares: (i) the sensitivity to detect apical lesions in teeth scheduled for periapical surgery and (ii) the size of these lesions, using three different radiographic diagnostic techniques: periapical radiography, panoramic radiography and CBCT. The null hypothesis

is that there is no difference neither in the sensibility nor in none of the measurements between the three methods.

Material and Methods

-Study design and participants

This study was conformed to STROBE guidelines for cross-sectional human observational study (13). The study was carried out in our Dental School (Valencia University, Valencia, Spain) between March 2015 and March 2017. All patients scheduled for periapical surgery were included. Written informed consent was obtained from all participants, and the study was approved by the local Ethics Committee (Reference: H1490891777899).

-Selection of cases

Patients with teeth scheduled for periapical surgery, with the obtainment of periapical radiographs, panoramic radiographs and CBCT scans. The exclusion criteria were: images of deficient quality (incomplete visualization of the roots or cortical components) and images with the three techniques obtained in a period of time superior to two months.

-Radiographic examination

The digital periapical radiographs were obtained with the Gendex Expert DC system (Gendex Dental Systems, Hatfield, USA), using the Vista Scan radiological sensor (Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen, Germany) (4 x 3 cm) with the following exposure parameters: 65 kV, 7 mA, and times from 0.08 to 0.18, depending on the tooth evaluated. All the periapical radiographs were obtained using a parallel technique (Super-Bite, Kerr). The digital images were processed and filed using DBSWIN software (Dürr Dental). The panoramic radiographs were obtained with a Planmeca® system (Promax 3D Classic, Helsinki, Finland), using the Planmeca Romexis program for image processing. The exposure parameters were: 68 kV, 10 mA, 19 seconds.

The CBCT scans were obtained with a Planmeca® system (Promax 3D Classic, Helsinki, Finland), using the following operating parameters: 90 kV, 10 mA, 15 seconds for 180° rotation, and a voxel size of 0.15 mm. The field of view (FOV) of the detector panel was 40 x 40 mm. Planmeca Romexis Viewer software was used to process the CBCT images. Slice thickness was 0.20 mm. For each tooth the sections were modified to align the root axis with the vertical plane in the coronal and sagittal views.

The CBCT scans had been requested to precisely eva-

luate the anatomical structures affected and the endodontic conditions of the teeth, with a view to performing periapical surgery, and were not obtained as a routine study – thereby complying with the ALARA (As Low As Reasonably Achievable) criterion. The images were evaluated by two blinded examiners (both certified oral surgeons, J.C. and A.R.) not related to the treatment and follow-up of the patients.

-Calibration of examiners

Cone beam computed tomography images were used for calibration and evaluation of inter-examiner accuracy, measuring the distance from the apex of the mesial root of the first mandibular molar to the upper margin of the mandibular canal (14). Ten random measurements were obtained by both examiners, yielding a difference between them of 0.14 mm per image (range 0.0-0.28 mm). The level of agreement between reviewers is obtained through the intraclass correlation coefficient (ICC) and interpreted according to the Landis and Koch scale (15).

-Evaluation of images

In the global study, each measurement was made by the two examiners, with calculation of the average of both measurements. This was the value subsequently used in the data analysis, except in those cases where the two measurements differed by more than 0.2 mm. In such cases a third measurement was made jointly by both examiners (14). The measurements were made in three sessions spaced one week apart. In each session one-third of the images obtained with the different radiographic techniques were evaluated on a random basis (7).

-Linear and area measurements

The two-dimensional (2D) radiographs and CBCT scans were displayed on a Full HD monitor with a resolution of 1920 x 1080 pixels in a dimly lit room. The periapical lesions were measured as follows: Vertical measurements: the maximum vertical dimension (in mm) of the area was recorded. Horizontal measurements: the maximum dimension (in mm) perpendicular to the previously obtained vertical measurement was recorded.

The same measurement protocol was used for periapical radiography (Fig. 1), panoramic radiography (Fig. 2) and CBCT (Fig. 3). In the latter technique the measurements were obtained from the sagittal and coronal sections. The corresponding area was calculated as a rectangle (vertical measurement multiplied by horizontal measurement), according to a previous study (9). The examiners were able to modify size, brightness and contrast of the images of all three techniques.

-Statistical analysis

Inter-examiner agreement was assessed by contrasting the normal distribution of the differences in measurements using the Kolmogorov-Smirnov test, with calculation of the coefficient of variation (CV) and the intraclass correlation coefficient (ICC). The Student t-test for dependent samples was used to compare the

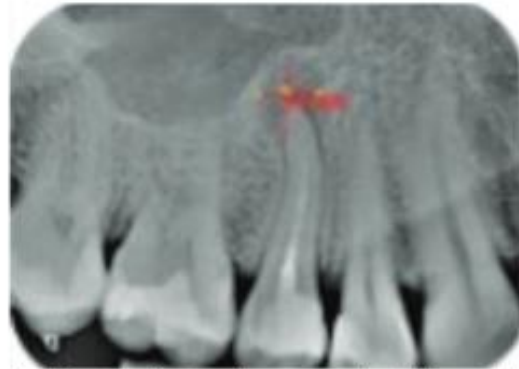


Fig. 1: Vertical and horizontal measurements obtained by periapical radiography.



Fig. 2: Panoramic radiograph with the measurements made on the radiolucent area of tooth 15.

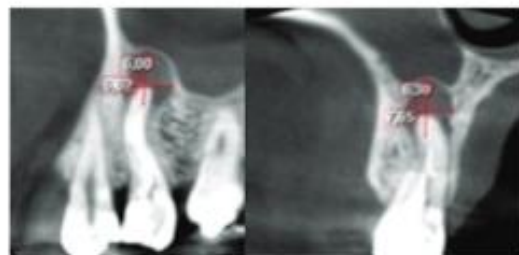


Fig. 3: Sagittal (A) and coronal (B) sections used to obtain the measurements of the periapical area of tooth 15.

diagnostic accuracy of the three radiological techniques. The Mann-Whitney U-test was used to assess the impact of patient gender upon lesion size, while the Spearman nonlinear correlation coefficient was used to evaluate the influence of age. The level of statistical significance was defined as 5% ($\alpha=0.05$). The statistical analysis was conducted using statistical program R (Version R 3.5.1).

Results

-Sample characteristics and descriptive data

The initial sample size consisted of 82 patients, of which 47 were excluded after application of the inclusion and

exclusion criteria. Patients excluded from the study, with reasons were:

1. Patients with periapical or panoramic radiographs, or CBCT scans, not allowing full visualization of the roots and cortical component of the affected teeth (n=29).
2. Poor image quality (n=4).
3. Time intervals among the three radiographic studies > 2 months (n=6).
4. Images taken after the apicectomy (n=8).

The final study sample therefore consisted of 35 patients (45 teeth): 18 males and 17 females, with a mean age of 47 years (range 19-74). The upper incisors were the teeth most frequently affected by periapical disease. The distribution of the teeth is shown in Table 1.

periapical radiographs because the distal root was not available on the image, so the sample size is different in this method with regard to the other two. There were no significant differences between the two-dimensional techniques (periapical radiography and panoramic radiography), though significant differences were observed in the vertical measurements between the two-dimensional techniques and CBCT, with higher values when the latter technique was used ($p<0.05$) (Table 2).

-Horizontal measurements

With regard to the horizontal measurements, the mean values were 4.80 mm in the case of the periapical radiographs (n=44, SD±3.43) and 5.01 in the case of the panoramic radiographs (n=45, SD±3.91). In the case of

Table 1: Description of the study sample.

Study variable	Descriptive statistics
Sample size	35 patients (45 periapical areas)
Gender	18 males (51.4%) and 17 females (48.6%)
Age	47 years (19-74)
Affected teeth:	
Upper incisors	15 (33.3%)
Lower incisors	4 (8.8%)
Upper canines	2 (4.4%)
Lower canines	1 (2.2%)
Upper premolars	8 (17.8%)
Lower premolars	3 (6.6%)
Upper molars	5 (11%)
Lower molars	7 (15.5%)

-Detection of periapical areas

The conventional two-dimensional techniques (periapical radiography and panoramic radiography) both showed a sensitivity of 82%. Of the 45 periapical areas, 8 were not detected by either technique: two corresponded to the anterior sector (incisors and canines) and 6 to the posterior sector (premolars and molars). In percentage terms, the two-dimensional techniques failed to register 4.5% of the anterior lesions and 13.5% of the posterior lesions. In contrast, CBCT registered all 45 radiolucent areas. Inter-examiner agreement was almost perfect, with CV < 3% and ICC > 0.99 in all cases.

-Vertical measurements of periapical areas

The mean vertical measurement of the apical area was found to be 5.48 mm with periapical radiography (n=44, SD±3.93) and 5.04 mm with panoramic radiography (n=45, SD±3.61 mm). The results in the case of CBCT were 6.36 mm in the coronal sections (n=45, SD±3.65) and 6.38 mm in the sagittal sections (n=45, SD±3.45). There was a lower molar which wasn't measured on

CBCT the values were 5.63 mm in the coronal sections (n=45, SD±2.95) and 5.10 mm in the sagittal sections (n=44, SD±2.26). No significant differences were observed on comparing the different radiographic techniques: all three were therefore considered to offer similar results in relation to the horizontal measurements ($p>0.05$) (Table 3).

-Area of periapical bone defects

With regard to the calculation of lesion area from the vertical and horizontal measurements, the results were 37.33 mm² for the periapical radiographs (n=44, SD±44.49) and 36.37 mm² for the panoramic radiographs (n=45, SD±47.63). In the case of CBCT the area was 44.76 mm² in the coronal sections (n=45, SD±49.32) and 36.59 mm² in the sagittal sections (n=44, SD±29.41). Likewise in this case there were no significant differences among the different radiographic techniques: all three were therefore considered to offer similar results in relation to the area measurements (Table 4). The sample size differs from one unit between the different methods,

Table 2: Difference in measurements (mean and standard deviation [SD]), 95% confidence interval (95%CI), t-test for dependent samples (p -value) referred to the vertical dimension (height) among the different radiographic techniques.

	Difference between measurements		95%CI for the difference		P -value
	Mean	SD	Lower limit	Upper limit	
Rx PERIAPICAL – Rx PANORAMIC	0.47	2.31	-0.23	1.18	0.182
Rx PERIAPICAL – CBCT coronal	-0.89	1.97	-1.49	-0.29	0.005*
Rx PANORAMIC – CBCT coronal	-1.31	2.75	-2.20	-0.52	0.003*
Rx PERIAPICAL – CBCT sagittal	-0.90	1.91	-1.48	-0.32	0.003*
Rx PANORAMIC – CBCT sagittal	-1.34	2.66	-2.19	-0.56	0.002*

Table 3: Difference in measurements (mean and standard deviation [SD]), 95% confidence interval (95%CI), t-test for dependent samples (p -value) referred to the horizontal dimension (width) among the different radiographic techniques.

	Difference between measurements		95%CI for the difference		P -value
	Mean	SD	Lower limit	Upper limit	
Rx PERIAPICAL – Rx PANORAMIC	-0.23	3.36	-1.25	0.79	0.654
Rx PERIAPICAL – CBCT coronal	-0.83	2.37	-1.55	-0.11	0.024
Rx PANORAMIC – CBCT coronal	-0.62	3.37	-1.63	0.39	0.224
Rx PERIAPICAL – CBCT sagittal	-0.40	2.78	-1.26	0.46	0.351
Rx PANORAMIC – CBCT sagittal	-0.36	3.58	-1.45	0.73	0.507

Table 4: Difference in measurements (mean and standard deviation [SD]), 95% confidence interval (95%CI), t-test for dependent samples (p -value) referred to lesion area among the different radiographic techniques.

	Difference between measurements		95%CI for the difference		P -value
	Mean	SD	Lower limit	Upper limit	
Rx PERIAPICAL – Rx PANORAMIC	0.76	30.15	-8.40	9.93	0.868
Rx PERIAPICAL – CBCT coronal	-7.71	19.57	-13.7	-1.77	0.012
Rx PANORAMIC – CBCT coronal	-8.39	31.51	-17.8	1.08	0.081
Rx PERIAPICAL – CBCT sagittal	-1.87	28.47	-10.63	6.89	0.669
Rx PANORAMIC – CBCT sagittal	-4.82	33.98	-15.2	5.51	0.352

because there was an area, due to its size, in periapical radiography and in sagittal sections it couldn't be measured, as its margin was not observed completely so vertical and/or horizontal measure couldn't be registered. Lastly, no significant associations were found between lesion area and patient age or gender.

Discussion

The present study compared the three radiodiagnostic techniques currently used for the measurement and analysis of radiolucencies produced by periapical infection. Specifically, we compared the different vertical and ho-

zontal measurements and areas obtained with the three imaging techniques, and assessed their diagnostic validity and the possible influence of other associated factors such as patient gender and age.

-Sensitivity of three methods

Is well known that CBCT sensitivity for the prevalence of periapical radiolucencies was 100% (4,16). The findings of the present study are in agreement with the above-mentioned trend. However, the prevalence decreased to 82% when using the two-dimensional radiographic techniques (periapical radiography and panoramic radiography). The failure rate in identifying periapical lesions

with these techniques in posterior and anterior teeth was 13.5% and 4.5%, respectively. Liang *et al.* (17) recorded a similar percentage of 5% in anterior teeth with periapical radiography, thus coinciding with our own observation that anterior sector lesions are more easily visualized than posterior lesions. No significant associations were found between lesion area and patient age or gender.

The literature offers similar data (14,16), with a higher periapical lesion non-visualization rate associated to two-dimensional imaging techniques. Lesions close to the maxillary sinus are very likely to go undetected with two-dimensional methods, due to overlapping – this situation being even more probable in the case of the upper second molars (18). Furthermore, CBCT is able to identify possible oroantral communications, which may be important for the planning and success of surgery.

Only one study to date has assessed sensitivity in the case of panoramic radiography (19), though the reported figure (28%) falls far short of our own 82%. The difference may be explained by a number of factors, such as the fact that the mentioned study considered teeth both with and without endodontic treatment; as a result, in the case of a tooth not subjected to endodontic treatment, the examiner might not notice the periapical area in the absence of important coronal destruction.

The results of the present study confirmed that both the vertical and horizontal measurements were comparatively greater with CBCT than with the two-dimensional techniques, though statistical significance was only reached in the case of the vertical measurements. These findings are consistent with the data found in the literature, which likewise describe CBCT as being more accurate than periapical radiography (1,2,7,17,19–24) or panoramic radiography (18,19,25). All these studies are limited to the evaluation of the sensitivity of the techniques, and only a few have compared the capacity of the three imaging methods to demonstrate the full extent of the lesions, measuring and comparing the lesion areas (9,10,26,27).

-Radiographic and CBCT measurements

We recorded no significant differences in the vertical measurements of the lesions between the two-dimensional radiographic techniques, though significant differences were observed on comparing these techniques with CBCT. However, Bornstein *et al.* (2) recorded no significant differences on comparing the maximum diameter of the areas with the different radiological methods (e.g. CBCT and periapical radiography).

Similar findings were reported by Gouveilla *et al.* (10). This coincides with the observations of all those studies that have examined these associations (1,28–30).

-Limitations

However, some limitations need to be considered, such as the variability of vertical and horizontal magnifica-

tion, factors that depends on patient position in panoramic radiographs, as well the position of periapical radiographs, was not taken into account as independent factors on analysis.

The clinical relevance of this study lies in the perspective that is not always affordable for a clinician to acquire a CBCT scan for its private's practice, being this economic aspect or third-party services that suppose an important barrier for its accessibility, in particular in developing countries. Strikingly, this limitation is not proportional with the high demand of root canal treatments and prevalence of periapical lesions in everyday clinical practice. Thus, despite limitations, the results of the present study could be extrapolated to clinical practice for apical lesions diagnostic.

Two dimensional radiographic techniques showed significantly lower sensitivity to detect periapical radiolucencies lesions than CBCT. In relation to the vertical dimension of the apical lesions, significant differences were observed between the conventional two-dimensional techniques and CBCT – the former tending to underestimate vertical height. No differences in horizontal dimension or area were observed, however.

References

1. Sogur E, Baksi B, Gröndahl H-G, Lomeali G, Sen B. Detectability of chemically induced periapical lesions by limited cone beam computed tomography, intra-oral digital and conventional film radiography. *Dentomaxillofacial Radiol.* 2009;38:458-64.
2. Bornstein MM, Bingisser AC, Reichart PA, Sendi P, Bosshardt DD, von Arx T. Comparison between Radiographic (2-dimensional and 3-dimensional) and Histologic Findings of Periapical Lesions Treated with Apical Surgery. *J Endod.* 2015;41:804-11.
3. Leonardi Dutra K, Haas L, Porporatti AL, Flores-Mir C, Nascimento Santos J, Mezzomo LA, et al. Diagnostic Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Conventional Radiography on Apical Periodontitis: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Endod.* 2016;42:356-64.
4. 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;45:711-23.
5. Jiménez-Pinzón A, Segura-Egea JJ, Poyato-Ferrera M, Velasco-Ortega E, Rios-Santos J V. Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in an adult Spanish population. *Int Endod J.* 2004;37:167-73.
6. Pak JG, Fayazi S, White SN. Prevalence of Periapical Radiolucency and Root Canal Treatment: A Systematic Review of Cross-sectional Studies. *J Endod.* 2012;38:1170-6.
7. 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.
8. Nair MK, Nair UP. Digital and Advanced Imaging in Endodontics: A Review. *J Endod.* 2007;33:1-6.
9. Christiansen R, Kirkevang L-L, Gottfredsen E, Wenzel A. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dentomaxillofac Radio.* 2009;38:531-6.
10. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JM, Spin-Neto R, Gonçalves M. Periapical repair following endodontic surgery: two- and three-dimensional imaging evaluation methods. *Braz Dent J.* 2015;26:69-74.

11. Peñarocha M, Martí E, García B, Gay C. Relationship of Periapical Lesion Radiologic Size, Apical Resection, and Retrograde Filling With the Prognosis of Periapical Surgery. *J Oral Maxillofac Surg.* 2007;65:1526-9.
12. von Arx T, Peñarocha M, Jensen S. Prognostic Factors in Apical Surgery with Root-end Filling: A Meta-analysis. *J Endod.* 2010;36:957-73.
13. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP. The Strengthening of Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: Guidelines for reporting observational studies. *Int J Surg.* 2014;12:1495-9.
14. 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;37:151-7.
15. Landis JR, Koch GG. An application of hierarchical kappa-type statistics in the assessment of majority agreement among multiple observers. *Biometrics.* 1977;33:363-74.
16. Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2001;92:682-8.
17. Liang YH, Jiang L, Gao XJ, Shemesh H, Wesselink PR, Wu MK. Detection and measurement of artificial periapical lesions by cone-beam computed tomography. *Int Endod J.* 2014;47:332-8.
18. Gargari M, Ottria L, Nezzo M, Neroni L, Fanucci E. Cone Beam CT use in the pre-prosthetic evaluation of endodontically treated of the rear maxilla. *Oral Implantol (Rome).* 2012;5:42-6.
19. 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.
20. Davies A, Patel S, Foschi F, Andiappan M, Mitchell PJ, Mannocci F. The detection of periapical pathoses using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in endodontically re-treated teeth - part 2: a 1 year post-treatment follow-up. *Int Endod J.* 2016;49:623-35.
21. Liang YH, Li G, Wesselink PR, Wu MK. Endodontic Outcome Predictors Identified with Periapical Radiographs and Cone-beam Computed Tomography Scans. *J Endod.* 2011;37:326-31.
22. Kim S. Endodontic Application of Cone-Beam Computed Tomography in South Korea. *J Endod.* 2012;38:153-7.
23. Pope O, Sathorn C, Parashos P. A Comparative Investigation of Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiography in the Diagnosis of a Healthy Periapex. *J Endod.* 2014;40:360-5. <https://doi.org/10.1016/j.joen.2013.10.003>
24. 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.
25. Pigg M, List T, Petersson K, Lindh C, Petersson A. Diagnostic yield of conventional radiographic and cone-beam computed tomographic images in patients with atypical odontalgia. *Int Endod J.* 2011;44:1092-101.
26. López FU, Kopper PMP, Cucco C, Della Bona A, Figueiredo JAP de, Vier-Pelisser FV. Accuracy of Cone-beam Computed Tomography and Periapical Radiography in Apical Periodontitis Diagnosis. *J Endod.* 2014;40:2057-60.
27. Ordinola-Zapata R, Bramante CM, Duarte MH, Ramos Fernandes LMPS, Camargo EJ, de Moraes IG, et al. The influence of cone-beam computed tomography and periapical radiographic evaluation on the assessment of periapical bone destruction in dog's teeth. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology.* 2011;112:272-9.
28. Nur Kurt S, Erdogan ur, Evlice B, Yoldas O. Outcomes of Periradicular Surgery of Maxillary First Molars Using a Vestibular Approach: A Prospective, Clinical Study With One Year of Follow-Up. *J Oral Maxillofac Surg.* 2014;72:1049-61.
29. von Arx T, Roux E, Btirgin W. Treatment decisions in 330 cases referred for apical surgery. *J Endod.* 2014;40:187-91.
30. Lemagner F, Maret D, Peters OA, Arias A, Coudrais E, Georgelin-Gurgel M. Prevalence of Apical Bone Defects and Evaluation of Associated Factors Detected with Cone-beam Computed Tomographic Images. *J Endod.* 2015;41:1043-7.

Acknowledgements

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

Conflicts of interest

All authors confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication and there has been no significant financial support for this work that could have influenced its outcome.

Comparison of the diagnostic efficacy of 2D radiography and cone beam computed tomography in persistent apical periodontal disease: A PRISMA-DTA systematic review and meta-analysis

Amparo Ramis-Alario, DDS, MS,^a David Soto-Peñaloza, DDS, MSc, PhD,^b Beatriz Tarazona-Alvarez, DDS, MSc, PhD,^c Miguel Peñarrocha-Diago, MD, PhD,^d and David Peñarrocha-Oltra, MD, DDS, MS, PhD^e

Objective. The objective of this study was to answer the question: Do conventional radiographs (periapical/panoramic) afford better diagnostic outcomes than cone beam computed tomography (CBCT) as a complement for clinical diagnosis of apical lesions with persistent apical periodontitis or disease after root canal treatment?

Study Design. Five electronic databases were searched and provided information to enable construction of a table to determine primary diagnostic measures and secondary parameters. The evidence was appraised with the Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies tool and GRADEpro software.

Results. Twenty-seven articles (9903 diagnostic images) were included. The pooled sensitivity, specificity, area under the receiver operating characteristic curve (AUC_{ROC}), positive predictive value, negative predictive value, negative likelihood ratio, and accuracy were 0.58, 1, 0.77, 1, 0.68, 0.45, and 0.79, respectively.

Conclusions. Moderate certainty evidence suggested that conventional radiographs showed poor sensitivity and excellent specificity but good diagnostic performance in terms of AUC_{ROC} and accuracy. Sensitivity, AUC_{ROC}, and negative likelihood ratio values could be reduced if the time elapsed to diagnosis after root canal treatment exceeded 5 years. The use of CBCT with a reduced field of view or a 2D radiographic technique should be weighed considering patient-specific and indication-oriented criteria as taking precedence over the therapeutic goal. (Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol 2021;000:e1–e16)

The prevalence of untreated oral diseases continues to be high and there has been no significant reduction in the last few years, with over 3.5 billion people affected globally.¹ Apical periodontitis, which is of pulpal origin, may be symptomatic or asymptomatic. The asymptomatic conditions, such as radicular cyst or granuloma, manifest as chronic inflammation and destruction of the apical periodontium and surrounding bone. They appear as an apical radiolucency and do not produce clinical symptoms. Symptomatic apical periodontitis, such as periapical abscess, is mainly characterized by acute inflammation of

the apical periodontium and develops with painful symptoms that are accentuated in biting, percussion, or palpation tests. In radiologic evaluation, this lesion may or may not be associated with an apical radiolucency.² However, not every periapical radiolucency represents an inflammatory lesion. Differential diagnosis should include apical scar, noninflammatory cystic lesions, cemento-osseous dysplasia, tumors, and other entities.³

Persistent apical periodontitis is considered to be an apical lesion related to a nonvital tooth that does not resolve after root canal treatment because of the presence of pathogens that survive mechanical debridement.^{4,5} Previous studies have described its radiographic prevalence to be approximately 31% to 36% in the United States⁶ and 24% to 65% in European countries.⁷ Prevalence of 39% to 44.7% has been reported in different locations of South America, Europe, and the Middle East.^{8–11}

Conventional 2D radiographs, which traditionally have been the most commonly used initial diagnostic imaging modality, provide cost-effective images with

Statement of Clinical Relevance

The indication for CBCT imaging with a reduced field of view or two-dimensional radiograph technique in a functional tooth should be weighed considering patient-specific and indication-oriented criteria as a priority for the therapeutic goal.

This study was funded with the resources of the Faculty of Medicine and Dentistry of the University of Valencia.

^aOral Surgery Unit, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain.

^bMaster in Oral Surgery and Implantology, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain.

^cAssistant Professor, Department of Stomatology, Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia, Valencia, Spain.

^dChairman of Oral Surgery and Director of the Master in Oral Surgery and Implantology, Valencia University Medical and Dental School, Valencia, Spain.

^eFull Professor of Oral Surgery, Department of Stomatology, Valencia University Medical and Dental School, Valencia, Spain.

Received for publication Jan 17, 2021; returned for revision Jun 27, 2021; accepted for publication Jul 4, 2021.

© 2021 Elsevier Inc. All rights reserved.

2212-4403/\$-see front matter

<https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>

high spatial resolution. However, these radiographs do not provide information on the third dimension and are subject to geometric distortion and anatomic noise, thereby diminishing their diagnostic value.¹² Periapical lesions confined to the cancellous bone are not always visible on 2D images until the cortical plate becomes perforated¹³ or until demineralization of the bone reaches 30% to 50%.¹⁴ Furthermore, anatomic structures such as the maxillary sinus and mental foramen can obscure the periapical region on conventional radiographs.^{15,16}

Cone beam computed tomography (CBCT) has the capacity to reveal the true extension of periapical lesions and their relationships with important neighboring anatomic structures.¹⁷ Lofthug-Hansen et al. demonstrated that CBCT was capable of depicting a larger number of lesions than periapical radiography and that in 70% of cases it provided clinically relevant information that was not supplied by periapical images.¹⁸ Systematic reviews have examined the relationship between conventional 2D radiographs and CBCT but with inconclusive results because of the heterogeneity of the reference standard used and inclusion of evidence obtained from both *in vitro* and *ex vivo* studies.^{19,20} Only one very recent systematic review, employing histopathologic examination as the reference standard for actual *in vivo* periapical lesions and *in situ* visualization of artificially created lesions, has concluded that digital and conventional periapical radiographs offer good accuracy in discriminating chemically or mechanically induced artificial lesions in dry mandibles.²¹ These findings cannot, however, be directly extrapolated to everyday clinical practice. Histopathologic examination clearly offers the most exact diagnosis, but a significant portion of the published clinical evidence does not mention it.

Although CBCT has better diagnostic value than 2D images, the most prevalent reasons for not using this technology are the cost and installation space required, according to a survey-based study in the United States.²² These factors may be critical in developing countries where 2D radiography is still frequently used in decision making. Furthermore, the increased radiation dose of CBCT must be taken into account, because it is much higher than that produced by 2D methods.²³ A recent position paper argued that the use of CBCT in endodontics should be justified, optimized, and reported on and must be requested with caution.²⁴ However, absence of knowledge of the diagnostic performance of CBCT precludes the possibility of properly understanding the relative strengths and weaknesses of this technique compared with 2D radiography in visualizing apical periodontal disease. Such gaps in the literature impede further improvements on the topic. The Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses for Diagnostic Test Accuracy studies (PRISMA-DTA)²⁵ was developed for this purpose.

The aim of this study was to compare the diagnostic performance outcomes between conventional 2D radiographs and CBCT in detecting persistent apical disease after root canal treatment. The population (target condition), index test, reference standard, and diagnosis of interest format^{25,26} was used to develop the following focused question: In patients with persistent apical periodontitis or disease after nonsurgical root canal treatment (P), do conventional radiographs (I) afford greater diagnostic accuracy (D) than CBCT scans (R) as a complement for the clinical diagnosis of apical lesions? (Supplemental Table S1; available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

STUDY PROTOCOL

The present systematic review was performed following PRISMA-DTA,²⁵ the Standards for Reporting Diagnosis Accuracy 2015 guidelines,²⁷ and the Assessment of Multiple Systematic Reviews and Meta-analysis²⁸ guidelines.

Electronic search

The electronic search was conducted in 4 databases and in the grey literature by 2 reviewers (A.R.A., D.S.P.). The search covered Medline via PubMed, Embase, Web of Science, Google Scholar, and OpenGrey (www.opengrey.org) databases focusing on titles, without language restriction, through December 2019. The medical subject headings (MeSH), Emtree, and other free-text terms were used and combined whenever possible among databases using the Boolean operators (AND, OR). The reference lists of the included studies were screened to retrieve potentially eligible titles not detected through the electronic search, as suggested by Greenhalgh and Peacock.²⁹ The complete electronic search details are provided in Supplemental Appendix S2 (available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

Inclusion and exclusion criteria

The 2 reviewers each screened and recorded the titles by using Excel spreadsheets (Excel v16.16.1, Microsoft, Redmond, WA, USA). Clinical observational studies—that is, cohort studies (prospective and retrospective), case-control studies, cross-sectional studies, and randomized clinical trials (if any)—addressing the diagnosis of persistent periapical lesions after root canal treatment (nonsurgical endodontic treatment or endodontic retreatment) based on CBCT and conventional radiography in humans (e.g., periapical radiographs or panoramic radiographs as additional imaging tests) were considered. The reference standard test was taken to be CBCT, as reported in each article, and according to previous reports.^{8,30,31} The complete inclusion and exclusion details are provided in Supplemental Appendix S3 (available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

Data collection, extraction, and management

Screening and selection of papers. Titles obtained were collected and screened for the removal of duplicates using Mendeley Desktop 1.19.2, a reference manager and academic social network owned by Elsevier. Two authors (A.R.A., D.S.P.) reviewed the titles and abstracts on a predefined Excel spreadsheet. In a second stage, the full texts of articles selected were assessed relative to studies that appeared to meet the inclusion criteria. Interreviewer agreement was assessed to ascertain study selection by using the Cohen κ coefficient. The level of agreement was interpreted by using the Landis and Koch scale, in which κ values <0 indicated no agreement, 0 to 0.20 slight, 0.21 to 0.40 fair, 0.41 to 0.60 moderate, 0.61 to 0.80 substantial, and 0.81 to 1 almost perfect agreement.³¹ Discrepancies were resolved by discussion with a third reviewer (D.P.O.).

Search outcomes and evaluation. Two reviewers (A.R.A., B.T.A.) independently extracted the data of interest, including the following:

1. Basic study characteristics: first author and year, country, study design and duration, clinical setting, sample characteristics (number of patients, sex, age, and teeth location), index test and reference standard, target condition definition, apical radiolucency results, analysis units, and funding sources. From a 2 × 2 table consisting of true positives, true negatives, false positives, and false negatives, the following diagnostic accuracy measures, according to Standards for Reporting Diagnosis Accuracy guidelines,²⁷ were considered (Supplemental Table S4):
 - Primary diagnostic measures: sensitivity, specificity, and area under the receiver operating characteristic curve (AUC_{ROC}), which plots sensitivity against 1 – specificity.
 - Secondary diagnostic measures: positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV), positive and negative likelihood ratios (LR+, LR–), and accuracy (ACC). When diagnostic accuracy measures were not reported, raw data were extracted, if provided. Sensitivity and specificity were interpreted using a scale previously reported⁶: <0.60, poor; 0.60 to 0.69, fair; 0.70 to 0.80, good; and >0.80 to 1.00, excellent. AUC_{ROC} values were interpreted as <0.50, test not useful; 0.50 to 0.60, bad; 0.60 to 0.70, sufficient; 0.70 to 0.80, good; 0.80 to 0.90, very good; and 0.90 to 1.00, excellent.⁷
2. Other data: features of CBCT and conventional radiographs, calibration of radiographic examiners, display for measurement standardization, and 3D outcome assessment confirmation. Disagreements were resolved by consensus with a third reviewer (M.P.D.). These steps are summarized descriptively

in Supplemental Table S4 (available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

Risk of bias in individual studies. The methodological quality of the selected studies was independently evaluated by 2 reviewers (A.R.A., B.T.A.). Four domains (patient selection, index test, reference standard, and flow of the patients and timing) were appraised, according to the Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies (QUADAS-2) guidelines.³² Two aspects, “risk of bias” and “applicability concerns” to the review question, were assessed. The interreviewer agreement was ascertained by using the Cohen κ coefficient and interpreted according to the Landis and Koch scale.³¹ Discrepancies were resolved by discussion with a third advisor (D.S.P.). Considerations of risk of bias assessment are shown in Supplemental Appendix S5 (available at [doi:10.1016/j.oooo.2021.07.002](https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002)).

Summary of measures and synthesis of results

The quantitative synthesis approaches are described in the supplemental material (Supplemental Appendix S6; available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

Additional analyses

This approach is explained in detail in the supplementary material (Supplemental Appendix S7; available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

Certainty of evidence

The quality of evidence of diagnostic test accuracy was assessed based on its certainty (e.g., very low, low, moderate, or high). A summary of findings table was developed using the GRADEpro (Copyright © 2020, McMaster University and Evidence Prime Inc. All rights reserved) open software (<https://gdt.grade.pro.org>). In a transparent manner, the Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation (GRADE) approach integrates the risk of bias, evidence indirectness, inconsistency, imprecision, and other considerations (e.g., hints of publication bias, large effect size, and plausible confounding), relevant for meta-evidence interpretation³³ (Supplemental Appendix S7; available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

RESULTS**Study selection**

The PRISMA flowchart representing the study selection process is shown in Figure 1. No studies were identified through the OpenGrey database. Of the 787 articles retrieved from the other databases, 295 were found to be duplicated, resulting in 492 articles screened by title and abstract (Supplemental Table S8; available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>). After excluding 432 articles following title and abstract analysis, 60 studies

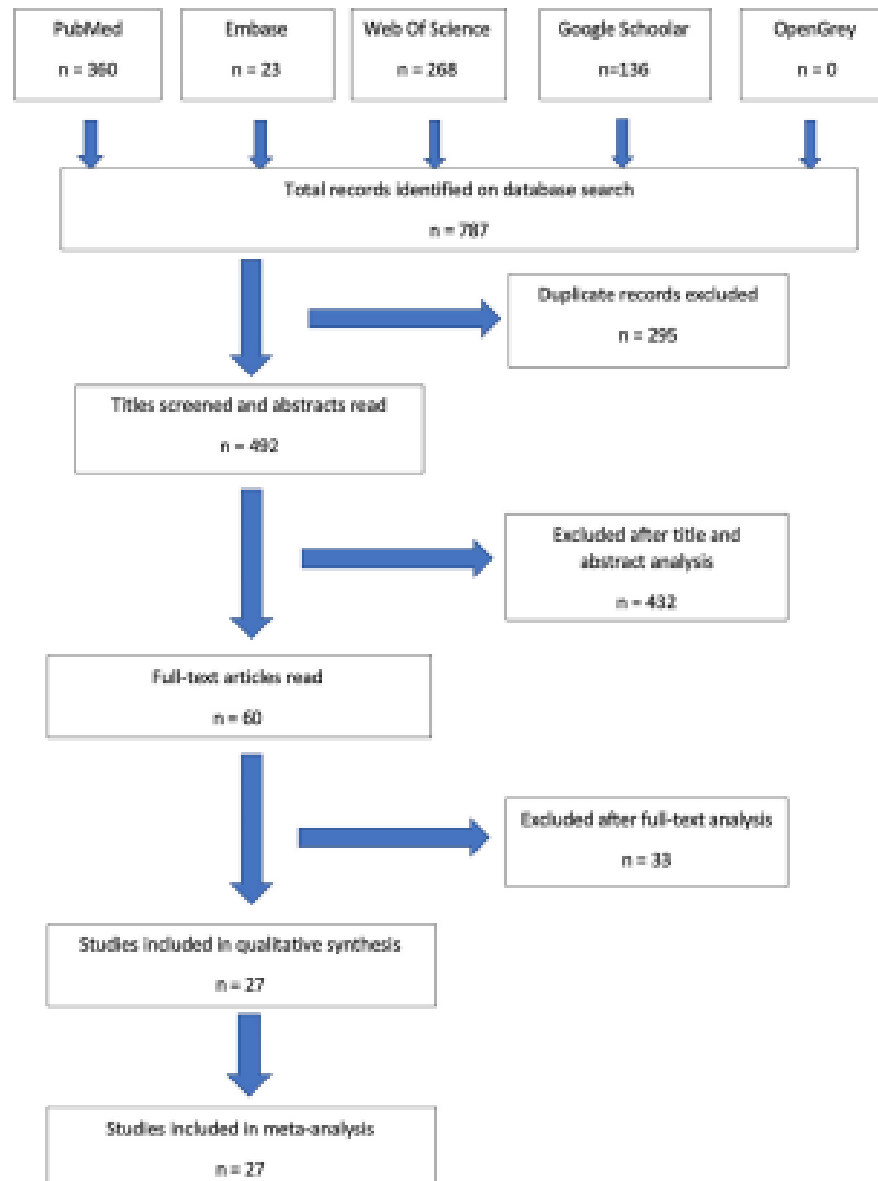


Fig. 1. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses flowchart of study selection.

were selected for full-text reading. After full-text analysis, 33 articles were excluded for reasons listed in Supplemental Table S9 (available at doi:10.1016/j.oooo.2021.07.002). Finally, 27 articles were included in the systematic review and meta-analysis. The level of agreement between reviewers was almost perfect ($\kappa = 0.96$).

Study characteristics

Of the 27 papers, 13 articles compared digital periapical radiography (DPR) vs CBCT,^{29,34-45} 2 articles compared conventional periapical radiography (CPR) and DPR vs

CBCT,^{30,46} 2 compared DPR and panoramic radiography vs CBCT,^{47,48} 5 compared CPR vs CBCT,^{16,49-52} 1 compared CPR and panoramic radiography vs CBCT,⁵ 1 compared periapical radiography vs CBCT but failed to mention the features of both CBCT and periapical x-ray devices,⁵³ and 3 articles compared panoramic radiography vs CBCT⁵⁴⁻⁵⁶ (Supplemental Table S10; available at doi:10.1016/j.oooo.2021.07.002). A summary of radiologic features is provided in the supplementary material (Supplemental Table S11; available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

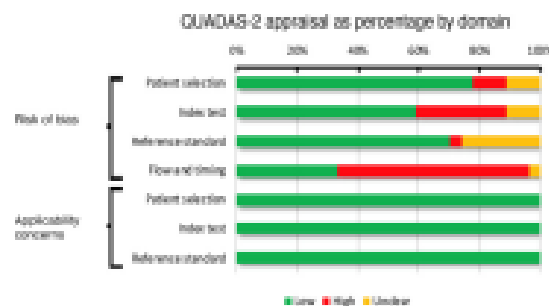


Fig. 2. Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies domain bar chart.

Risk of bias within studies and applicability concerns

The most problematic domains, according to the QUADAS-2 tool, were related to flow and timing and the index test, which were high in 63% and 29% of the studies, respectively (Figure 2). Applicability showed low risk of bias in the included studies. Reviewer agreement was almost perfect ($\kappa = 0.93$). A descriptive summary of the methodological appraisal of each item throughout the QUADAS-2 tool is provided in Supplemental Table S12 (available at <https://doi.org/10.1016/j.oooo.2021.07.002>).

Outcomes of individual studies

The lowest sensitivity value was observed in the study published by Estrela et al.⁸ relative to panoramic radiography (27.83%). The highest sensitivity value was reported by Bornstein et al.³⁶ for DPR (94.83%). Specificity in all cases was close to or equal to 100%, except in 3 studies,^{36,48,54} because the true negative and false positive values were zero. AUC_{ROC} ranged between 0.64⁸ and 0.94.⁵⁶ PPV likewise equaled 100%, except in the study by Nardi et al.,⁵⁵ which cited 89%, and the investigation by Uraba et al.³⁰ (96.55%). However, NPV ranged between 34.38% and 87.15%, except in the studies by Bornstein et al.,³⁶ Ramis-Alario et al.,⁴⁸ and Keser and Pekiner,⁵⁴ which reported a value of 0 because the true negative value equaled 0. The LR+ was not summarized, because the nature of the data used to estimate this parameter yielded zero. The LR- ranged from 0.11⁵⁶ to 0.72.^{8,41} Accuracy was above 70% in all articles (with a maximum of 95% recorded by Bornstein et al.³⁶ for DPR), except in the article published by Estrela et al.,⁸ showing a value of 56.83% for panoramic radiographs. The diagnostic performance parameters are summarized in Table I.

Quantitative synthesis of the results

In total, 27 studies comprising 36 data subsets that involved 9903 diagnostic images were examined by random effects meta-analyses with reference to the primary and secondary diagnostic measures.

Primary diagnostic measures

Sensitivity and specificity. The pooled sensitivity and specificity estimates were 58% (0.58; 95% confidence interval [CI], 0.53-0.64) and 100% (1.00; 95% CI, 1.00-1.00), respectively (Figure 3). These values represented poor sensitivity but excellent specificity. Egger's test showed no evidence of risk of publication bias across the meta-analyses. In relation to sensitivity, it showed almost perfect symmetry but exhibited high heterogeneity with studies outside the theoretical funnel on both the left and right sides ($P = .508$; Figure 4a).

The overall heterogeneity was high for sensitivity ($I^2 = 97.3\%$; $Q_{H1} = 1491.6$; $P < .001$). The I^2 index was not estimated for specificity owing to the lack of positive variances; its homogeneity, however, was intuitively accepted (data not shown). Study consistency is illustrated by means of a Galbraith plot revealing 1 study outside the confidence interval.³⁶ Most of the studies contributed equally to overall heterogeneity observed for sensitivity (Figure 4b). Three studies were excluded from the mixed effects model metaregression analysis for the sensitivity parameter because they used combined DPR/CPR and DPR plus parallax techniques.^{39,30,53}

Area under the receiver operating characteristic curve. The pooled AUC_{ROC} discriminating capacity of conventional radiographs to diagnose persistent apical disease was 77% (0.77; 95% CI, 0.75-0.80) as shown in the forest plot in Figure 5a. This was classified as "good" in the scale of interpretation in Supplemental Appendix S6 (available at [URL/link]). Egger's test suggested no risk of publication bias for the parameter AUC_{ROC} ($P = .692$) as visually illustrated with the funnel plot (Figure 5b). The total heterogeneity was high ($I^2 = 89.3\%$; $Q_{H1} = 318.4$; $P < .001$). The Galbraith plot showed that most studies contributed to heterogeneity to the same degree (Figure 5c). The AUC_{ROC} values are visually depicted in Figure 5d.

Secondary diagnostic measures

Positive and negative predictive values. The pooled positive predictive value estimate was 100% (1.00; 95% CI, 1.00-1.00; data not shown). The negative predictive value was 68% (0.68; 95% CI, 0.63-0.72) as depicted in the forest plot (Figure 6a). Relative to NPV, the funnel plots suggested an acceptable symmetry ($P = .186$). Some studies had atypically lower NPV values as shown by the funnel plot (Figure 6b). The overall heterogeneity was high for NPV ($I^2 = 95.1\%$; $Q_{H1} = 614.2$; $P < .001$). The study consistency is illustrated by means of a Galbraith plot revealing 1 study⁴¹ outside the confidence interval (Figure 6c). The majority of the studies induced heterogeneity to the same extent. The I^2 index was not estimated

Table 1. Diagnostic parameters provided by the included studies

Study	Index test	Tooth/broot	Sample size	Sensitivity %	Specificity %	AUC _{ROC}	PPV %	NPV %	LR-	Accuracy %
Al-Nuaimi et al. ⁴⁴	DPR	Tooth	132	52.31	100	0.76	100	68.37	0.48	77
Bornstein et al. ³⁷	DPR	Root	75	72.88	100	0.86	100	50	0.27	79
Bornstein et al. ³⁸	DPR	Tooth	58	94.83	—	—	100	0	—	95
Davies et al. ²⁹	DPR	Root	209	60.56	100	0.80	100	54.47	0.39	73
	DPR+Parallax	Root	209	57.04	100	0.79	100	52.34	0.43	70.81
Davies et al. ²⁵	DPR	Tooth	98	60.53	100	0.80	100	80	0.39	84.69
	DPR	Root	206	54	100	0.77	100	87.15	0.46	88.84
Elliot et al. ³³	DPR	Root	80	64.29	100	0.82	100	54.55	0.36	75
Estrela et al. ⁴	CPR	Tooth	1508	55.76	100	0.78	100	60.3	0.44	73.54
	Panoramic	Tooth	1508	27.83	100	0.64	100	48.21	0.72	56.83
Estrela et al. ³¹	CPR	Tooth	1014	64.89	100	0.82	100	64.6	0.35	78.6
Estrela et al. ³²	CPR	Tooth	397	64.66	100	0.82	100	65.17	0.35	78.73
Fernández et al. ³⁶	DPR	Tooth	121	35.14	100	0.68	100	77.78	0.65	80.17
	DPR	Root	186	38.46	100	0.69	100	80.72	0.62	82.8
	CPR	Tooth	121	37.84	100	0.69	100	78.51	0.62	80.99
	CPR	Root	186	38.46	100	0.69	100	80.72	0.62	82.8
Gargari et al. ³⁴	PR	Root	102	57.41	100	0.79	100	67.61	0.43	77.45
Keser et al. ³²	Panoramic	Tooth	200	86	—	—	100	0	—	86
Liang et al. ³²	DPR	Root	143	48.65	100	0.74	100	84.8	0.51	86.71
Liang et al. ³⁴	DPR	Root	268	67.31	100	0.84	100	82.83	0.33	87.31
Liang et al. ³⁸	DPR	Tooth	84	83.82	100	0.92	100	59.26	0.16	86.91
Lo Giudice et al. ³⁰	DPR	Tooth	111	39.22	100	0.70	100	65.93	0.61	72.07
Low et al. ¹⁶	CPR	Tooth	156	66.05	100	0.83	100	55.95	0.34	76.28
Moura et al. ⁴⁵	CPR	Root	503	74.41	100	0.87	100	73.05	0.26	84.89
Nardi et al. ³⁵	Panoramic	Tooth	480	49	94	0.72	89	65	0.54	71
Patel et al. ⁴⁰	DPR	Tooth	123	34.78	100	0.67	100	71.96	0.65	75.61
	DPR	Root	218	28.07	100	0.64	100	79.7	0.72	81.19
Ramis-Alario et al. ⁴⁸	DPR	Tooth	45	82.22	—	—	100	0	—	82.22
	Panoramic	Tooth	45	82.22	—	—	—	0	—	82.22
Saidi et al. ⁴²	DPR	Tooth	158	39.29	100	0.70	100	75	0.61	78.48
Sălcănuș et al. ³⁶	Panoramic	Tooth	30	88.89	100	0.94	100	85.71	0.11	93.33
Stoica et al. ³⁹	DPR	Tooth	35	50	100	0.75	100	65.39	0.5	74.29
Urba et al. ³⁰	DPR/CPR	Tooth	178	61.54	97.7	0.80	96.55	70.83	0.39	79.21
van der Borden et al. ⁴¹	DPR	Root	71	65	100	0.83	100	34.38	0.35	70.42
Venskutonis et al. ⁴⁷	Panoramic	Tooth	187	55.45	100	0.82	100	61.11	0.45	73.8
	DPR	Tooth	35	64	100	0.78	100	52.63	0.36	74.29

AUC_{ROC}, area under the receiver operating characteristic curve; CPR, conventional periapical radiograph; DPR, digital periapical radiograph; LR-, negative likelihood ratio; NPV, negative predictive value; PPV, positive predictive value; PR, periapical radiograph.

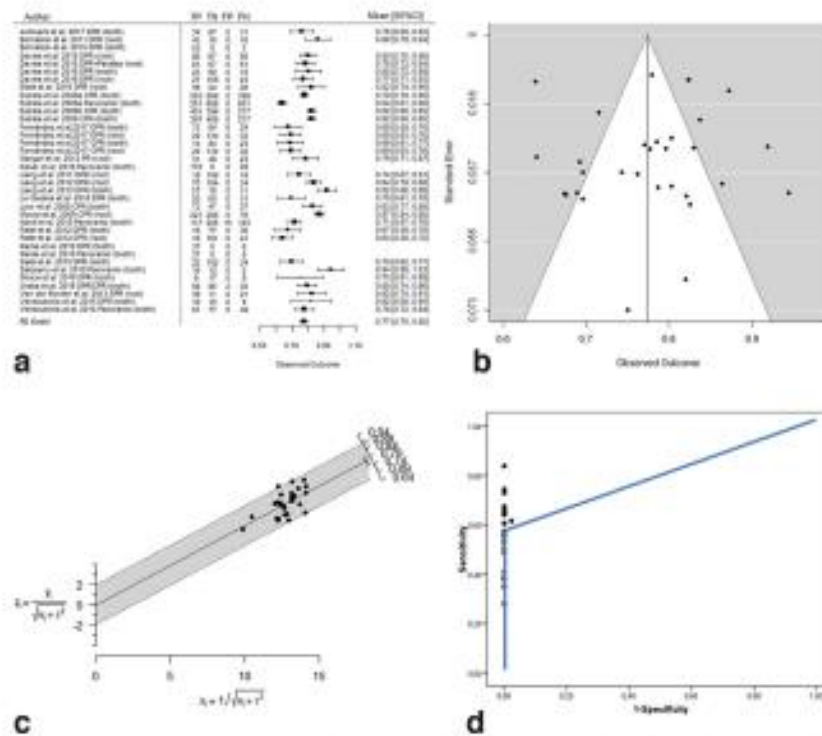


Fig. 5. Area under the receiver operating characteristic curve (AUC_{ROC}). (a) Forest plot, (b) funnel plot for publication bias, (c) Galbraith plot of study consistency, and (d) AUC_{ROC} graph. Black boxes, mean values of individual studies; whisker extensions, 95% confidence intervals. Black dots: Standard error (SE) of individual studies plotted at different levels of the funnel contour (top, more accurate studies; bottom, less accurate studies). The Galbraith plot scatters the standardized log of the diagnostic parameter (z -statistic) of each individual study ($z = \text{study estimation}/SE$) in the vertical axis against the study precision ($1/SE$) in the horizontal axis.

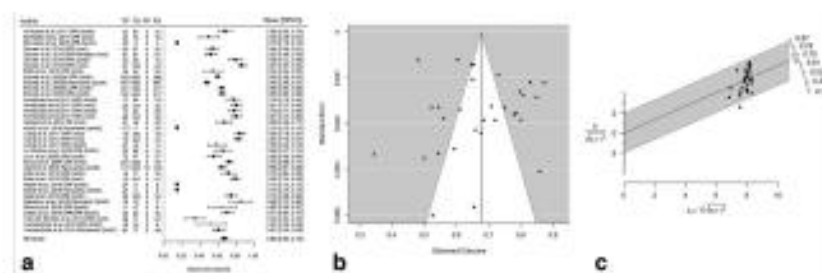


Fig. 6. Negative predictive value. (a) Forest plot, (b) funnel plot for publication bias, and (c) Galbraith plot of study consistency. Black boxes, mean values of individual studies; whisker extensions, 95% confidence intervals. Black dots: Standard error (SE) of individual studies plotted at different levels of the funnel contour (top, more accurate studies; bottom, less accurate studies). The Galbraith plot scatters the standardized log of the diagnostic parameter (z -statistic) of each individual study ($z = \text{study estimation}/SE$) in the vertical axis against the study precision ($1/SE$) in the horizontal axis.

symmetry ($P = .427$) (Figure 7b). The Galbraith plot showed some studies close to the confidence limit, but several studies made a considerable contribution to heterogeneity (Figure 7c).

Accuracy. The pooled accuracy in correctly classifying either cases of health or disease using conventional radiographic techniques was 79% (0.79; 95% CI, 0.77-0.82), classified as a good value. The data are

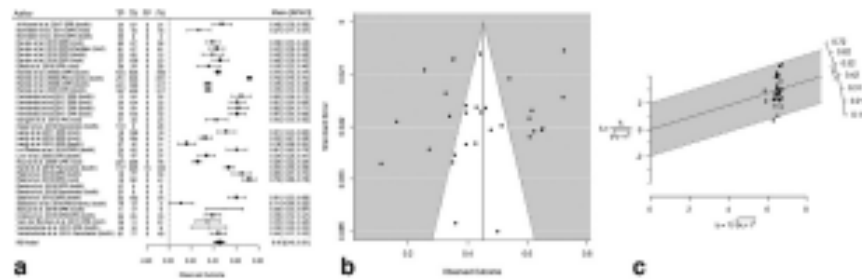


Fig. 7. Negative likelihood ratio. (a) Forest plot, (b) funnel plot for publication bias, and (c) Galbraith plot of study consistency. Black boxes, mean values of individual studies; whisker extensions, 95% confidence intervals. Black dots: Standard error (SE) of individual studies plotted at different levels of the funnel contour (top, more accurate studies; bottom, less accurate studies). The Galbraith plot scatters the standardized log of the diagnostic parameter (z -statistic) of each individual study ($z = \text{study estimation}/\text{SE}$) in the vertical axis against the study precision ($1/\text{SE}$) in the horizontal axis.

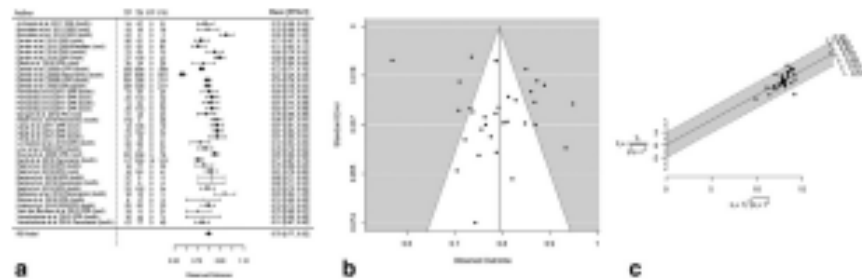


Fig. 8. Accuracy. (a) Forest plot, (b) funnel plot for publication bias, and (c) Galbraith plot of study consistency. Black boxes, mean values of individual studies; whisker extensions, 95% confidence intervals. Black dots: Standard error (SE) of individual studies plotted at different levels of the funnel contour (top, more accurate studies; bottom, less accurate studies). The Galbraith plot scatters the standardized log of the diagnostic parameter (z -statistic) of each individual study ($z = \text{study estimation}/\text{SE}$) in the vertical axis against the study precision ($1/\text{SE}$) in the horizontal axis.

illustrated in the forest plot in Figure 8a. Egger's test suggested no evidence of reporting bias ($P = .928$), as shown by the funnel plot (Figure 8b). A high degree of heterogeneity was observed ($I^2 = 88.4\%$; $Q_{H} = 463.3$; $P < .001$). The Galbraith plot revealed a single study outside the confidence limits,⁸ but there were also studies with high accuracy values (Figure 8c).

Additional analyses

Potential sources of inconsistency related to study characteristics (Supplemental Table S13; available at doi:10.1016/j.oooo.2021.07.002) and methodological issues (Supplemental Table S14; available at doi:10.1016/j.oooo.2021.07.002) across the included studies were sought by using a mixed effects model metaregression analysis; the main findings are summarized in Table II.

The time elapsed to diagnosis (≥ 5 years) and the risk for flow and timing bias showed an influence on the diagnostic performance of the majority of indicators. The former explained 18.9% of the overall inconsistency implied for sensitivity, 22.3% for AUC_{ROC} parameters, and 18.8% for LR- ($P < .05$) and suggested a reduction of 15.5%

($\beta = -0.155$) and 8% ($\beta = -0.08$) in sensitivity and AUC_{ROC} performance, respectively. Conversely, an increase of 15.4% ($\beta = 0.154$) on LR- estimations was suggested. Sensitivity was significantly reduced in the studies disclosing funding sources ($\beta = -0.117$) and the clinical setting suggested a trend toward better NPV ($\beta = 0.12$; $P = .097$).

The propensity for flow and timing bias explained 17.5%, 33.7%, 9.7%, and 11.5% of the overall inconsistency of sensitivity, NPV, LR-, and accuracy, respectively ($P < .05$), and suggested a reduction (β value) of 13.3%, 10.6%, and 5.1% in NPV, LR-, and accuracy, respectively. Accuracy was significantly affected ($P = .042$). To the contrary, an increase of 15.7% in sensitivity values was observed in the presence of high/unclear risk of flow and timing bias. This factor suggested a trend toward better AUC values ($P = .072$).

Risk of bias across studies and metaregression findings

No evidence of publication bias was observed across the meta-analyses, despite the observation of slight

Table II. Summary of mixed effects model meta-regression.

Diagnostic performance parameters	Clinical covariate	β	SE	95% CI β		Summary R^2 (%)	Methodological issues	β	SE	95% CI β		Summary R^2 (%)	Q_{st} (P value)
				Lower	Upper					Lower	Upper		
Sensitivity	RCT time elapsed to diagnosis					18.9	Flow and timing bias						17.5
	<3 years (reference)						Low (reference)						
	≥ 5 years	-0.155	0.077	-0.306	-0.004	0.044*	High-unclear	0.157	0.055	0.049	0.265	0.054*	
AUC _{ROC}	Funding sources (yes)	-0.117	0.059	-0.233	0.000	0.050*	7.72						
	RCT time elapsed to diagnosis						22.3	Flow and timing bias					
	<3 years (reference)						Low (reference)						
	≥ 5 years	-0.080	0.040	-0.159	0.002	0.044*	High-unclear	0.049	0.027	-0.004	0.101	0.072	—
NPV	RCT time elapsed to diagnosis					—	Flow and timing bias						33.7
	<3 years (reference)						Low (reference)						
	≥ 5 years	0.064	0.068	-0.070	0.197	0.350	High-unclear	-0.133	0.038	-0.207	0.060	0.001†	
LR-	RCT time elapsed to diagnosis					18.8	Flow and timing bias						9.7
	<3 years (reference)						Low (reference)						
	≥ 5 years	0.154	0.077	0.004	0.305	0.045*	High-unclear	-0.106	0.052	-0.208	0.001	0.047*	
Accuracy	RCT time elapsed to diagnosis					—	Flow and timing bias						11.5
	<3 years (reference)						Low (reference)						
	≥ 5 years	-0.010	0.029	-0.066	0.046	0.725	High-unclear	-0.051	0.025	-0.101	-0.001	0.042*	

AUC_{ROC}, area under the receiver operating characteristic curve; CI, confidence interval; LR-, negative likelihood ratio; NPV, negative predictive value; RCT, root canal treatment; SE, standard error.

*p < 0.05

†p < 0.005

Table III. GRADE summary of findings table

Patient or population: patient underwent root canal treatment;
setting: periapical lesions after root canal treatment;
index test: conventional radiographs;
reference test: cone beam computed tomography.
Pooled sensitivity: 0.58 (95% CI, 0.52-0.63); **pooled specificity:** 1.00 (95% CI, 1.00-1.00).

Test result	Number of results per 1000 patients tested (95% CI)			Sample size (studies)	Certainty of the evidence (GRADE)	Comments
	Prevalence 13% Typically seen in Davies et al. ²⁷	Prevalence 39.5% Typically seen in Estrela et al. ²⁸	Prevalence 86% Typically seen in Keiser et al. ²⁹			
True positives	52 (47-57)	229 (205-249)	499 (447-542)	8367 (26)	⊕⊕⊕⊖ Moderate ^{a,b,c,d}	The longer the time elapsed to diagnose after root canal treatment (>5 years), the lower the sensitivity, reducing its capacity up to 15%. Sensitivity is reduced 12% among those studies disclosing funding sources, explaining 8% of the whole heterogeneity. On the other hand, it is observed that high/unclear risk for flow and timing bias increases sensitivity 16%.
False negatives	38 (33-43)	166 (146-190)	361 (318-413)			The high proportion of false negatives is affected by the propensity of flow and timing bias that explains 33.7% and 7% of the whole heterogeneity of NPV and LR-, respectively, reducing the performance of these parameters up to 13% and 11%, respectively. Time lapse accounts for 19% of LR- heterogeneity, increasing its performance up to 15%.
True negatives	870 (870-870)	605 (605-605)	140 (140-140)	8019 (23)	⊕⊕⊕⊕ Moderate ^{a,b,c}	Accuracy is significantly affected by the propensity for flow and timing bias, explaining 12% of the whole heterogeneity for this parameter.
False positives	0 (0-0)	0 (0-0)	0 (0-0)			AUC _{ROC} is affected by diagnostic time lapse (>5 years) explaining 22% of the whole heterogeneity, reducing its diagnostic capacity up to 8% ($\beta = -0.08$).
Grade	Definition					
High	Further research is very unlikely to change our confidence in the estimate of effect.					
Moderate	Further research is likely to have an important impact on our confidence in the estimate of effect and may change the estimate.					
Low	Further research is very likely to have an important impact on our confidence in the estimate of effect and is likely to change the estimate.					
Very low	Any estimate of effect is very uncertain.					

AUC_{ROC}, area under the receiver operating characteristic curve; CI, confidence interval; GRADE, Grading of Recommendations Assessment, Development, and Evaluation; LR-, negative likelihood ratio; NPV, negative predictive value.

^aThe level of evidence is downgraded by 2 levels owing to methodological flaws in the index test and the flow and timing risk of bias.

^bHigh heterogeneity; however, effects agree in direction, and confidence regarding the decision is unaffected; no apparent reason to downgrade by 2 levels. It is evidently a quantitative interaction, because the effect size varies among studies but not the direction of pooled sensitivity toward diagnostic incapacity. Sensitivity inconsistency is partially explained by diagnosis time lapse, funding sources, and propensity of flow and timing bias.

^cThe performance of test accuracy is the study end outcome; the meta-analyzed evidence matches the population spectrum for the index test's intended application.

^dCoefficient variability of sensitivity is 10.3% (<30%). Thus it was not deemed necessary to downgrade the evidence by imprecision.

^eNo heterogeneity; no apparent reason to downgrade.

ARTICLE IN PRESS

ORAL AND MAXILLOFACIAL RADIOLOGY

OOOO

e12 Ramis-Alario et al.

■■■ 2021

asymmetry in some indicators. We found no tendency toward effect of study location, publication year, or selection bias risk on overall estimator consistency. However, the use of DPR showed a trend toward increasing accuracy by up to 5% ($P = .084$).

Grading of the evidence

Certainty of the evidence was considered moderate for sensitivity and specificity as shown in the summary of findings table (Table III).

DISCUSSION

Sensitivity and specificity findings suggested that among patients with and without persistent apical disease, 58% of the lesions could be detected and 100% of healthy sites could be ruled out by using 2D conventional radiographs. These values were interpreted as “poor” and “excellent,” respectively. However, sensitivity and specificity did not represent overall test efficacy individually. Integration by means of the AUC_{ROC} indicator was therefore carried out and visually illustrated by plotting sensitivity against $1 - \text{specificity}$. Empirical evidence suggested that AUC_{ROC} values ranged between 0.5 (no better than chance) and 1 (perfect test).⁵⁷ The pooled AUC_{ROC} of 0.77 (95% CI, 0.75-0.80) suggested that 2D conventional radiographs yielded a good degree of efficacy in diagnosing persistent apical disease after root canal treatment. However, it should be mentioned that because most of the studies reported specificity values close or equal to 100%, it was not possible to plot an ROC curve adjusted to studies; a “pseudo-curve” was produced instead (Figure 5d). These results were in agreement with those of a previous report based on *in vitro* studies, indicating that CPR and DPR offered good accuracy (values between 70% and 80%).²¹

Relative to PPV and NPV, the pooled estimates of the meta-analyses were 1 and 0.68, respectively. However, NPV was susceptible to changes, decreasing confidence by up to 13.3% if a study was prone to risk of flow and timing bias. In contrast, based on the findings of Leonardi Dutra et al.,²¹ the PPV and NPV values for DPR were found to be around 100% but not in the human clinical setting. Their findings could be partly explained by the easy detection of artificial bone lesions in the form of drilled holes or to a lesser extent by the acid applied to the periapical bone tissue.⁵⁸ In this regard, mechanically induced lesions do not reproduce the diffuse borders of natural apical disease.¹⁹

The PPV of 2D conventional radiographs showed a trend similar to that of specificity because whenever 2D conventional radiography detects a radiolucency, CBCT confirms it, thereby indicating a low risk of false positive results. The values with reference to NPV

were not as good and ranged from 34% to 87%, thus suggesting a relatively high risk of underdiagnosis. It is important to mention that the prevalence of a disease can affect the PPV and NPV values. Accordingly, when the prevalence is high, there is a greater likelihood of finding true positive results in the population than false positive results, thereby increasing PPV and decreasing NPV. Furthermore, the estimated LR^- was 0.45, suggesting a decrease in the probability of having disease of up to 19%, given a negative test result.

It is well known that there is a high prevalence of persistent apical disease after root canal treatment.⁶⁻¹¹ However, some apical radiolucencies related to previous root canal treatment do not necessarily imply the presence of persistent apical disease but rather incompletely healed lesions, periapical connective tissue scars,⁵⁹ nonendodontic radiolucent jaw lesions,⁶⁰ or a prolonged healing time spanning a period of 5 years or more. Healing following endodontic treatment is influenced by many factors, including preoperative pain and swelling, lesion size, sinus tract formation, material extrusion, length of root canal instrumentation, and coronal restoration, among others.⁶¹

It is also well known that histopathologic analysis is the reference standard for diagnosis; however, this diagnostic measure is not feasible for use in the daily clinical practice of dentistry.⁶² Nevertheless, it is affordable if the case requires endodontic surgery, in which a biopsy could be performed.⁶³ Consequently, no imaging modality provides the indisputable truth for determining the size or diagnosis of a lesion that is found with histopathologic examination.

Thus, from a pragmatic point of view, the use of radiologic imaging is the only modality to assess the outcome of therapy after endodontic treatment. In this regard, Simon et al.⁶⁴ suggested that CBCT may provide a more accurate diagnosis than biopsy and histopathology by providing a diagnosis without invasive surgery or waiting a year to see whether nonsurgical therapy has been effective.⁶⁴ On the basis of this assumption, further studies have been published to confirm Simon et al.'s conjecture. Guo et al.⁶⁵ concluded that CBCT rendered moderate diagnostic capacity in distinguishing between cysts and granulomas vs histopathologic diagnosis in lesions of at least 5 mm diameter. These findings were corroborated in a further study.⁶⁶

Other authors such as Okada et al.⁶⁷ and Etöz et al.⁶⁸ have affirmed that CBCT can be as accurate as histopathologic analysis regarding classification of the lesion. Moreover, studies that have analyzed the presence or absence of a periapical lesion by comparing CBCT with histopathologic findings^{69,70} have demonstrated excellent values provided by CBCT in terms of sensitivity, specificity, and accuracy.

Previous systematic reviews on this topic have reported good and excellent accuracy of CBCT vs conventional periapical radiographs in the detection of periapical lesions^{30,71} and have concluded that CBCT has twice the probability of detecting periapical lesions compared with traditional periapical radiography. However, these reviews only included enlarged lesions in cohort studies and omitted unchanged or reduced lesions at different time intervals, features that could be consistent with osteolytic processes. This fact could cause overestimation of the lesions diagnosed. In contrast, the main aim of our study was to establish diagnostic performance in the presence of persistent periapical lesions after root canal therapy, without the abovementioned restrictions.

Although CBCT imaging has been proven to render moderate diagnostic capacity compared with 2D approaches, an apical radiolucency does not always represent disease in the absence of clinical symptomatology, as mentioned above. In this clinical context, a third category, "functional tooth," was introduced into the debate between success and failure of endodontic treatment as proposed by Friedman and Mor in 2004.³² This means that a functional tooth may include the presence of apical periodontitis when the patient is asymptomatic, irrespective of the technical characteristics of the root canal therapy. This contradicts the research of Bender et al.,³³ who argued, based on radiologic and histopathologic findings, that changes in size over time should be regarded as true failures and lesions that do not change should be considered acceptable.

In keeping with these observations, the radiation burden placed on patients by CBCT must be considered. CBCT imparts an effective radiation dose calculated at approximately 52 to 1410 μSv for a large field of view (FOV: larger than 10×10 cm), 18 to 674 μSv for medium FOVs (8×5 and 10×10 cm), and 11 to 252 μSv for a small FOV (below 8×5 cm).⁷⁴⁻⁷⁶ 2D radiographs result in an effective dose of 4.1 μSv for panoramic radiography and approximately 0.6 to 0.8 μSv for periapical radiography.⁷⁷ Depending on the CBCT volume settings (e.g., Planmeca Promax 3D with a 4×5 cm FOV and Newton 5G with a 6×6 cm FOV), these differences may represent up to 15 to 140 times higher radiation doses than conventional 2D radiographs.⁷⁷ As a result, the assessment of a persistent apical radiolucency should be performed considering the risk/benefit ratio of the radiation dose, and it must be weighed over a multiyear period of 5 years or more. Low-dose CBCT imaging protocols have encouraged the use of this technology. This emphasizes that diagnosis should be patient specific and indication oriented, meaning that the FOV, voxel size, and radiation dose should be dependent on the patient's age, anatomy, and therapeutic requirements.^{74,78}

Therefore, the decision to use CBCT or a 2D technique in patients in whom a functional tooth exhibits a periapical radiolucency after conventional root canal treatment should be clearly justified by the clinician to avoid unnecessary radiation exposure to the patient, in keeping with the "as low as diagnostically acceptable" (ALADA) criterion.⁷⁹

To our knowledge, this is the first review on this topic in dentistry conducted according to PRISMA-DTA guidelines. The strengths of this systematic review rely on the fact that not only was the meta-evidence of available clinical studies summarized but the research provided relevant information about the effect of reporting and methodological aspects on estimation of the results. Factors such as time elapsed to diagnosis, funding sources, and trends toward risk of bias have not previously been reported by other reviews on the topic and require more attention in further studies. Moreover, the certainty of the evidence based on sensitivity and specificity was conducted according to the GRADE approach. In this way, different anticipated prevalence values based on previous reports were used to enhance context-specific interpretation according to the most recent innovative methodological approaches for the implementation of diagnostic test accuracy studies (Supplemental Appendix S15; available at doi:10.1016/j.oooo.2021.07.002). As limitations, the statistical heterogeneity observed was a consequence of both clinical and methodological heterogeneity among the included studies. Most investigations did not involve similar diagnostic time intervals after root canal treatment, nor did they weight the change in lesion size across time.

Furthermore, the cause of lytic apical lesions was not confirmed by histopathologic analysis in most of these papers. Thus, healing may have varied based on host response (e.g., diabetes, actinomycosis infection, or systemic conditions) and could have resulted in non-healing of lesions, irrespective of how well the endodontic intervention was performed. This aspect is out of the range of the present review, which was based on the diagnostic test accuracy performance, and represents a limitation that warrants further longitudinal research. The results could be extrapolated to the detection of persistent apical lesions with conventional radiographs or CBCT, considering the time elapsed after root canal treatment.

CONCLUSIONS

Moderate certainty of evidence suggested that conventional radiographs showed poor sensitivity and excellent specificity but good diagnostic performance in terms of AUC_{ROC} ⁷⁸ and accuracy indicators. The sensitivity, AUC_{ROC} , and LR – test values could be reduced if the time elapsed to diagnosis after root canal

treatment was longer than 5 years. Thus, in cases of persistent lesions with absence of clinical symptoms, the use of CBCT imaging with a reduced field of view vs 2D radiographic techniques should be weighed, considering both patient-specific and indication-oriented criteria as priorities over the therapeutic goal and in consonance with the ALADA concept.

ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Juan Luis Gomez of StHalley Statistics for the consultancy and support provided in performing the meta-evidence analysis.

SUPPLEMENTARY MATERIALS

Supplementary material associated with this article can be found in the online version at doi:10.1016/j.oooo.2021.07.002.

REFERENCES

- Kassirajan NJ, Smith AGC, Bernabé E, et al. Global, regional, and national prevalence, incidence, and disability-adjusted life years for oral conditions for 195 countries, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Diseases, Injuries, and Risk Factors. *J Dent Res*. 2017;96:380-387.
- American Association of Endodontists. Glossary of endodontic terms. Available at: <https://www.aae.org/specialty/clinical-resources/glossary-endodontic-terms/>. Accessed March 31, 2021.
- Muppana M, Shi KJ, Ko E. Differential diagnosis of periapical radiopacities and radiolucencies. *Dent Clin North Am*. 2020;64:163-180.
- Nair PNR. On the causes of persistent apical periodontitis: a review. *Int Endod J*. 2006;39:249-281.
- Yu VS, Khin LW, Hou CS, Yee R, Messer HH. Risk score algorithm for treatment of persistent apical periodontitis. *J Dent Res*. 2014;93:1076-1082.
- Buckley M, Spitzberg LSW. The prevalence and technical quality of endodontic treatment in an American subpopulation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 1995;79:92-100.
- Jiménez-Piñán A, Segura-Egea JI, Poyano-Ferrera M, Velasco-Ortega E, IV Rizo-Santos. Prevalence of apical periodontitis and frequency of root-filled teeth in an adult Spanish population. *Int Endod J*. 2004;37:167-173.
- Estuola C, Reis Bruno M, Lelex CR, Azeredo B, Azeredo JR. Accuracy of cone beam computed tomography and panoramic and periapical radiography for detection of apical periodontitis. *J Endod*. 2008;34:273-279.
- Birklein S, Heck R, Schäfer E. Evaluation of the root canal anatomy of maxillary and mandibular premolars in a selected German population using cone-beam computed tomographic data. *J Endod*. 2013;43:1448-1452.
- Kirkvang LL, Vath M, Wenzel A. Ten-year follow-up of root filled teeth: a radiographic study of a Danish population. *Int Endod J*. 2014;47:980-988.
- Aktaş HT, Kostası A. Radiographic assessment of the relationship between root canal treatment quality, coronal restoration quality, and periapical status. *Niger J Clin Pract*. 2019;22:1126-1131, 22.
- Patel S, Dawood A, Whittes E, Pitt Ford T. New dimensions in endodontic imaging: part 1. Conventional and alternative radiographic systems. *Int Endod J*. 2009;42:447-462.
- Grondahl H-G, Haanonen S. Radiographic manifestations of periapical inflammatory lesions. How new radiological techniques may improve endodontic diagnosis and treatment planning. *Endod Top*. 2004;8:55-67.
- Bender IB. Factors influencing the radiographic appearance of bony lesions. *J Endod*. 1982;8:161-170.
- LeQuinn AK, Cunningham CJ, Pellon GB. Radiographic interpretation of experimentally produced osseous lesions of the human mandible. *J Endod*. 1977;3:274-276.
- Low KMT, Dala K, Birgin W, von Aex T. Comparison of periapical radiography and limited cone-beam tomography in posterior maxillary teeth referred for apical surgery. *J Endod*. 2008;34:557-562.
- Coti E, Vargiu P, Dettori C, Mallamı G. Computerized tomography in the management and follow-up of extensive periapical lesion. *Endod Dent Technol*. 1999;15:186-189.
- Lofthug-Hansen S, Haanonen S, Grondahl K, Grondahl H-G. Limited cone-beam CT and intraoral radiography for the diagnosis of periapical pathology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2007;103:114-119.
- Petersen A, Anilsson S, Davulcı T, et al. Radiological diagnosis of periapical bone tissue lesions in endodontics: a systematic review. *Int Endod J*. 2012;45:783-801.
- Krause C, Spin-Neto R, Wenzel A, Kirkvang L-L. Cone beam computed tomography and periapical lesions: a systematic review analysing studies on diagnostic efficacy by a hierarchical model. *Int Endod J*. 2015;48:815-828.
- Leonardi Datta K, Hiras L, Porporato AL, et al. Diagnostic accuracy of cone-beam computed tomography and conventional radiography on apical periodontitis: a systematic review and meta-analysis. *J Endod*. 2016;42:356-364.
- Senar FC, Hinchley N, Keldi MB, Karabacak B. A survey of cone-beam computed tomographic use among endodontic practitioners in the United States. *J Endod*. 2017;43:699-704.
- Boettstein MM, Harner K, Jacobs R. Use of cone beam computed tomography in implant dentistry: current concepts, indications and limitations for clinical practice and research. *Periodontol* 2000. 2017;73:51-72.
- Patel S, Brown J, Sempur M, Abella F, Mannocci F. European Society of Endodontics position statement: use of cone beam computed tomography in Endodontics European Society of Endodontology (ESE) developed by. *Int Endod J*. 2019;52:1675-1678.
- Melmas MDF, Mohr D, Thomsen B, et al. Preferred Reporting Items for a Systematic Review and Meta-analysis of Diagnostic Test Accuracy studies: the PRISMA-DTA statement. *JAMA*. 2018;319:388-396.
- Moran Z, Stern C, Arrematari E, Luckwood C, Jordan Z. What kind of systematic review should i conduct? A proposed typology and guidance for systematic reviewers in the medical and health sciences. *BMC Med Res Methodol*. 2018;18:5.
- Bossuyt PM, Reitsma JB, Bruns DE, et al. STARD 2015: an updated list of essential items for reporting diagnostic accuracy studies. *BMJ*. 2015;351:h5527.
- Shen BJ, Reeves BC, Wells G, et al. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ*. 2017;358:j4008.
- Greenhalgh T, Peacock R. Effectiveness and efficiency of search methods in systematic reviews of complex evidence: audit of primary sources. *BMJ*. 2005;331:1064-1065. <https://doi.org/10.1136/bmj.38636.593461.68>
- Uchida S, Ebihara A, Komatsu K, Ohbayashi N, Okiji T. Ability of cone-beam computed tomography to detect periapical lesions

- that were not detected by periapical radiography: a retrospective assessment according to tooth group. *J Endod*. 2016;42:1196-1199.
31. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*. 1977;33:159.
 32. Whiting PF, Rutjes AWS, Westwood ME, et al. QUADAS-2: a revised tool for the quality assessment of diagnostic accuracy studies. *Ann Intern Med*. 2011;155:529.
 33. Gopalakrishna G, Mustafa RA, Davenport C, et al. Applying Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation (GRADE) to diagnostic tests was challenging but doable. *J Clin Epidemiol*. 2014;67:760-768.
 34. Liang Y-HL, Li G, Wessink PR, Wu M-KK. Endodontic outcomes predictors identified with periapical radiographs and cone-beam computed tomography scans. *J Endod*. 2011;37:326-331.
 35. Senica AM, Szejtő AA, Barnán M, Szejtő M, Munka M. A comparison study between cone-beam computed tomography (CBCT) and regular radiography in endodontics. *J Optoelectronics Adv Mater*. 2016;18:562-566.
 36. Bornstein MM, Barginer AC, Raichart PA, Sondi P, Boshardt D, von Ax T. Comparison between radiographic (2-dimensional and 3-dimensional) and histologic findings of periapical lesions treated with apical surgery. *J Endod*. 2015;41:804-811.
 37. Bornstein MM, Lamber R, Sondi P, von Ax 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;37:151-157.
 38. Liang Y-H, Li G, Shemsh H, Wessink PR, Wu M-K. The association between complete absence of post-treatment periapical lesion and quality of root canal filling. *Clin Oral Invest*. 2012;16:1619-1626.
 39. Liang Y-H, Jiang L-M, Jiang L, et al. Radiographic healing after a root canal treatment performed in single-rooted teeth with and without ultrasonic activation of the irrigant: a randomized controlled trial. *J Endod*. 2013;39:1218-1225.
 40. Patel S, Wilson B, Dawood A, Fuscha F, Mannecci 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;45:711-723.
 41. van der Borden WG, Wang X, Wu M-K, Shemsh H. Area and 3-dimensional volumetric changes of periapical lesions after root canal treatments. *J Endod*. 2015;39:1245-1249.
 42. Saik A, Naaman A, Zogheib C, Zogheib C. Accuracy of cone-beam computed tomography and periapical radiography in endodontically treated teeth evaluation: a five-year retrospective study. *J Int Oral Health*. 2015;7:15-19.
 43. Davies A, Patel S, Froschi F, Anupappan M, Mitchell PJ, Mannecci F. The detection of periapical pathosis using digital periapical radiography and cone beam computed tomography in endodontically retreated teeth—part 2: a 1-year post-treatment follow-up. *Int Endod J*. 2016;49:623-635.
 44. Al-Nuaimi N, Paid S, Austin RS, Mannecci F. A prospective study assessing the effect of coronal tooth structure loss on the outcome of root canal retreatment. *Int Endod J*. 2017;50:1143-1157.
 45. Elliott M, Nair MK, Nair LP. CARS 2016—computer assisted radiology and surgery Proceedings of the 36th International Congress and Exhibition Heidelberg, Germany, June 21-25, 2016. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2016;11:1-286.
 46. Fernández R, Cantona IA, Cadavid D, Álvarez LD, Restrepo FA. Survival of endodontically treated root teeth based on periapical health and retention: a 10-year retrospective cohort study. *J Endod*. 2017;43:2001-2008.
 47. Venkatesan T, Pithon G, Tucci L, Garbuzio G, Maminidou J, Janderhalys G. Periapical and endodontic status scale based on periapical bone lesions and endodontic treatment quality evaluation using cone-beam computed tomography. *J Endod*. 2015;41:190-196.
 48. Ramis-Alario A, Tarazona-Alvarez B, Cervera-Ballester J, et al. Comparison of diagnostic accuracy between periapical and panoramic radiographs and cone beam computed tomography in measuring the periapical area of teeth scheduled for periapical surgery: A cross-sectional study. *J Clin Exp Dent*. 2019;11:e732-e738.
 49. Moura MS, Guedes OA, De Alencar AHB, Azevedo BC, Estrela C. Influence of length of root canal obturation on apical periodontitis detected by periapical radiography and cone beam computed tomography. *J Endod*. 2009;35:805-809.
 50. Lo Giudice R, Nicita F, Pulino F, et al. Accuracy of Periapical Radiography and CBCT in Endodontic Evaluation. *Int J Dent*. 2018;2514243. <https://doi.org/10.1155/2018/2514243>.
 51. Estrela C, Reis Bueno Mda, Cresto Azevedo Bruno, Rhamar Azevedo José, Djalma Pádua Jesus. A new periapical index based on cone beam computed tomography. *J Endod*. 2008;34:1325-1331.
 52. Estrela C, Bruno MR, Porto OCL, Rodrigues CD, Pecora JD. Influence of intracanal post on apical periodontitis identified by cone-beam computed tomography. *Proc Dent J*. 2009;20:370-375.
 53. Gargari M, Otiris L, Nezzo M, Nevini L, Fanucci E. Cone beam CT use in the pre-prosthetic evaluation of endodontically treated of the rear maxilla. *Oral Displastol (Rov)*. 2012;5:42-46.
 54. Keser G, Pekiner FN. Comparative evaluation of periapical lesions using periapical index adapted for panoramic radiography and cone beam computed tomography. *Clin Exp Health Sci*. 2018;8:50-55.
 55. Nardi C, Calistri L, Grazzini G, et al. Is panoramic radiography an accurate imaging technique for the detection of endodontically treated asymptomatic apical periodontitis? *J Endod*. 2018;44:1500-1508.
 56. Salocanu M, Meloni A, Topoliceanu C, Harbaida T, Ghiorghe C-A. Study regarding the possibilities to detect the incipient periapical lesions by radiography and CBCT. *Romanian Journal of Oral Rehabilitation*. 2018;45-49.
 57. Walter SD. Properties of the summary receiver operating characteristic (SROC) curve for diagnostic test data. *Stat Med*. 2002;21:1237-1256.
 58. Sagar E, Baksi B, Grindahl H-G, Lomachi G, Sen B. Detectability of chemically induced periapical lesions by limited cone beam computed tomography, intra-oral digital and conventional film radiography. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009;38:458-464.
 59. Love RM, Firth N. Histopathological profile of surgically removed persistent periapical radiolucent lesions of endodontic origin. *Int Endod J*. 2009;42:198-202.
 60. Kivriato T, Bowles WR, Robst M. Frequency and distribution of radiolucent jaw lesions: a retrospective analysis of 9,723 cases. *J Endod*. 2012;38:729-732.
 61. Ng YL, Mann V, Gálvezvala K. A prospective study of the factors affecting outcomes of nonsurgical root canal treatment: part 1: periapical health. *Int Endod J*. 2011;44:583-609.
 62. Bergenholtz G. Assessment of treatment failure in endodontic therapy. *J Oral Rehabil*. 2016;43:753-758.
 63. Carrillo C, Peñafranca M, Bagán JV, Vera F. Relationship between histological diagnosis and evolution of 30 periapical lesions at 12 months, treated by periapical surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2008;66:1606-1609.
 64. Simon JHS, Enciso R, Malvar JM, Rojas R, Bailey-Perry M, Patel A. Differential diagnosis of large periapical lesions using cone-beam computed tomography measurements and biopsy. *J Endod*. 2006;32:833-837.
 65. Guo J, Simon JH, Sedghizadeh P, Soliman GN, Chapman T, Enciso R. Evaluation of the reliability and accuracy of using

- cone-beam computed tomography for diagnosing periapical cysts from granulomas. *J Endod*. 2013;39:1485-1490.
66. Chantani A, Adhikari H. Reliability of cone beam computed tomography as a biopsy-independent tool in differential diagnosis of periapical cysts and granulomas: an in vivo study. *J Conserv Dent*. 2017;20:326-331.
 67. Okada K, Rysavy S, Flores A, Laguraru MG. Noninvasive differential diagnosis of dental periapical lesions in cone-beam CT scans. *Med Phys*. 2015;42:1653-1665.
 68. Elmi M, Azzak M, Aver F, Yabusu A. Investigation of the effectiveness of CBCT and gray scale values in the differential diagnosis of apical cysts and granulomas. *Oral Radiol*. 2021;37:109-117.
 69. Patel S, Darwood A, Mannocei F, Wilson R, Pitt Ford T. Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intramedullary radiography. *Int Endod J*. 2009;42:507-515.
 70. Liang YH, Rang L, Gao X-J, Shamschi H, Wenzelak P-R, Wu M-K. Detection and measurement of artificial periapical lesions by cone-beam computed tomography. *Int Endod J*. 2014;47:332-338.
 71. Aminsharife A, Kahlil K, Syed A. Cone-beam computed tomography compared with intramedullary radiographic lesions in endodontic outcome studies: a systematic review. *J Endod*. 2011;44:1626-1631.
 72. Friedman S, Mor C. The success of endodontic therapy—healing and functionality. *J Calif Dent Assoc*. 2004;32:493-503.
 73. Bender JB, Schurr S, Sokoloff W. Endodontic success—a reappraisal of criteria. Part II. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1966;22:790-802.
 74. Kadoyō N, Lyons R, Nilsson M, Shi XQ. Radiation dose from x-ray examinations of impacted canines: cone beam CT vs two-dimensional imaging. *Dentomaxillofac Radiol*. 2018;47:1-9. 20170305.
 75. Jacobs R, Salzman B, Cochran M, Hassan B, Bernstein MM. Cone beam computed tomography in implant dentistry: recommendations for clinical use. *BMC Oral Health*. 2018;18:88.
 76. Young AWK, Jacobs R, Bernstein MM. Novel low-dose protocols using cone beam computed tomography in dental medicine: a review focusing on indications, limitations, and future possibilities. *Clin Oral Invest*. 2019;23:2573-2581.
 77. White SC, Scarfe WC, Schulze RKW, et al. The Image Gently in Dentistry campaign: promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2014;118:257-261.
 78. Szemiec A-M. Measures of diagnostic accuracy: basic definitions. *EJIFCC*. 2009;19:203-211.
 79. White SC, Scarfe WC, Schulze RKW, et al. The Image Gently in Dentistry campaign: Promotion of responsible use of maxillofacial radiology in dentistry for children. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2014;118:257-261. 79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oooo.2014.06.001>.

Reprint requests:

Beatriz Tarazona-Abramo, DDS, MSc, PhD
 Departamento de Estomatología
 Facultad de Odontología
 c/Alcázar 1
 Valencia
 46010
 Spain
 Beatriz.tarazona@uv.es

Is periapical surgery follow-up with only two-dimensional radiographs reliable? A retrospective cohort type sensitivity study

Amparo Ramis-Alario ¹, Beatriz Tarazona-Álvarez ², Miguel Peñarrocha-Diago ³, David Soto-Peñaloza ⁴, María Peñarrocha-Diago ⁵, David Peñarrocha-Oltra ⁵

¹ DDS, MS. Master in Oral Surgery and Implantology. Stomatology Department, Valencia University Medical and Dental School, Valencia, Spain

² DDS, PhD. Postdoctoral Associate Professor. Stomatology Department, Valencia University Medical and Dental School, Valencia, Spain

³ MD, PhD. Chairman of Oral Surgery and Director of the Master in Oral Surgery and Implantology. Stomatology Department, Valencia University Medical and Dental School, Valencia, Spain

⁴ DDS, MS, PhD. Master in Oral Surgery and Implantology. Stomatology Department, Valencia University Medical and Dental School, Valencia, Spain

⁵ MD, DDS, MS, PhD. Full Professor of Oral Surgery. Stomatology Department, Valencia University Medical and Dental School, Valencia, Spain

Correspondence:

Department of Stomatology
Faculty of Medicine and Dentistry, University of Valencia
Gascó Oliag, 1, 46010, Valencia, Spain
beatriz.tarazona@uv.es

Received: 11/11/2020
Accepted: 20/09/2021

Please cite this article in press as: Ramis-Alario A, Tarazona-Álvarez B, Peñarrocha-Diago M, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diago M, Peñarrocha-Oltra D. Is periapical surgery follow-up with only two-dimensional radiographs reliable? A retrospective cohort type sensitivity study. Med Oral Patol Oral Cir Bucal. 2021. doi:10.4317/medoral.24447

Abstract

Background: Two-dimensional (2D) radiographic techniques are commonly used for assessing lesion prognosis after endodontic surgery. The present retrospective cohort study analyzes the sensitivity and ability of different radiographic techniques in obtaining area and volume measurements of periapical lesions.

Material and Methods: Preoperative and follow-up (6-48 months) periapical and panoramic radiographs (index test) and cone-beam computed tomography (CBCT) images (reference standard) were selected from an endodontic microsurgery database. Sensitivity was analyzed independently by two examiners. The areas of the 2D radiographic images and CBCT volumes were studied using Itk-Snap software and Romexis viewer.

Results: The sample comprised 105 patients and 105 teeth, with a mean follow-up of 21 months (range 6-48). Preoperatively, CBCT detected all the periapical areas, periapical radiography detected 67, and panoramic radiography detected 60. Postoperatively, of the 52 cases in which CBCT detected remains of the periapical area, periapical radiography detected 22, and panoramic radiography detected 17. The measurements of the areas obtained by the 2D methods, and the volumes obtained by CBCT, had to be transformed into linear measures for comparison purposes. The measurements were found to be significantly different in both the preoperative and the follow-up images.

Conclusions: Periapical radiography showed greater sensitivity than panoramic radiography, both preoperatively and at follow-up. The lesions measured with CBCT were larger, with significant differences than as evidenced by the periapical and panoramic radiographs.

Key words: *Periapical radiography, panoramic radiography, CBCT, sensitivity, treatment outcome, size of periapical radiolucency, area, volume.*

Introduction

The radiographic changes in persistent apical periodontitis are a characteristic sign of this disorder (1), and it is very important to know the extent of the periapical bone defects before endodontic microsurgery to facilitate treatment and improve the prognosis of the tooth (2). Such changes range from the widening of the periodontal ligament to a well-defined periapical area (3). At present, periapical radiography is the most common technique used in application to persistent apical periodontitis, both for the initial diagnosis and for follow-up (4,5). Panoramic radiography is not as frequently used as periapical radiography, though it does offer a comprehensive and rapid two-dimensional (2D) view of the jaws, making it easy to use in daily clinical practice (6). The main drawbacks of two-dimensional diagnostic methods in their reliability rely in its limited information about size, extension and location of the periapical lesion (7), because of compression of three-dimensional structures, geometric distortion and anatomic noise obscuring diagnostic clarity of the region of interest (8). Moreover, in the vestibular plane of periapical radiographs, the information provided is limited due to bone superimposition that makes it difficult to observe periapical radiolucent areas (4). In addition, the size of the periapical radiolucency may be affected by the orientation of the film and tube head (9).

Some authors associate the size of the periapical lesion to the prognosis of endodontic surgery, reporting better results with smaller areas (10,11), while other investigators have found no relationship between previous size and the prognosis of the tooth (12,13). In any case, prior to endodontic microsurgery, it is important to precisely establish the extent of the lesion in order to optimize the surgical procedure (2). During the follow-up, it is also important to assess the size of the periapical area in order to adequately assess the outcome of endodontic microsurgery, especially when the tooth needs to be used for prosthetic purposes.

Cone-beam computed tomography (CBCT) has proven its superiority over two-dimensional radiographs (avoiding anatomical noise, compression of three-dimensional anatomy and geometric distortion, and allowing better assessment of the root canal anatomy) (14,15). Besides, CBCT has been recommended in cases where apical surgery is being considered (16). No studies to date have investigated the sensitivity of the mentioned two-

dimensional radiographic techniques (periapical and panoramic) versus CBCT both before surgery and in the course of follow-up. Likewise, no comparisons have been made of the periapical areas obtained with these two-dimensional techniques versus the volumes obtained with CBCT before and after surgical treatment. The present study was carried out to analyze the sensitivity of two-dimensional radiographic techniques and their reliability in evaluating the size of periapical bone defects, both preoperatively and during the follow-up period.

Material and Methods

- Study design and setting

The present retrospective cohort type sensitivity study is reported according to the STARD statement (Standards for Reporting of Diagnostic Accuracy Studies) (17).

- Patient selection

A consecutive cohort of 298 patients underwent endodontic microsurgery between January 2015 and January 2018 at the Stomatology Department of the University of Valencia (Valencia, Spain). The cohort was evaluated and screened for study eligibility by the first author (A.R.A.) before study entry.

Inclusion criteria: Patients with a single tooth subjected to primary endodontic microsurgery, involving the use of three radiological diagnostic methods (CBCT, periapical radiography and panoramic radiography) affording images of sufficient quality to allow linear measurements of the periapical lesions, and who reported for follow-up examinations after 6-48 months postsurgery. **Exclusion criteria:** The adoption of regenerative procedures (bone grafts, membranes).

- Endodontic microsurgery

Modern microsurgical techniques were performed in all the patients (18). High magnification was used with a rigid endoscope (Karl Storz-Endoskope, Tuttlingen, Germany), with ultrasonic preparation (Piezon® Master 400, EMS®, Electro Medical Systems S.A., Switzerland) and root-end fillings with mineral trioxide aggregate (MTA) (ProRoot MTA White, Dentsply Tulsa Dental, Tulsa, OK, USA). All surgeries were carried out by the same oral surgeon (M.P.D.).

- Imaging techniques

Index test: Periapical and panoramic radiographs: The periapical radiography images were obtained with a Gendex expert D unit (Gendex Dental Systems, Hat-

field, USA). A phosphor-plate system was used (Vista Scan®, Dürr Dental AG, Bietigheim-Bissingen, Germany). Images were taken according to the parallel technique using a film holder (Super-Bite®, Kerr, Bioggio, Switzerland). The exposure parameters were: 65 kV, 7 mA and 0.08–0.12 sec. The distance between the sensor and X-ray tube was 30 cm. Images were processed and stored by the processor DBSWIN (Dürr Dental, Germany).

The panoramic radiographs were obtained with a Planmeca ProMax 3D Classic CBCT unit (Planmeca, Helsinki, Finland), and the Planmeca Romexis® application was used for processing the images (version 4.5.2; Planmeca). The exposure parameters were: 68 kV, 10 mA and 19 sec.

Reference standard: CBCT: The CBCT images were obtained with a Planmeca ProMax 3D Classic CBCT unit (Planmeca, Helsinki, Finland), and the Planmeca Romexis® Viewer application was used for processing the images. A limited field of view (FOV) (40 x 40 mm) with 12 sec duration at 90 kV, 8 mA and voxel size 0.15 mm was used for CBCT imaging.

- Test sensitivity

For both the two-dimensional radiographic techniques and CBCT, a periapical lesion was defined as a periapical radiolucency in contact with the apical part of the root that exceeded at least twice the width of the periodontal ligament space. Also, in CBCT images, the lesion had to be visible in at least two image planes (16). The sensitivity of the two-dimensional techniques (index test) compared with CBCT (reference standard) was assessed according to the imaging stage involved (preoperative and follow-up). All preoperative and follow-up images were evaluated independently by the first author (A.R.A.) and a blinded assessor (D.P.O.). Disagreements were resolved by discussion with a third advisor (D.S.P.). The two-dimensional radiographic im-

ages were evaluated first, followed by the CBCT images at least two weeks later.

Examiners were calibrated, and the appraisals were conducted under standardized conditions.

- Lesion area and volume calculation

The radiographic images were evaluated jointly by the same two examiners (A.R.A. and D.P.O.). During the measurements, the examiners discussed and reached a consensus regarding the limits of the areas. Previously, to ensure calibration of measures and inter-examiner reliability, 10 images per radiographic technique from patients not involved in the present study and presenting periapical areas were evaluated twice, with a one-week interval.

Periapical and panoramic radiographs assessment: The area measurements were done using the Itk-Snap program (free access software, <http://www.itksnap.org>). Two investigators (A.R.A. and D.P.O.) used this program to measure the images preoperatively and follow-up in square millimeters. The examiners made manual tracing. The freehand selection was used to trace out the lesion contour (after calibrating the software's scale according to the size of the active sensor area). Then, the area value was measured and recorded as previously reported (19). If a multiple root tooth had more than one periapical lesion, the individual defects were calculated and then added together to obtain a total defect area (20) (Fig. 1, Fig. 2).

Tomographic imaging assessment: For the volume measurements in the CBCT images, the dedicated Planmeca Romexis® application (version 4.5.2; Planmeca) was used. This software allowed volume calculation of the periapical bone defects through manual tracing of the border of the lesion across the different slices (axial, coronal and sagittal), which contained the bone defects and, finally, the program calculated the total volume in cubic millimeters (Fig. 3).



Fig. 1: a. Periapical radiography showing a periapical area in a 2nd upper right premolar before endodontic microsurgery. b. Measurement performed manually in the program Itk-Snap (20.49 mm²).



Fig. 2: a. Panoramic radiography showing the periapical area in the same 2nd premolar. b. Measurement performed manually in the program Iik-Snap (22.24 mm²).

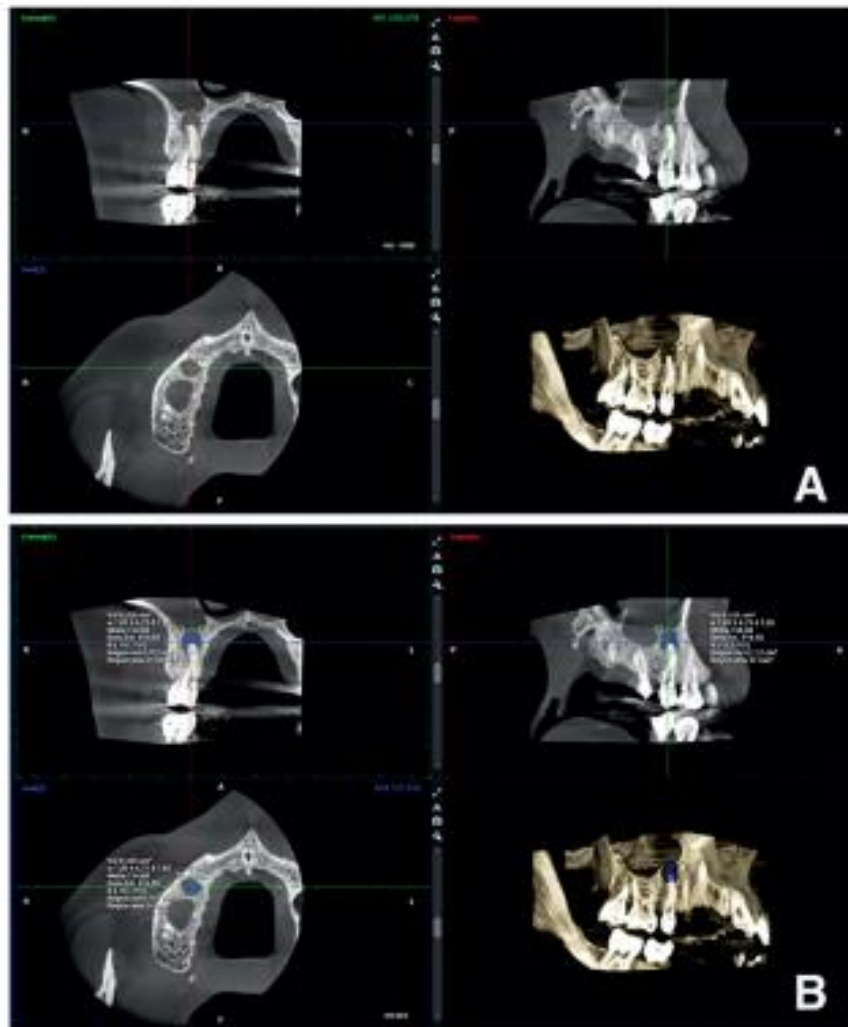


Fig. 3: a. CBCT images of the same 2nd premolar with sagittal, axial and coronal sections. b. Volume measurements performed in the Planmeca Software (112 mm³).

Standardization assessment: All images were evaluated on a 21.5-inch monitor (iMac; Apple, Cupertino, CA, USA) with a screen resolution of 4096 x 2304 pixels and located in a quiet room with subdued lighting.

- Statistical analysis

The SPSS version 15.0 (Chicago, IL, USA) statistical package was used, with the level of significance being set at 0.05. The McNemar test for 2x2 repeated measures was applied to analyze the sensitivity of the two-dimensional radiographic techniques versus CBCT. Differences in linear measurements were estimated using a t-test for paired comparisons.

In the sensitivity analysis, the agreement between both examiners was calculated based on the Cohen kappa statistic and interpreted according to the Landis and Koch scale (21). The sensitivity of both two-dimensional methods was compared using CBCT as the reference standard in identifying the lesions, in line with previous studies (5,22,23). Sensitivity was also analyzed against the different teeth, considering incisors, canines, premolars and molars, and tooth arch (maxilla and mandible). Concerning linear measurement capacity, intra- and inter-examiner repeatability yielded a mean rating ($K=2$) indicating absolute agreement, using a two-way mixed-effects model intraclass correlation coefficient (ICC), and interpreted according to Fleiss scale (24).

Indirect comparison was made to compare the two-dimensional radiographic methods with CBCT: the square roots of the two-dimensional radiography measurements and the cubic roots of the CBCT measurements were calculated (20).

Results

Between January 2015 and January 2018, a total of 298 patients were referred for endodontic surgery performed by the same oral surgeon (M.P.D.). After applying the inclusion and exclusion criteria, the final sample consisted of 105 patients (105 teeth): 33 males and 72 females, with a mean age of 48.8 ± 16 years, and with a mean follow-up of 21 months (range 6-48).

The kappa scores for the preoperative and follow-up periapical images were $k=0.933$ and $k=0.924$, respectively, indicating almost perfect agreement between the two examiners. In the preoperative and follow-up panoramic images, the kappa values were $k=0.895$ and $k=0.829$, respectively. In contrast, in the CBCT images, for healing evaluation, the kappa value in the follow-up images was $k=0.981$.

Periapical radiography versus CBCT: Of the 105 preoperative images in which CBCT detected a periapical area, periapical radiography identified a periapical area in 67 cases (64%, with a false-negative rate of 36%, resulting in a sensitivity of 64%) (Table 1). The 38 cases not detected by periapical radiography had a volume of between 4-419 mm³.

At follow-up, where CBCT detected a periapical area in 52 cases, periapical radiography detected a periapical area in 22 cases (42%, with a false-negative rate of 58%, resulting in a sensitivity of 42%) (Table 1).

No differences were found when sensitivity was compared across the different groups of teeth (incisors, canines, premolars and molars) in the periapical images, either at preoperative or follow-up, and the differences between the maxilla and mandible were not significant. Panoramic radiography versus CBCT: Preoperatively, CBCT detected 105 teeth with periapical areas, while panoramic radiography detected 60 periapical areas (57%, with a false-negative rate of 43%, resulting in a sensitivity of 57%) (Table 1). The 45 cases not identified by panoramic radiography had a volume between 6-484 mm³. During the follow-up period, of the 52 periapical areas identified by CBCT, panoramic radiography identified 17 cases (33%, with a false-negative rate of 67%, resulting in a sensitivity of 33%) (Table 1).

As in the periapical images, no significant differences were found on comparing the sensitivity between different groups of teeth. However, significant differences were observed between the maxilla and mandible in the preoperative images, with greater sensitivity for the mandible. In the follow-up panoramic radiographs, no differences were observed between the maxilla and mandible. Lesion area and volume calculation: The intraclass correlation coefficient (ICC) was 0.897, 0.832 and 0.857 for periapical radiography, panoramic radiography and CBCT, respectively, indicating a very good ICC.

The mean area measured on the preoperative periapical radiographs was 18.8 mm² ($n=105$, standard deviation [SD] ± 29.2). The mean size in the preoperative panoramic radiographs was 17.6 mm² ($n=105$, $SD \pm 34.6$). The same cases measured by CBCT yielded a mean preoperative volume of 141.1 mm³ ($n=105$, $SD \pm 244.7$). In the follow-up images, periapical radiography yielded 2.9 mm² ($n=105$, $SD \pm 6.7$), panoramic radiography 2.3 mm² ($n=105$, $SD \pm 6.2$) and CBCT 21.8 mm² ($n=105$, $SD \pm 45.7$).

When the square roots of the periapical radiographs were compared with the cubic roots of the images obtained by CBCT, the results showed CBCT to yield measurements significantly larger than those of periapical radiography, both preoperatively ($n=105$, mean=1.11, $SD \pm 1.97$, $p < 0.001$) and during the follow-up period ($n=105$, mean=0.80, $SD \pm 1.25$, $p < 0.001$). When the square roots of the panoramic radiographic images were compared with the cubic roots of the CBCT images, the results yielded statistically significant differences between the two techniques both preoperatively ($n=105$, mean=1.45, $SD \pm 2.47$, $p < 0.001$) and in the follow-up images ($n=105$, mean=0.94, $SD \pm 1.58$, $p < 0.001$) (Table 2). No significant differences were seen on comparing periapical radiography with panoramic radiography.

Table 1: Rating of radiolucency in periapical radiography, panoramic radiography and CBCT, absolute values and percentages, both preoperatively and control period.

Preoperative				
Test	Periapical radiolucency N (%)	Radiolucency detection		Sensitivity TP/(FN+TP)
		FN N(%)	TP N(%)	
Periapical radiography (index)	105 (100%)	38 (36%)	67 (64%)	64%
Panoramic radiography (index)	105 (100%)	45 (43%)	60 (57%)	57%
CBCT (reference standard)	105 (100%)	-	105 (100%)	100%
Follow-up				
Test	Periapical radiolucency N (%)	Radiolucency detection		Sensitivity TP/(FN+TP)
		FN N(%)	TP N(%)	
Periapical radiography (index)	52 (100%)	30 (58%)	22 (42%)	42%
Panoramic radiography (index)	52 (100%)	35 (67%)	17 (33%)	32%
CBCT (reference standard)	52 (100%)	-	52 (100%)	100%

Table 2: Results of the t-test for dependent samples according to the evaluation method used, with the corresponding 95% confidence interval, standard deviation and p-value.

Methods compared	Difference between groups (95%CI)	SD	P-value
CBCT vs periapical radiography, preoperatively	1.11 (0.73-1.49)	1.97	<0.001
CBCT vs periapical radiography, postoperatively	0.80 (0.55-1.04)	1.25	<0.001
CBCT vs panoramic radiography, preoperatively	1.45 (0.98-1.93)	2.47	<0.001
CBCT vs panoramic radiography, postoperatively	0.94 (0.64-1.25)	1.58	<0.001

Discussion

The present retrospective sensitivity study evaluated endodontic microsurgery prognosis in a cohort after 6-48 months of follow-up. Comparing the periapical and panoramic radiographs versus the CBCT images yielded a sensitivity of under 65% in all cases for both two-dimensional techniques, both preoperatively and follow-up. Likewise, significant differences were found in comparing the measurements of the periapical areas carried out by the two-dimensional methods and CBCT. Endodontic surgery is very predictable, though follow-up is crucial. Periapical radiography is normally used for follow-up. Nevertheless, many authors have shown that two-dimensional radiography does not have the same sensitivity as CBCT (5,16). In this study, sensitivity and the capacity to perform linear measurements of the lesions with the two-dimensional techniques were evaluated preoperatively and during the follow-up and were compared with CBCT.

Both two-dimensional radiographic techniques (periapical and panoramic) were analyzed since they are widely available and employed in dental clinics and have been used in many other studies (5,22,25,26).

In the preoperative images, periapical radiography detected 64% of the periapical areas detected by CBCT, while panoramic radiography detected 57%. Another study, including periapical and panoramic radiography (25) found periapical radiography to identify 64% of the periapical areas detected by CBCT, while panoramic

radiography detected 55.5% of the lesions detected by CBCT. These data are similar to those obtained in our study and likewise evidence the superiority of periapical radiography over panoramic radiography. Estrela *et al.* (5) also compared periapical and panoramic radiography, obtaining lower sensitivity performances than in the present study (54.5% for periapical radiography and 27.8% in the case of panoramic radiography).

Fewer studies to date have compared sensitivity between periapical radiography and CBCT in follow-up images (27-29), and no studies have contrasted sensitivity between panoramic radiography and CBCT after surgery.

In the follow-up images, CBCT and periapical radiography showed 70.5% agreement on the diagnosis of the presence or absence of a periapical area, while 26.7% of the follow-up periapical areas were only detected by CBCT. These percentages are quite similar to those obtained by Christiansen *et al.* (27), who recorded agreement between both methods in 67% of the cases. In 28% of the cases were diagnosed by CBCT but not for periapical radiography in the follow-up images. It should be noted that their study was limited to radiographic images obtained one year postoperatively. Results similar to our own were published by Kruse *et al.* (28), in a sample of 74 teeth, in which disagreement between periapical radiography and CBCT was seen in 27% of the cases. However, their mean duration of the follow-up period was longer than in our study.

Von Arx *et al.* (29) conducted a study in humans comparing images one year after periapical surgery, observing differences between CBCT and periapical radiography in 40.5% of the cases. This figure is higher than that obtained in the present study, was 29.5% disagreement was observed between CBCT and periapical radiography. The differences between the two studies could be explained by the fact that the former authors did not dichotomize their results into two groups but classified them into three categories: no radiolucency present, scar type radiolucency, and lesion type radiolucency.

Regarding panoramic radiography, the latter technique coincided with the CBCT findings in 65% of the cases in our series - this figure being a little lower than the 70% agreement rate obtained between CBCT and periapical radiography.

The measurements obtained with two-dimensional radiography were compared against CBCT, based on the calculation of the square roots (two-dimensional radiography) and cubic roots of the measurements (CBCT), following the previous descriptions article (20). The results were statistically significant for comparing periapical radiography and CBCT, with larger values being obtained with CBCT. Gouveia *et al.* (30) likewise compared the measurements obtained in a sample of 11 patients, comparing the area of the periapical radiograph and a central mesiodistal section of the CBCT scan in mm². These authors compared the postoperative images after 48 hours and four and 8 months, with no comparison of the preoperative images. No statistically significant differences were observed between the methods in any of the periods analyzed, though the method used to obtain the measurements differed from that employed in our study.

We identified only one previous study about panoramic radiography, which measured the periapical area and compared it with CBCT (26). The measurements were made differently, with the area being calculated as if it were a rectangle - no significant differences being found.

It would be interesting to follow-up on apical surgery with CBCT because it has been widely demonstrated that the sensitivity of two-dimensional radiographic methods is limited. To do so, however, the radiation doses must be well defined and adjusted in each case to avoid excessive radiation exposure.

It should be mentioned that the final sample included in our study might not be representative of a normal population subjected to apical surgery, since in many cases, follow-up CBCT is only completed because the patient has some kind of symptom. Consequently, the follow-up CBCT scan could suggest a poorer prognosis than if it had been made in the absence of symptoms.

Cone-beam computed tomography detected all the periapical lesions, while periapical and panoramic radiog-

raphy showed a poor detection rate, leading to an increased misdiagnosis incidence. Both two-dimensional methods yielded measurements significantly different from those obtained by CBCT.

References

- Andreasen JO, Rud J. Correlation between histology and radiography in the assessment of healing after endodontic surgery. *Int J Oral Surg*. 1972;1:161-73.
- Halse A, Molven O. A strategy for the diagnosis of periapical pathosis. *J Endod*. 1986;12:534-8.
- Gutmann JL, Baumgartner JC, Gluskin AH, Hartwell GR, Walton RE. Identify and define all diagnostic terms for periapical/periradicular health and disease states. *J Endod*. 2009;35:1658-74.
- 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.
- 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.
- Suomalainen A, Pakbaznejad Esmaeili E, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. *Insights Imaging*. 2015;6:1-16.
- Velvart P, Hecker H, Tillinger G. Detection of the apical lesion and the mandibular canal in conventional radiography and computed tomography. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endodontology*. 2001;92:682-8.
- Keerthana G, Singh N, Yadav R, Duhan J, Tewari S, Gupta A, *et al.* Comparative analysis of the accuracy of periapical radiography and cone-beam computed tomography for diagnosing complex endodontic pathoses using a gold standard reference - A prospective clinical study. *Int Endod J*. 2021;54:1448-61.
- 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.
- Peñarrocha M, Martí E, García B, Gay C. Relationship of Periapical Lesion Radiologic Size, Apical Resection, and Retrograde Filling With the Prognosis of Periapical Surgery. *J Oral Maxillofac Surg*. 2007;65:1526-9.
- Kim D, Ku H, Nam T, Yoon TC, Lee CY, Kim E. Influence of Size and Volume of Periapical Lesions on the Outcome of Endodontic Microsurgery: 3-Dimensional Analysis Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod*. 2016;42:1196-201.
- Lui JN, Khin MM, Krishnaswamy G, Chen NN. Prognostic Factors Relating to the Outcome of Endodontic Microsurgery. *J Endod*. 2014;40:1071-6.
- Villa-Machado PA, Botero-Ramírez X, Tobón-Arroyave SI. Retrospective follow-up assessment of prognostic variables associated with the outcome of periradicular surgery. *Int Endod J*. 2013;46:1063-76.
- Patel S, Kanagasigam S, Mannocci F. Cone beam computed tomography (CBCT) in endodontics. *Dent Update*. 2010;37:373-9.
- 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.
- Low KMT, Dula K, Bürgin W, von Arx T. Comparison of Periapical Radiography and Limited Cone-Beam Tomography in Posterior Maxillary Teeth Referred for Apical Surgery. *J Endod*. 2008;34:557-62.
- Bossuyt PM, Reitsma JB, Bruns DE, Gatsonis CA, Glasziou PP, Irwig L, *et al.* STARD 2015: An Updated List of Essential Items for Reporting Diagnostic Accuracy Studies. *Clin Chem*. 2015;61:1446-52.
- Soto-Peñalosa D, Peñarrocha-Diago M, Cervera-Ballester J, Peñarrocha-Diago M, Tarazona-Alvarez B, Peñarrocha-Oltra D. Pain and quality of life after endodontic surgery with or without advanced platelet-rich fibrin membrane application: a randomized clinical trial. *Clin Oral Investig*. 2020;24:1727-38.

19. Yushkevich PA, Piven J, Hazlett HC, Smith RG, Ho S, Gee JC, *et al.* User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*. 2006;31:1116-28.
20. Schloss T, Sonntag D, Kohli MR, Setzer FC. A Comparison of 2- and 3-dimensional Healing Assessment after Endodontic Surgery Using Cone-beam Computed Tomographic Volumes or Periapical Radiographs. *J Endod*. 2017;43:1072-9.
21. Landis JR, Koch GG. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*. 1977;33:159.
22. Nardi C, Calistri L, Grazzini G, Desideri I, Lorini C, Occhipinti M, *et al.* Is Panoramic Radiography an Accurate Imaging Technique for the Detection of Endodontically Treated Asymptomatic Apical Periodontitis?. *J Endod*. 2018;44:1500-8.
23. Davies A, Mannocci F, Mitchell P, Andiappan M, Patel S. The detection of periapical pathoses in root filled teeth using single and parallax periapical radiographs versus cone beam computed tomography - a clinical study. *Int Endod J*. 2015;48:582-92.
24. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull*. 1979;86:420-8.
25. Venskutonis T, Plotino G, Tocci L, Gambarini G, Maminkas J, Juodžbalys G. Periapical and Endodontic Status Scale Based on Periapical Bone Lesions and Endodontic Treatment Quality Evaluation Using Cone-beam Computed Tomography. *J Endod*. 2015;41:190-6.
26. Ramis-Alario A, Tarazona-Alvarez B, Cervera-Ballester J, Soto-Peñaloza D, Peñarrocha-Diogo M, Peñarrocha-Oltra D, *et al.* Comparison of diagnostic accuracy between periapical and panoramic radiographs and cone beam computed tomography in measuring the periapical area of teeth scheduled for periapical surgery. A cross-sectional study. *J Clin Exp Dent*. 2019;11:e732-8.
27. Christiansen R, Kirkevang L-L, Gottfredsen E, Wenzel A. Periapical radiography and cone beam computed tomography for assessment of the periapical bone defect 1 week and 12 months after root-end resection. *Dentomaxillofac Radiol*. 2009;38:531-6.
28. Kruse C, Spin-Neto R, Reibel J, Wenzel A, Kirkevang LL. Diagnostic validity of periapical radiography and CBCT for assessing periapical lesions that persist after endodontic surgery. *Dentomaxillofac Radiol*. 2017;46:20170210.
29. von Arx T, Janner SFM, Hänni S, Bornstein MM. Agreement between 2D and 3D radiographic outcome assessment one year after periapical surgery. *Int Endod J*. 2016;49:915-25.
30. Jorge EG, Tanomaru-Filho M, Guerreiro-Tanomaru JM, Reis JM dos SNJM dos SN, Spin-Neto R, Gonçalves M, *et al.* Periapical repair following endodontic surgery: two- and three-dimensional imaging evaluation methods. *Braz Dent J*. 2015;26:69-74.

Funding

None declared.

Conflict of interest

The authors declare that they have no conflicts of interest concerning this study.

Ethics

The project is approved by the ethical committee of the University of Valencia (approval number H1523379927800).

Authors contributions

A. Ramis-Alario, contributed to conception and design, drafted and critically revised the manuscript; D. Soto-Peñaloza, contributed to conception, and analysis, drafted and critically revised the manuscript; B. Tarazona, contributed to design, drafted and critically revised the manuscript; M. Peñarrocha-Diogo, contributed to acquisition, analysis, or interpretation and critically revised the manuscript; D. Peñarrocha-Oltra contributed to data interpretation and critically revised the manuscript. All authors gave final approval and agreed to be accountable for all aspects of the work.

