

Recibido: 23 de noviembre del 2010 Aprobado: 18 de marzo del 2011

DIAGNÓSTICO DE REABSORCIÓN RADICULAR EXTERNA EN ORTODONCIA. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA*

DIAGNOSIS OF EXTERNAL ROOT RESORPTION IN ORTHODONTICS: A SYSTEMATIC REVIEW

José Fernando Márquez,¹ Jorge Mario Castaño,² Zulma Vanessa Rueda,³ Jaime Rendón⁴

R E S U M E N

Introducción: esta revisión sistemática evaluó los métodos radiográficos que permiten detectar la reabsorción radicular externa (RRE) en ortodoncia, determinar el tiempo indicado para la toma de radiografías de control e identificar las características radiográficas de la RRE. **Materiales y métodos:** se realizaron búsquedas sistemáticas en bases de datos electrónicas y búsquedas manuales, sin restricciones de año, en español e inglés. Se seleccionaron cohortes y ensayos clínicos aleatorios en seres humanos que evaluaran movimiento ortodóncico con aparatología fija, y registrarán RRE durante o después del tratamiento. Dos autores evaluaron los artículos de forma independiente y extrajeron los datos en un formato estandarizado. **Resultados:** la búsqueda arrojó un total de 285 citas. Luego, por título y resumen, se identificaron 40 artículos que podían estar relacionados. Después de aplicar los criterios de inclusión, quedaron 26 artículos. Debido a la heterogeneidad de estos, no fue posible estimar una medida global para las preguntas planteadas. **Conclusión:** el método ideal para la detección de RRE por ortodoncia es la tomografía Cone Beam; sin embargo, la radiografía periapical es muy útil en nuestro medio para la detección de RRE. Cuando se utilizan las radiografías periapicales como método diagnóstico, estas se deben tomar cada 6 meses.

Palabras clave: diagnóstico, ortodoncia, radiografía periapical, reabsorción radicular externa.

A B S T R A C T

Introduction: this systematic review evaluated radiographic methods that allow to detect external root resorption (ERR) in orthodontics, to determine adequate time intervals for control radiographs, and to identify radiographic characteristics of ERR. **Materials and methods:** we carried out systematic electronic and manual searches in databases, without year restrictions, limited to papers in Spanish or English. We included cohort studies and randomized clinical trials performed on human subjects that assessed orthodontic movement with fixed appliances that recorded root resorption before or during the course of treatment. Two authors evaluated the articles independently and extracted the ones to be selected in a standardized format. **Results:** the initial search yielded 285 references. 40 articles that could be related to the topic were then identified by title and abstract. After the evaluation using the inclusion criteria, 26 articles were analyzed. Due to the heterogeneity among the articles, it was not possible to estimate a global measurement for the research questions. **Conclusion:** the ideal method for the detection of external root resorption (ERR) caused by orthodontic treatment is the cone-beam tomography, however periapical radiographies may be a useful tool. When such radiographies are used as a diagnosis method, they must be taken with a 6-month periodicity and the decrease in root length must be evaluated.

Keywords: diagnosis, orthodontics, periapical radiography, external root resorption.

Cómo citar este artículo: Márquez JF, Castaño JM, Rueda ZV, Rendón J. Diagnóstico de reabsorción radicular externa en ortodoncia. Una revisión sistemática. Revista Nacional de Odontología. 2012; 8(14): 62-75.

* Artículo de revisión que evalúa los métodos radiográficos que permiten detectar la reabsorción radicular externa (RRE) en ortodoncia, determinar el tiempo indicado para la toma de radiografías de control e identificar las características radiográficas de la RRE.

¹ Odontólogo, residente de Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Envigado. Correo electrónico: jose.marquez@campusucc.edu.co

² Odontólogo, residente de Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Envigado. Correo electrónico: jorge.castaño@campusucc.edu.co

³ Médica de la Universidad de Antioquia. Candidata a Ph.D. en Epidemiología de la Universidad de Antioquia. Docente de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Envigado, Antioquia. Correo electrónico: zulma.rueda@campusucc.edu.co

⁴ Odontólogo y Endodoncista del CES. Estudiante de Maestría en Microbiología y Bioanálisis de la Universidad de Antioquia. Docente de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Envigado, Antioquia. Docente de la Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia. Correo electrónico: jaime.rendon@campusucc.edu.co

Antecedentes

Los factores etiológicos de la reabsorción radicular externa (RRE) son complejos y multifactoriales; es claro que la aparición de esta es el resultado de una combinación entre la susceptibilidad biológica individual, la predisposición genética y el efecto de factores mecánicos como el trauma dentoalveolar y la ortodoncia, los cuales se asocian con un aumento de la RRE.^{1, 2} La RRE se puede presentar por medio de estímulos a los tejidos, como puede ser la presión durante los movimientos ortodóncicos, los procesos infecciosos, ciertas enfermedades sistémicas, entre otros; además, suele ser progresiva y puede afectar la viabilidad a largo plazo de los dientes.^{3, 4} Cabe resaltar que el clínico debe ser capaz de identificar los factores de tratamiento que contribuyen a la RRE en ortodoncia, lo cual permitiría minimizar sus efectos negativos.

La estructura dentaria está compuesta de tejidos mineralizados (susceptibles a reabsorción) y tejidos no mineralizados (no susceptibles a reabsorción). La superficie radicular presenta una capa que la protege de los procesos reabsortivos y consta de precemento y cementoblastos. Si el precemento se mineraliza, o se presenta una lesión mecánica de este que cause muerte celular, las células multinucleadas colonizarán las superficies mineralizadas y denucladas, lo cual hace a la raíz dentaria susceptible a la RRE.^{5, 6}

Se ha observado que el cemento radicular, comparado con el hueso alveolar, presenta mayor resistencia a la reabsorción radicular externa, por eso cuando en ortodoncia se aplican fuerzas, usualmente se observa reabsorción del hueso alveolar, lo que conduce al movimiento dental. Sin embargo, también puede ocurrir la reabsorción del cemento radicular y de la dentina durante el tratamiento ortodóncico.^{7, 8} La degradación de la matriz orgánica del diente no se ha entendido completamente, pues al parecer al osteoclasto se le ha asignado la capacidad de desmineralizar el tejido calcificado y degradar la matriz orgánica. Estudios histológicos han reportado una ocurrencia de más del 90% de reabsorción radicular externa inflamatoria inducida por el tratamiento de ortodoncia.^{9, 10} Sin embargo, se han reportado porcentajes inferiores

mediante el diagnóstico con técnicas radiográficas. Algunos autores como Lupi *et al.*¹¹ y Linge *et al.*¹² han reportado una incidencia del 15% de RRE apical antes del tratamiento ortodóncico y 73% después de este.

En la mayoría de los casos, las radiografías panorámicas o periapicales muestran una pérdida de estructura radicular mínima y clínicamente insignificante, la cual en la RRE inducida por ortodoncia es inferior a 2,5 mm,¹²⁻¹⁴ por lo general. Mediante el uso de escalas, la RRE apical suele clasificarse como leve, moderada o grave, independientemente de los factores genéticos o el tipo de tratamiento, pero en la mayoría de los pacientes de ortodoncia suele presentarse en mayor proporción la leve o la moderada.^{15, 16} En algunos casos este proceso de RRE puede ser grave, y se define como la pérdida de estructura radicular superior a 4 mm, o un tercio de longitud radicular; esta se ha reportado en 1 a 5% de los pacientes.^{11, 15, 17, 18} Se ha descrito que los incisivos superiores presentan mayor incidencia de RRE en ortodoncia que cualquier otro diente, seguidos por los incisivos mandibulares y primeros molares.^{13, 16, 19-21}

Algunos factores de riesgo para la aparición de la RRE han sido relacionados con el tratamiento de ortodoncia, entre los que se incluyen: la duración del tratamiento;^{15, 22, 23} la magnitud de la fuerza aplicada;²⁴⁻²⁶ la dirección del movimiento;^{23, 27-30} la cantidad de desplazamiento apical;^{31, 32} el método de aplicación de la fuerza (continua o intermitente);^{12, 19, 33, 34} el tipo de aparato;^{35, 36} la técnica de tratamiento;^{14, 20, 28, 30, 32} la historia previa de RRE;^{31, 37, 38} la morfología y longitud radicular, raíces con anomalías en el desarrollo;^{2, 13, 32, 39, 40} la genética;^{1, 8, 13, 37} los factores sistémicos;^{41, 42} la ingestión de drogas;⁴³ las deficiencias hormonales como el hipotiroidismo y el hipopituitarismo;^{44, 45} el asma;^{46, 47} la proximidad de la raíz al hueso cortical;^{22, 27, 48} la densidad ósea alveolar;^{22, 49} el alcoholismo crónico;⁵⁰ el trauma dentoalveolar;^{16, 19, 20, 37, 51} el tratamiento de endodoncia;^{37-39, 52} la gravedad y el tipo de maloclusión;⁵³ la edad^{3, 12, 15, 19} y el sexo.^{2, 8, 13, 26, 38}

El propósito de esta revisión sistemática fue identificar parámetros radiográficos que orienten la detección y control de la reabsorción radicular externa en pacientes con tratamiento ortodóncico.

Las preguntas de investigación que se formularon fueron:

1. ¿Cuál es el método radiográfico ideal para la detección de la reabsorción radicular externa en ortodoncia?
2. ¿Cuál es el tiempo indicado para la toma de radiografías de control en ortodoncia para detectar la reabsorción radicular externa?
3. ¿Cuáles son las características radiográficas que se deben evaluar para el diagnóstico de reabsorción radicular externa?

Materiales y métodos

Para esta revisión se utilizó la metodología de la Co-laboración Cochrane,⁵⁴ la cual se realizó en 3 etapas:

Primera etapa

Definición de preguntas. Las preguntas de investigación se eligieron por consenso de un listado de preguntas formuladas por los investigadores teniendo en cuenta los siguientes parámetros: pertinencia en el diagnóstico de reabsorción radicular externa por ortodoncia, factibilidad de los resultados con mayor aplicación a la práctica del ortodontista y viabilidad para responder las preguntas en el tiempo establecido.

Segunda etapa

Revisión de literatura. Se definieron las bases de datos a trabajar y los términos MeSH y Word que se emplearon para la revisión. Se establecieron estrategias de búsqueda (anexo 4) específicas para cada pregunta con el propósito de encontrar los artículos que respondieran mejor las preguntas. Se realizaron búsquedas independientes por parte de los investigadores para cada componente de las preguntas y posteriormente se combinaron los resultados de las diferentes búsquedas. Este proceso fue evaluado y validado por uno de los investigadores.

Parámetros de búsqueda. Para la búsqueda no se realizaron las restricciones de idioma, año de publicación, sexo, edad, ubicación geográfica, ni etnia. Solo se incluyeron artículos de estudios de cohorte, ensayos clínicos, metaanálisis y revisiones sistemáticas, ya que estos son los más indicados para resolver preguntas diagnósticas. Se excluyeron las revisiones de literatura, estudios de casos y controles, reportes de casos, serie de casos y opiniones de expertos.

Bases de datos de búsqueda:

- MEDLINE searched via PubMed (1950-2011).
- Cochrane Database of Systematic Reviews (Cochrane Reviews) (2011).
- Google Index to Scientific (2011).
- LILACS (Latin American and Caribbean Center on Health Sciences Information) (1982 to 2011).
- SCIELO.

Términos de búsqueda MeSH y términos libres empleados en la estrategia de búsqueda:

- Radiography, Dental.
- Radiography, Panoramic.
- Root Resorption.
- Tooth Movement.
- Orthodontic Appliances.
- Cone-Beam Computed Tomography.
- Time Factors.
- Diagnosis.
- Diagnostic Techniques and Procedures.
- Radiographic Assessment.
- Radiographic Evaluation.

Tercera etapa

Selección y análisis crítico de los artículos. Una vez finalizada la búsqueda bibliográfica e identificados los artículos relevantes para el tema de la revisión, se realizó su selección y se determinó si cumplían los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Las discrepancias se definieron por consenso entre tres investigadores.

El análisis crítico de los artículos se realizó de manera independiente por dos investigadores, y se aplicó la escala de Jadad a los artículos⁵⁵ que eran ensayos clínicos y la escala de NewCastle-Otawa⁵⁶ a los estudios de cohorte para evaluar su calidad metodológica.

La escala de NewCastle-Otawa da un puntaje de 1 a 9 estrellas; de 1 a 3 estrellas es un artículo de pobre calidad, de 4 a 6 estrellas de moderada calidad y de 7 a 9 estrellas de alta calidad. La escala de Jadad da un puntaje de 0 a 5 puntos; de 0 a 2 puntos es un artículo de pobre calidad, de 3 a 4 puntos de calidad adecuada y de 5 puntos de alta calidad.

Una vez finalizada la lectura crítica de los artículos, se evaluó la concordancia interobservador entre los dos

investigadores que extrajeron los datos. Se consideró como bueno para la revisión sistemática un índice igual o mayor a 0,8. Este análisis se realizó utilizando EPIDAT® versión 3.1 (Xunta de Galicia, Pan American Health Organization, 2006). Se tenía previsto realizar la prueba de homogeneidad de los artículos incluidos, estratificando por tipo de estudio. Sin embargo, esto no fue factible debido a que los estudios no son comparables, como se muestra en los resultados.

Resultados

Las concordancias interobservador de la evaluación metodológica que se realizó a los artículos incluidos en la revisión sistemática fue de 1,0. Esto indica que para la extracción de los datos del análisis crítico para las preguntas planteadas los dos investigadores tuvieron una concordancia perfecta.

Para la primera pregunta de investigación se encontró un total de 164 artículos. Luego de la lectura por título y resumen se seleccionaron 10 artículos;

después de la lectura completa de los artículos se excluyeron 4 (3 por ser estudios in vitro y 1 por ser un estudio transversal), para un total de 6 artículos incluidos (tabla 1 y anexo 1).

Para la segunda pregunta se encontró un total de 38 artículos, luego se realizó la lectura por título y por resumen, y se seleccionaron un total de 5 artículos. Posterior a esto se hizo la lectura completa, en la cual se excluyeron 2 (1 por ser un estudio transversal y otro por ser una revisión de literatura) para un total de 3 artículos incluidos (tabla 2, figuras 1 y 2 y anexo 2).

Para la tercera pregunta de investigación se encontró un total de 83 artículos, de los cuales se seleccionaron 25. Sin embargo, en la sección de resultados no se encontró la respuesta a la pregunta planteada, por lo que se tomó la información de la metodología de los respectivos artículos. Luego de la lectura completa, se excluyeron 9 artículos (3 por ser estudios en animales, 2 por ser estudios in vitro, 2 por no tener relación con el tema y 1 porque no se tuvo acceso), para un total de 17 artículos incluidos (tabla 3 y anexo 3).

Descripción de los estudios

Tabla 1. Análisis sistemático de artículos que responden a la pregunta ¿cuál es el método radiográfico ideal para la detección de la reabsorción radicular externa en ortodoncia?

Estudio	Objetivo	Tomografía Cone Beam	Radiografía periapical	Radiografía panorámica	Tipo de estudio
Sameshima y Asgarifar ⁵⁷	Determinar si la forma radicular puede ser establecida acertadamente en radiografías panorámicas y periapicales	No evalúan	100% de reabsorción radicular, 22% de forma radicular anormal	100% de reabsorción radicular, 15% de forma radicular anormal	Cohorte
Dudic, Giannopoulou, Martinez, Montet y Kiliaridis ⁵⁸	Validar el uso de radiografías periapicales evaluando reabsorción radicular inducida por ortodoncia contra microtomografía computarizada	86% de reabsorción	55% de reabsorción	No evalúan	Ensayo clínico
Alqerban, Jacobs, Fieuws y Willems ⁵⁹	Comparar la exactitud del diagnóstico radiográfico de CBCT con la de una radiografía panorámica para la localización de los caninos superiores impactados y lesiones de reabsorción radicular de incisivos	53,9% de reabsorción	No evalúan	29,4% de reabsorción	Cohorte

Continúa

Continuación tabla 1

Mohandesan, Ravanmehr y Valaei ⁶⁰	Evaluar la cantidad de reabsorción radicular externa en incisivos maxilares durante 12 meses de tratamiento activo	No evalúan	100% de reabsorción	No evalúan	Cohorte
Levander, Bajka y Malmgren ⁶¹	Evaluar la sensibilidad de radiografías digitales para detectar reabsorción radicular externa en un modelo experimental, y reabsorción radicular ortodóncica inducida in vivo	No evalúan	51% de reabsorción	No evalúan	Cohorte
Artun, Van't Hullenaar, Doppel y Kuijpers-Jagtman ⁶²	Probar que hay una asociación entre la cantidad de reabsorción antes y después de ortodoncia	No evalúan	70% de reabsorción	No evalúan	Cohorte

Fuente: los autores

Tabla 2. Análisis sistemático de artículos que responden a la pregunta ¿cuál es el tiempo indicado para la toma de radiografías de control en ortodoncia para detectar la reabsorción radicular externa?

Estudio	Muestra	3 meses	6 meses	12 meses	Tipo de estudio
Mohandesan, Ravanmehr y Valaei ⁶⁰	40 pacientes	No evalúan	100% de reabsorción	100% de reabsorción	Cohorte
Levander, Bajka y Malmgren ⁶¹	45 pacientes	24% de reabsorción	51% de reabsorción	No evalúan	Cohorte
Artun, Van 't Hullenaar, Doppel y Kuijpers-Jagtman ⁶²	267 pacientes	No evalúan	50% de reabsorción	70% de reabsorción	Cohorte

Fuente: los autores

Tabla 3. Análisis sistemático de artículos que responden a la pregunta ¿cuáles son las características radiográficas que se deben evaluar para diagnóstico de reabsorción radicular externa?

Estudio	Muestra/técnica radiográfica	Evaluación Rx	Tipo de estudio
Van Loenen, Dermout, Degrieck y De Pauw ⁶³	31 pacientes Rx periapical	Longitud radicular	Cohorte
Artun, Smale, Behbehani, Doppel, Van't Hof y Kuijpers-Jagtman ⁶⁴	247 pacientes Rx periapical	Longitud radicular	Cohorte
Mavragani, Vergari, Selliseth, Bøe y Wisth ⁶⁵	80 pacientes Rx periapical	Longitud radicular	Cohorte
Mohandesan, Ravanmehr y Valaei ⁶⁰	40 pacientes Rx periapical	Longitud radicular	Cohorte

Continúa

Continuación tabla 3

Sameshima y Asgarifar ⁵⁷	42 pacientes Rx periapical y panorámica	Longitud radicular	Cohorte
Dudic, Giannopoulou, Martinez, Montet y Kiliaridis ⁵⁸	17 pacientes Rx periapical y tomografía	Cambio en forma radicular y longitud radicular	Ensayo clínico controlado aleatorizado
Artun, Van't Hullenaar, Doppel y Kuijpers-Jagtman ⁶²	265 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular	Cohorte
Costopoulos y Nanda ⁶⁶	Grupo experimento: 17 pacientes Grupo control: 17 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular	Ensayo clínico controlado
Smale, Artun, Behbehani, Doppel, van't Hof, Kuijpers-Jagtman ⁶⁷	292 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular Ancho radicular medido a 4 mm del ápice	Cohorte
Kocadereli, Yesil, Veske y Uysal ⁶⁸	20 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular	Cohorte
De Freitas, Beltrão, Janson, Henriques y Chiqueto ⁶⁹	120 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular Grado 0: no reabsorción Grado 1: leve reabsorción con contorno apical irregular Grado 2: reabsorción moderada con leve pérdida radicular y contorno recto Grado 3: reabsorción acentuada con pérdida de 1/3 de raíz Grado 4: reabsorción extrema con pérdida radicular de más de 1/3	Transversal
Perona y Wenzel ⁷⁰	12 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular	Cohorte
Mirabella y Artun ⁷¹	343 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular Ancho radicular medido a 4 mm del ápice	Cohorte
Mirabella y Artun ⁷²	343 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular	Cohorte
Remington, Joondeph, Artun, Riedel y Chapko ⁷³	100 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular y contorno del ápice	Cohorte
Esteves, Ramos, Pereira y Hidalgo ⁷⁴	16 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular	Cohorte
Tsesis, Fuss, Rosenberg y Taicher ⁷⁵	712 pacientes Rx periapicales	Longitud radicular Continuidad de la lámina dura Espacio del ligamento periodontal	Transversal

Fuente: los autores

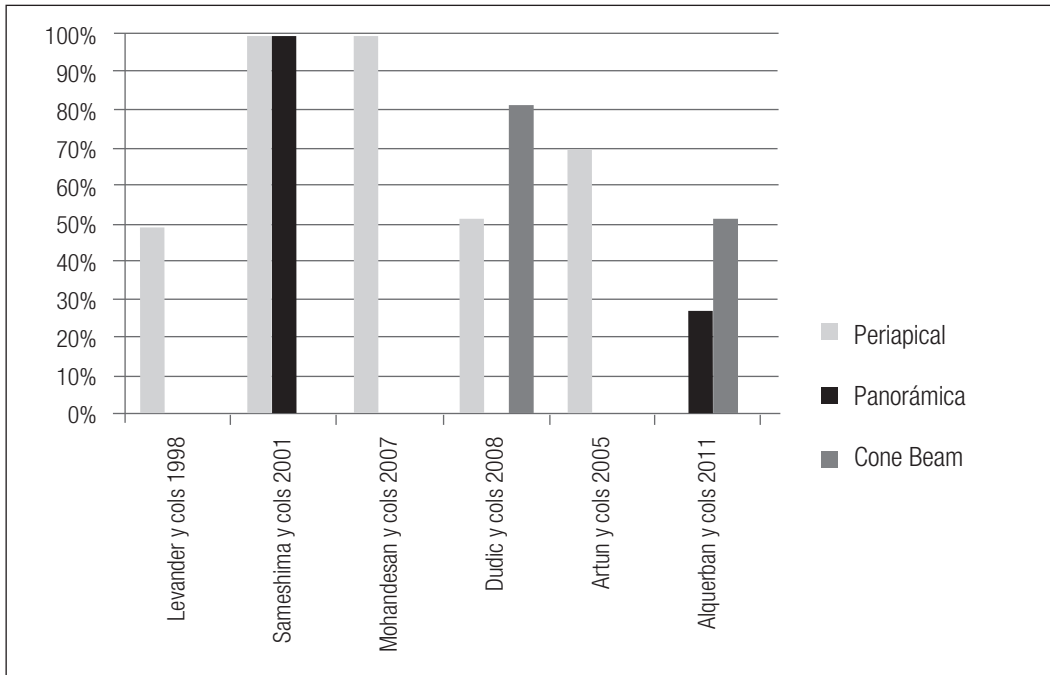


Figura 1. Distribución de frecuencias de la detección de reabsorción radicular externa en ortodoncia por métodos radiográficos^{57-60, 62, 64}

Fuente: los autores

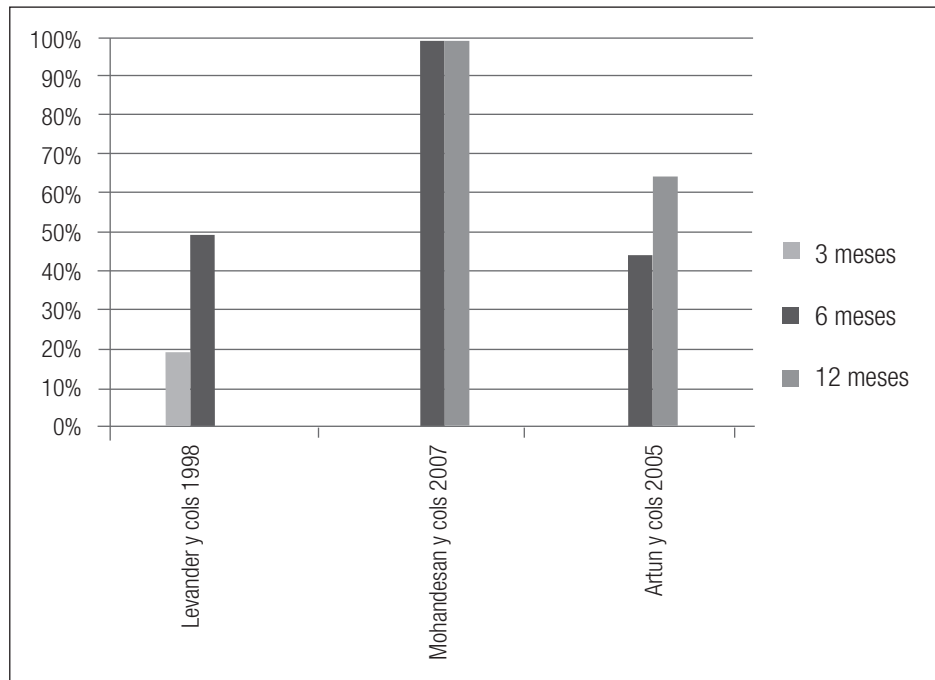


Figura 2. Distribución de frecuencias de tiempo indicado para la toma de radiografías de control en ortodoncia para detectar la reabsorción radicular externa^{60, 61, 64}

Fuente: los autores

Discusión

Hasta ahora no se presenta una técnica de referencia para realizar una evaluación del proceso de RRE; lo que sí es claro es que la reabsorción radicular es un proceso tridimensional y que su extensión debe ser vista con precisión. Hasta ahora los métodos radiográficos presentan limitaciones ya que las únicas técnicas que arrojan información 100% confiable son los estudios histológicos o los estudios con microscopía electrónica de barrido. La radiografía periapical y la radiografía panorámica pueden dar información falsa o distorsionada debido a los diversos planos en los que puede ser tomada la imagen, lo cual se debe a la dificultad en la estandarización de las técnicas radiográficas. La tomografía Cone Beam es el método diagnóstico más eficaz para detectar la RRE ya que presenta una alta sensibilidad y especificidad, y proporciona al clínico una visión en los tres planos del espacio. Esto permite evaluar desde cualquier ángulo el proceso reabsortivo, lo que ayuda a corregir las fallas de la radiografía periapical y panorámica.⁵⁸

Levander, Mohandesan y Artun utilizaron radiografías periapicales tomadas con una técnica paralela para la detección de reabsorción radicular, y encontraron que estas son efectivas para la detección temprana en pacientes con ortodoncia.⁵⁷⁻⁶²

Las radiografías panorámicas cumplen varios propósitos para el diagnóstico inicial en ortodoncia; sin embargo, el clínico debe revisarlas cuidadosamente y ordenar las periapicales si las raíces de los dientes no se observan claramente en la panorámica, para poder evaluar claramente las raíces en caso de aparición de RRE.⁵⁷

Con respecto al tiempo indicado para la toma de radiografías periapicales para detección de RRE, se ha reportado que es posible encontrar RRE a los 3 meses de tratamiento en un porcentaje bajo, pero esta se hace más evidente a los 6 meses y aumenta a medida que avanza el tratamiento ortodóncico.⁶⁰⁻⁶² Es importante resaltar que se ha reportado que el proceso de RRE por ortodoncia puede ser detenido en el momento de retirar las fuerzas ortodóncicas, y posterior a este cese se da la reparación de la lesión por medio de cemento de tipo celular.²⁶

En la mayoría de los estudios, las técnicas de medición para detección de RRE no son uniformes y son numerosas: las radiografías, el microscopio óptico, el microscopio electrónico de barrido, y la tomografía computarizada; esta última ha mostrado ser más sensible que las técnicas convencionales radiográficas para la detección de esta patología.⁵⁹ Clínicamente, las radiografías periapicales son una herramienta diagnóstica importante en la detección de RRE, pero el descubrimiento de los distintos grados de la RRE con dicha radiografía está limitado a dos planos del espacio, y se debe tener en cuenta que este es un fenómeno tridimensional. Por consiguiente, esto le da un valor incompleto, dudoso e impreciso a la radiografía periapical. Sin embargo, se ha encontrado en los estudios que utilizan esta técnica radiográfica que se emplea como referencia la longitud radicular inicial, comparándola con la final. De esta forma, determinan la diferencia en la longitud, específicamente si aparece una disminución de esta.^{57, 58, 60, 63-75} Otros factores que se evalúan son cualquier variación en la forma y el contorno del ápice radicular,^{58, 73} el ancho radicular a 4 mm del apice,^{67, 71} el espacio del ligamento periodontal y la continuidad de la lámina dura.⁶⁹

Debido a todos los hallazgos encontrados en la literatura, se sugiere para futuros estudios la utilización de una técnica estandarizada para medir la longitud y el volumen de la raíz, antes y después del tratamiento ortodóncico. También se propone que proporcionen un registro que compare la incidencia y gravedad de RRE antes y después del tratamiento ortodóncico, con el fin de desarrollar instrumentos de medición más precisos, confiables y válidos para poder realizar comparaciones entre estudios.

Una fortaleza de esta investigación es que se realizó una búsqueda separada e independiente por dos investigadores, y hubo un cegamiento a la hora de seleccionar y aplicar el análisis crítico a los artículos, lo cual condujo a obtener la mayor cantidad de artículos que respondieran a las preguntas planteadas.

A pesar de que el número de artículos incluidos en esta revisión fue bajo, la calidad metodológica de estos fue alta, proporcionando unos resultados basados en la evidencia científica disponible. Entre las limitaciones del estudio se encontró que, a pesar

de la considerable cantidad de publicaciones en la literatura científica sobre RRE, el número de artículos hallados para responder la tercera pregunta sobre las características radiográficas de RRE era limitado y muchos eran heterogéneos, lo cual impide realizar una comparación, haciendo que los resultados sobre el tema no sean concluyentes.

Aunque los estudios son heterogéneos, se puede concluir que el método ideal para la detección de RRE por ortodoncia es la tomografía Cone Beam, ya que presenta una alta sensibilidad y especificidad en comparación con las demás técnicas radiográficas. Sin embargo, por su falta de disponibilidad y sus altos costos, se recomienda utilizar radiografías periapicales con técnica paralela, ya que presentan información muy confiable y detallada en comparación a la radiografía panorámica; solo en los casos de reabsorciones graves se sugiere la toma de la tomografía Cone Beam, ya que la información imprecisa de la radiografía periapical podría ser crítica para la supervivencia del diente en gran número de casos.

Las radiografías periapicales de incisivos superiores con técnica paralela deben ser tomadas al inicio del tratamiento, posteriormente se deben realizar controles a los 3 y a los 6 meses, y luego cada 6 meses con el fin de detectar y controlar la reabsorción radicular externa ocasionada por el tratamiento ortodóncico. En caso de ser detectada, se deben evaluar los siguientes criterios: longitud radicular (específicamente su disminución, cualquier variación en la forma y el contorno del ápice radicular), el ancho radicular a 4 mm del ápice, el espacio del ligamento periodontal y la continuidad de la lámina dura.

Estas recomendaciones se deben evaluar en estudios prospectivos que permitan validar y concluir si son las más adecuadas para identificar tempranamente el proceso de RRE.

Referencias

- Al-Qawasmí RA, Hartsfield JK Jr, Everett ET, Flury L, Liu L, Foroud TM *et al*. Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003; 123: 242-52.
- Newman WG. Possible etiologic factors in external root resorption. *Am J Orthod*. 1975; 67: 522-39.
- Harris EF, Robinson QC, Woods MA. An analysis of causes of apical root resorption in patients not treated orthodontically. *Quintessence Int*. 1993; 24: 417-28.
- Killiany DM. Root resorption caused by orthodontic treatment: an evidence-based review of literature. *Semin Orthod*. 1999; 5: 128-33.
- Tronstad L. Root resorption-etiology, terminology and clinical manifestations. *Endod Dent Traumatol*. 1998; 4: 241-51.
- Jones S, Boyde A. The resorption of dentine and cementum. En: Davidovitch Z, ed. *Biological mechanisms of tooth eruption and root resorption*; 1994: 335-54.
- Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption alter orthodontic treatment. *Am J Orthod. Dentofac Orthop*. 1993; parte 1. 103(1): 62-6. parte 2. 103(2): 138-46.
- Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1997; 111: 301-9.
- Stenvik A, Mjor IA. Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion. A histological study of the initial changes. *Am J Orthod*. 1970; 5: 370-85.
- McLaughlin KD. Quantitative determination of root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod*. 1964; 50: 143.
- Lupi JE, Handelman CS, Sadowsky C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996; 109: 28-37.
- Linge BO, Linge L. Apical root resorption in upper anterior teeth. *Eur J Orthod*; 1983; 5: 173-83.
- Sameshima GT, Sinclair PM. Predicting and preventing root resorption: part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2001; 119: 505-10.
- Blake M, Woodside DG, Pharoah MJ. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with the edgewise and Speed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995; 108: 76-84.
- Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod*. 1988; 10: 30-8.
- Brin I, Tulloch JFC, Koroluk L, Philips C. External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1- versus 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2003; 124: 151-6.
- Levander E, Malmgren O, Stenback K. Apical root resorption during orthodontic treatment of patients

- with multiple aplasia: a study of maxillary incisors. *Eur J Orthod.* 1998; 20: 427-34.
18. Killiany DM. Root resorption caused by orthodontic treatment: review of literature from 1998 to 2001 for evidence. *Prog Orthod.* 2002; 3: 2-5.
 19. Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1991; 99: 35-43.
 20. Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod.* 1982; 82: 487-91.
 21. Kook YA, Park S, Sameshima GT. Peg-shaped and small lateral incisors not at higher risk for root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003; 123: 253-8.
 22. Otis L, Hong J, Tuncay O. Bone structure effect on root resorption. *Orthod Craniofac Res.* 2004; 21: 165-77.
 23. Dermaut LR, De Munck A. Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive tooth movement: A radiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1986; 90: 321-6.
 24. Casa MA, Faltin RM, Faltin K, Sander FG, Arana-Chavez VE. Root resorptions in upper first premolars after application of continuous torque moment. Intra-individual study. *J Orofac Orthop.* 2001; 62: 285-95.
 25. Harris DA, Jones AS, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum. Part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: a microcomputed tomography scan study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 130(5): 639-47.
 26. Chan E, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: part 7. Extent of root resorption under areas of compression and tension. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129: 504-10.
 27. Kaley J, Phillips C. Factors related to root resorption in edgewise practice. *Angle Orthod.* 1991; 61: 125-32.
 28. Beck BW, Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects: analysis of edgewise and light wire mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1994; 105: 350-61.
 29. Barbagallo LJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum. Part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermo-plastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 133: 218-27.
 30. Parker RJ, Harris EF. Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 114: 672-83.
 31. Segal G, Schiffman P, Tuncay O. Meta analysis of the treatment related factors of external apical root resorption. *Orthod Craniofac Res.* 2004; 7: 71-8.
 32. Fox N. Longer orthodontic treatment may result in greater external apical root resorption. *Evid Based Dent.* 2005; 6: 21.
 33. Faltin RM, Faltin K, Sander FG, Arana-Chavez VE. Ultrastructure of cementum and periodontal ligament after continuous intrusion in humans: a transmission electron microscopy study. *Eur J Orthod.* 2001; 23: 35-49.
 34. Acar A, Canyurek U, Kocaaga M, Erverdi N. Continuous vs. Discontinuous force application and root resorption. *Angle Orthod.* 1999; 69: 159-63.
 35. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: part 1. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1993; 103: 62-6.
 36. Pandis N, Nasika M, Polychronopoulou A, Eliades T. External apical root resorption in patients treated with conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008; 134: 646-51.
 37. Hartsfield JK Jr, Everett ET, Al-Qawasmi RA. Genetic factors in external apical root resorption and orthodontic treatment. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2004; 15: 115-22.
 38. Drysdale C, Gibbs SL, Ford TR. Orthodontic management of root-filled teeth. *Br J Orthod.* 1996; 23: 255-60.
 39. Mirabella AD, Artun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 108: 48-55.
 40. McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 116: 545-51.
 41. Igarashi K, Adachi H, Mitani H, Shinoda H. Inhibitory effect of topical administration of a bisphosphonate (risedronate) on root resorption incident to orthodontic tooth movement in rats. *J Dent Res.* 1996; 75: 1644-9.

42. Attati I, Hellsing E, Hammarstrom L. Orthodontically induced root resorption in rat molars after 1-hydroxyethylidene-1, 1-bisphosphonate injection. *Acta Odontol Scand.* 1996; 54: 102-8.
43. Villa PA, Oberti G, Moncada CA, Vasseur O, Jaramillo A, Tobon D *et al.* Pulp-dentine complex changes and root resorption during intrusive orthodontic tooth movement in patients prescribed nabumetone. *J Endod.* 2005; 31: 61-6.
44. Poumpros E, Loberg E, Engstrom C. Thyroid function and root resorption. *Angle Orthod.* 1994; 64: 389-93.
45. Christiansen RL. Commentary: thyroxine administration and its effects on root resorption. *Angle Orthod.* 1994; 64: 399-400.
46. McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 116: 545-51.
47. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: the clinical aspects. *Angle Orthod.* 2002; 72: 180-4.
48. Horiuchi A, Hotokezaka H, Kobayashi K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998; 114: 311-8.
49. Midgett RJ, Shaye R, Fruge JF Jr. The effect of altered bone metabolism on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod.* 1981; 80: 256-62.
50. Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics: the effect on initial tooth movement and root resorption. *Eur J Orthod.* 2003; 25: 335-42.
51. Davidovitch Z, Godwin SL, Park YG, Dobeck JM, Lily CM, De Sanctis GT. The etiology of root resorption. En: McNamara JA, Trotman CA, ed. *Orthodontic treatment: the management of unfavorable.* Ann Arbor: University of Michigan, Center for Human Growth and Development; 1996.
52. Brezniak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: the clinical aspects. *Angle Orthod.* 2002; 72: 180-4.
53. Lee KS, Straja SR, Tuncay OC. Perceived long-term prognosis of teeth with orthodontically resorbed roots. *Orthod Craniofac Res.* 2003; 6: 177-91.
54. Clarke M, Oxman AD, eds. *Manual de revisores Cochrane 4.1.6.* [Internet]; 2003. [acceso 7 de marzo del 2011]. Disponible en: <http://www.cochrane.es/?q=es/disknode/get/15/handbook>.
55. Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJ, Gavaghan DJ *et al.* Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Control Clin Trials.* 1996; 17: 1-12.
56. Wells GA SB, O'Connell D. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for assessing the quality of nonrandomised studies in meta-analyses. [Internet]. Ottawa: Ottawa Hospital Research Institute; 2011 [acceso 7 de noviembre del 2011]. Disponible en: http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp
57. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod.* 2001; 71: 185-9.
58. Dudic A, Giannopoulou C, Martinez M, Montet X, Kiliaridis S. Diagnostic accuracy of digitized periapical radiographs validated against micro-computed tomography scanning in evaluating orthodontically induced apical root resorption. *Eur J Oral Sci.* 2008; 116(5): 467-72.
59. Alqerban A, Jacobs R, Fieuws S, Willems G. Comparison of two cone beam computed tomographic systems versus panoramic imaging for localization of impacted maxillary canines and detection of root resorption. *Eur J Orthod.* 2011; 33: 93-102.
60. Mohandesan H, Ravanmehr H, Valaei N. A radiographic analysis of external apical root resorption of maxillary incisors during active orthodontic treatment. *European Journal of Orthodontics.* 2007; 29: 134-9.
61. Levander E, Bajka R, Malmgren O. Early radiographic diagnosis of apical root resorption during orthodontic treatment: a study of maxillary incisors. *Eur J. Orthod.* 1998; 20: 57-63.
62. Artun J, Van 't Hullenaar R, Doppel D, Kuijpers-Jagtman AM. Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009; 135: 448-55.
63. Van Loenen M, Dermaut LR, Degrieck J, De Pauw GA. Apical root resorption of upper incisors during the torquing stage of the tip-edge technique. *Eur J Orthod.* 2007; 29(6): 583-8.
64. Artun J, Smale I, Behbehani F, Doppel D, Van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption six and 12 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Angle Orthod.* 2005; 75(6): 919-26.
65. Mavragani M, Vergari A, Selliseth NJ, Bøe OE, Wisth PL. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with a standard edgewise and a straight-wire edgewise technique. *Eur J Orthod.* 2000; 22(6): 665-74.

66. Costopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996; 109(5): 543-8.
67. Smale I, Artun J, Behbehani F, Doppel D, van't Hof M, Kuijpers-Jagtman AM. Apical root resorption 6 months after initiation of fixed orthodontic appliance therapy. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2005; 128(1): 57-67.
68. Kocadereli I, Yesil TN, Veske PS, Uysal S. Apical root resorption: A prospective radiographic study of maxillary incisors. *Eur J Dent.* 2011; 5(3): 318-23.
69. De Freitas MR, Beltrão RT, Janson G, Henriques JF, Chiqueto K. Evaluation of root resorption after open bite treatment with and without extractions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007; 132(2): 143.e15-22.
70. Perona G, Wenzel A. Radiographic evaluation of the effect of orthodontic retraction on the root of the maxillary canine. *Dentomaxillofac Radiol.* 1996; 25(4): 179-85.
71. Mirabella AD, Artun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 108(1): 48-55.
72. Mirabella AD, Artun J. Prevalence and severity of apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Eur J Orthod.* 1995; 17(2): 93-9.
73. Remington DN, Joondeph DR, Artun J, Riedel RA, Chapko MK. Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989; 96(1): 43-6.
74. Esteves T, Ramos AL, Pereira CM, Hidalgo MM. Orthodontic root resorption of endodontically treated teeth. *J Endod.* 2007; 33(2): 119-22.
75. Tsisis I, Fuss Z, Rosenberg E, Taicher S. Radiographic evaluation of the prevalence of root resorption in a Middle Eastern population. *Quintessence Int.* 2008; 39(2): e40-4.

Anexos

Anexo 1. Artículos excluidos en la primera pregunta

Autor	Criterio de exclusión
Lund H, Gröndahl K, Gröndahl HG. <i>Angle Orthod.</i> 2010; 80(3): 466-73.	Tipo de estudio: in vitro
Hahn W, Fricke-Zech S, Fricke J, Gruber RM, Dullin C, Zapf A <i>et al.</i> <i>Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.</i> 2009; 107(2): 272-8.	Tipo de estudio: in vitro
Gegler A, Fontanella V. <i>Eur J Orthod.</i> 2008; 30(3): 315-9.	Tipo de estudio: in vitro
Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. <i>Am J Orthod Dentofacial Orthop.</i> 2009; 135(4): 434-7.	Tipo de estudio: transversal

Anexo 2. Artículos excluidos en la segunda pregunta

Autor	Criterio de exclusión
Dudic A, Giannopoulou C, Leuzinger M, Kiliaridis S. <i>Am J Orthod Dentofacial Orthop.</i> 2009; 135(4): 434-7.	Tipo de estudio: transversal
Brezniak N, Wasserstein A. <i>Angle Orthod.</i> 2002; 72(2): 180-4.	Tipo de estudio: revisión narrativa

Anexo 3. Artículos excluidos en la tercera pregunta

Autor	Razón de exclusión
Algerban A, Jacobs R, Fieuws S, Willems G. <i>Eur J Orthod.</i> 2011; 33(1): 93-102.	No se especifica cómo determinan la reabsorción radicular
Lund H, Gröndahl K, Gröndahl HG. <i>Angle Orthod.</i> 2010; 80(3): 466-73.	Estudio in vitro
Gegler A, Fontanella V. <i>Eur J Orthod.</i> 2008; 30(3): 315-9.	Estudio in vitro
Carrillo R, Rossouw PE, Franco PF, Opperman LA, Buschang PH. <i>Am J Orthod Dentofacial Orthop.</i> 2007; 132(5): 647-55.	Estudio en animales
Reukers EA, Sanderink GC, Kuijpers-Jagtman AM, van't Hof MA. <i>J Orofac Orthop.</i> 1998; 59(2): 100-9.	No se tuvo acceso al artículo
Carrillo R, Buschang PH, Opperman LA, Franco PF, Rossouw PE. <i>Am J Orthod Dentofacial Orthop.</i> 2007; 132(5): 576.e1-6.	Estudio en animales
Turley PK, Joiner MW, Hellstrom S. <i>Am J Orthod.</i> 1984; 85(1): 47-56.	Estudio en animales
Patel S, Dawood A, Wilson R, Horner K, Mannocci F. <i>Int Endod J.</i> 2009; 42(9): 831-8.	Evalúan reabsorción radicular interna pero no reabsorción radicular apical externa

Anexo 4. Estrategias de búsqueda

Pregunta 1

1. ("Radiography, Dental"[Mesh]) AND "Root Resorption"[Mesh]) AND Orthodontic[MESH]
2. ("Radiography, Dental"[Mesh]) AND "Root Resorption"[Mesh]) AND Orthodontic[Mesh]) AND Diagnosis[Mesh]
3. ("Radiography, Dental"[Mesh]) AND "Root Resorption"[Mesh]) AND Orthodontic[Mesh]) AND "Diagnostic Techniques and Procedures"[Mesh]
4. ("Root Resorption"[Mesh]) AND Orthodontic [Mesh] AND "Radiography, Panoramic"[Mesh]

5. (“Root Resorption”[Mesh]) AND Orthodontic [Mesh] AND “Cone-Beam Computed Tomography”[Mesh]

Pregunta 2

1. (“Radiography, Dental”[Mesh]) AND “Root Resorption”[Mesh] AND Orthodontic[Mesh].
2. (“Radiography, Dental”[Mesh]) AND “Root Resorption”[Mesh] AND “Time Factors”[Mesh]
3. (“Radiography, Dental”[Mesh]) AND “Root Resorption”[Mesh] AND Orthodontic[Mesh] AND “Time Factors”[Mesh]

Pregunta 3

1. (((((((“Root Resorption”[Majr])) AND (orthodontics [MeSH Major Topic]))) OR (((“Diagnosis, Oral”[Majr])) AND (“Root Resorption”[Majr]))) AND (periapical radiography))) OR (((((((“Root Resorption”[Majr])) AND (orthodontics[MeSH

Major Topic]))) OR (((“Diagnosis, Oral”[Majr])) AND (“Root Resorption”[Majr]))) AND (“Radiography, Dental”[Majr]))) OR (((((((“Root Resorption”[Majr])) AND (orthodontics[MeSH Major Topic]))) OR (((“Diagnosis, Oral”[Majr])) AND (“Root Resorption”[Majr]))) AND (“Cone-Beam Computed Tomography”[Majr]))

2. (Radiographic[All Fields] AND (“Assessment” [Journal] OR “assessment”[All Fields]) AND orthodontic[All Fields] AND (“root resorption”[MeSH
3. (Radiographic[All Fields] AND (“evaluation studies”[Publication Type] OR “evaluation studies as topic”[MeSH Terms] OR “evaluation”[All Fields])) AND “root resorption”[All Fields] AND orthodontic[All Fields]