

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Odontología

INTERACCIÓN DISCIPLINAR ENDODONCIA- ORTODONCIA

Madrid, curso académico 2024/2025

RESUMEN

Introducción: En esta revisión bibliográfica se ha abordado la principal relación que existe entre las disciplinas de endodoncia y ortodoncia la cual es la reabsorción radicular apical externa. Además, se ha analizado cuál es el estado actual en la literatura científica de esta interrelación y la justificación del por qué se ha decidido realizar este trabajo. **Objetivo:** El objetivo de esta revisión bibliográfica es hacer una comparativa de la prevalencia de reabsorción radicular apical externa entre los alineadores y la aparatología convencional. **Metodología:** Se estableció una pregunta de investigación que diese respuesta al objetivo de este trabajo. Se realizó una búsqueda de artículos en bases de datos como Pubmed, Medline Complete y Web of Science además de revistas de impacto científico como la *American Journal of Orthodontics* y *Journal of Endodontics*. Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para la búsqueda avanzada de artículos. **Resultados:** Se realizó un diagrama de flujo de la búsqueda avanzada de artículos incluidos en esta revisión bibliográfica. Además, se realizaron tablas donde se recogieron los artículos con información más relevante para la realización de este trabajo de revisión. **Conclusión:** La prevalencia de la reabsorción radicular apical externa es menor en el tratamiento con alineadores que en el tratamiento con aparatología fija.

PALABRAS CLAVE

Odontología, endodoncia, ortodoncia, reabsorción, alineadores.

ABSTRACT

Introduction: This literature review examines the primary interrelationship between the fields of endodontics and orthodontics, which is external apical root resorption. It further explores the current state of this association within the scientific literature and outlines the rationale for undertaking the present study. **Objective:** The objective of this literature review is to compare the prevalence of external apical root resorption between clear aligners and conventional fixed orthodontic appliances. **Methods:** A research question was formulated to address the objective of this study. A comprehensive literature search was conducted using databases such as PubMed, Medline Complete, and Web of Science as well as high-impact scientific journals including the *American Journal of Orthodontics* and the *Journal of Endodontics*. Inclusion and exclusion criteria were established to guide the advanced article selection process. **Results:** A flow diagram was developed to illustrate the advanced search process and the selection of articles included in this literature review. Additionally, summary tables were created to compile the most relevant information from the selected studies, supporting the development of this review. **Conclusion:** The prevalence of external apical root resorption is lower in treatments involving clear aligners compared to those using fixed orthodontic appliances.

KEYWORDS

Dentistry, endodontics, orthodontics, resorption, aligners.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	¿QUÉ ES LA ORTODONCIA?.....	1
1.2	TRATAMIENTO ORTODÓNTICO CON APARATOLOGÍA CONVENCIONAL.....	2
1.2.1	APARATOLOGÍA DE ACERO INOXIDABLE.....	2
1.2.2	APARATOLOGÍA CERÁMICA	3
1.2.3	APARATOLOGÍA PLÁSTICA.....	3
1.2.4	APARATOLOGÍA DE AUTOLIGADO	4
1.2.5	APARATOLOGÍA LINGUAL	5
1.3	TRATAMIENTO ORTODÓNTICO CON ALINEADORES	5
1.3.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS ADITAMENTOS	6
1.4	¿QUÉ ES LA ENDODONCIA?.....	8
1.4.1	PATOLOGÍA DE LA PULPA.....	8
1.4.2	DIAGNÓSTICO DE LA PATOLOGÍA PULPAR.....	9
1.4.3	DIAGNÓSTICO RADIOGRÁFICO.....	10
1.4.4	PRUEBAS MECÁNICAS	10
1.4.5	PRUEBAS TÉRMICAS	10
1.5	LA ORTODONCIA Y LOS TEJIDOS PULPARES.	11
1.5.1	ASPECTOS ANATÓMICOS.....	11
1.5.2	EFFECTOS FISIOLÓGICOS.....	11
1.6	CONSECUENCIAS ENDODÓNTICAS DEL TRAUMA DENTAL.....	12
1.6.1	PÉRDIDA DE VITALIDAD PULPAR.....	12
1.6.2	CALCIFICACIÓN DEL SISTEMA DE CONDUCTOS	12
1.6.3	REABSORCIÓN RADICULAR APICAL EXTERNA.....	13
1.7	JUSTIFICACIÓN.....	15
2	OBJETIVO.....	15
3	MATERIAL Y MÉTODOS.....	15
4	RESULTADOS	17
5	DISCUSIÓN.....	21
6	CONCLUSIÓN	25
7	SOSTENIBILIDAD.....	26
8	BIBLIOGRAFÍA	27
9	ANEXOS.....	29

1 INTRODUCCIÓN

1.1 ¿Qué es la ortodoncia?

La ortodoncia se define como la rama de la estomatología que se dedica al estudio del desarrollo de la oclusión y a su corrección aplicando aparatología que ejerce fuerzas mecánicas sobre la dentición y su entorno. (1)

El concepto de ortodoncia fue descrito por primera vez en la literatura por Defoulon a mediados del siglo XIX y proviene del griego *ortos* (recto) y *odóntos* (diente). (1)

Su principal objetivo es corregir cualquier tipo de maloclusión y obtener una oclusión ideal usando como medio terapéutico el uso de fuerzas correctivas. (1)

Para alcanzar la oclusión ideal, la ortodoncia realiza movimientos controlados de los dientes o de los arcos dentarios. Esto provoca que la ortodoncia, a diferencia de otras especialidades que también pretenden una oclusión ideal, se centre en el desarrollo de la oclusión (con limitaciones cronológicas según edad en la que se realiza) y en su corrección por fuerzas aplicadas al propio diente o de manera extraoral. (1)

La ortodoncia debe ir en consonancia con la ortopedia, que se define como la modificación de los maxilares para el posterior asentamiento de los dientes. Con ello pretendemos llegar a un equilibrio entre la posición dental y la interrelación maxilar. (1)

Además, hay ocasiones en las que ciertos tipos de maloclusiones solo pueden ser tratadas con una combinación de ortodoncia y de cirugía. Es necesario que el cirujano ortognático sea consciente del tratamiento ortodóntico complementario para alcanzar los mejores resultados, además de que ambos profesionales deben ser conscientes de sus limitaciones.(2)

1.2 Tratamiento ortodóntico con aparatología convencional

Desde la primera mitad del siglo XVIII, la ortodoncia ha sido un amplio campo de estudio. Los avances tecnológicos que ha ido sufriendo la ortodoncia a lo largo de su historia son asombrosos. (3)

Los ortodoncistas pueden ofrecer un mejor servicio a sus pacientes con una menor dificultad gracias a los recientes descubrimientos que se han producido. Debemos asegurarnos de que la industria ortodóntica siga desarrollándose y adaptándose a los nuevos avances sanitarios y tecnológicos para poder ofrecer a nuestros pacientes un tratamiento eficaz. (3)

Desde los tiempos de Angle, el padre de la ortodoncia moderna, los aparatos ortodónticos han ido evolucionando, primero de la mano de McLaughlin, Bennett y Trevisi con aparatología de acero inoxidable seguido de la aparatología lingual. (3)

Aunque la aparatología lingual es estéticamente más aceptable, su rendimiento se reduce y su tiempo de acción aumenta y resulta ser un desafío para los ortodoncistas a la hora de planificar tratamientos. (3)

A mediados de la década de 1980, los primeros aparatos ortodónticos fabricados en cerámica comenzaron a estar disponibles en el mercado, lo que otra vez se tradujo en una aceptación más estética por parte del paciente. (3)

La cerámica es mucho más estética, siendo esta la única ventaja que tiene sobre el acero inoxidable ya que presenta problemas mecánicos al usarlos en clínica. En la actualidad, con la odontología digital, están surgiendo en el mercado nuevas generaciones de aparatología ortodóntica basadas en los nuevos diseños 3D y en las impresiones digitales que permitirán dar al paciente unos resultados más prácticos y estéticos. (3)

1.2.1 Aparatología de acero inoxidable

La aparatología de acero inoxidable es la mejor opción en cuanto a durabilidad y seguridad y es la aparatología metálica más usada. Entre sus numerosas ventajas se encuentran una alta

rigidez, alta resistencia, alta resiliencia, son biocompatibles y tener una alta resistencia a la corrosión.(3)

Sin embargo, también presenta ciertos inconvenientes ya que necesita soldadura, no es la opción más estética, tiene un módulo de elasticidad alto, necesita un mayor número de activaciones, tiene una recuperación elástica menor que la aleación de Níquel-Titanio y al calentarlo a temperaturas de entre 400 y 900 grados provoca la liberación de níquel y cromo por lo que se reduce su resistencia a la corrosión. (3)

1.2.2 Aparatología cerámica

La aparatología cerámica se lanzó al mercado por primera vez en la década de 1970 e introdujo una serie de beneficios estéticos sobre la aparatología convencional. La cerámica se compone de elementos que mezclan y calientan hasta que se convierten en un material firme. Al principio es complicado de diferenciar hasta que poco a poco van adquiriendo un color amarillento. (3)

Presentan una gran cantidad de ventajas frente a la aparatología de acero inoxidable como mayor resistencia, mayor durabilidad, una mejor estabilidad de color, y una estética mejor que la aparatología de acero inoxidable. (3)

Entre sus desventajas frente a la aparatología de acero inoxidable presenta una falta de ductilidad, son más caros, más frágiles, son propensos a mancharse más, ocupan más volumen y son más complicados y caros de fabricar. (3)

El material cerámico que se usa en la aparatología cerámica es la alúmina. Dependiendo de cómo se fabrique puede ser monocristalina o policristalina y ambas presentaran una baja tenacidad a la fractura y, por tanto, presenta mayor resistencia a que se formen grietas en comparación con el acero inoxidable. (3)

1.2.3 Aparatología plástica

La aparatología plástica es otra opción terapéutica que ofrece una comodidad y estética muy aceptable. Para camuflarlo con el color del diente del paciente, las fibras plásticas se tiñen de

un color similar al del diente del paciente. Sin embargo, no presentan tanta fuerza como otro tipo de aparatología. (3)

Esta aparatología se lanzó al mercado en la década de 1980 e inicialmente los ortodoncistas los usaron como sustitutos de la aparatología de acero inoxidable durante un breve periodo. Inicialmente, se fabricaron en acrílico y posteriormente en policarbonato. (3)

Además de la falta de fuerza, esta aparatología presenta otro tipo de desventajas como es el déficit de rigidez y resistencia que se traduce en una pobre adherencia, fracturas de las alas de unión del aparato y sufre de deformación irreversible además de malos olores y decoloración. (3)

1.2.4 Aparatología de autoligado

En la década de 1930, Stolzenberg creó el atache Russell que fue el pionero de los aparatos de autoligado. Esta aparatología está disponible en distintos materiales, el paciente puede elegir metal o cerámica, aunque esta última no sea la más común. No requiere de adhesivo convencional ni de bandas elásticas. Su forma universal ofrece movilidad y tensión de forma simultánea y puede clasificarse en activo o pasivo en función de cómo se cierre.(3)

La aparatología autoligable activa ejerce la fuerza a través de un resorte sobre el arco para mantenerlo en la ranura, mientras que la aparatología autoligable pasiva presentan un deslizador adicional que una vez que se cierra no afecta a la apertura de la ranura ni ejerce ninguna fuerza activa sobre el alambre. (3)

La aparatología autoligable pasiva tienen un mayor rendimiento ya que generan momentos de torsión mayores. Su principal ventaja es que presenta menos fricción que la aparatología metálica convencional, por ello este tipo de aparatología es más popular ya que no necesita ningún tipo de ligadura metálica o elástica y la pasiva provoca menor fricción que la activa. (3)

Además, entre sus múltiples ventajas destacan que el alambre es más seguro, se preserva el anclaje, tiene una mecánica de deslizamiento óptima, intervalos de tratamiento más largos y con una reducción del número de citas, ahorro de tiempo y de asistencia del auxiliar en el sillón,

mejor ergonomía, mejor control de posibles infecciones, menor estrés para el paciente y mejor higiene de la aparatología. (3)

Pero también presenta algunas desventajas como que el complejo diseño mecánico que presenta puede dar lugar a mayores discrepancias oclusales y molestias en tejidos blandos, son más caros, más voluminosos y además es posible que se produzca la fractura de un clip o un deslizamiento. (3)

1.2.5 Aparatología lingual

La aparatología lingual proviene de la misma variante que la aparatología metálica. La principal diferencia es que la aparatología metálica convencional está cementada a la cara vestibular de los dientes y la aparatología lingual en la cara palatina o lingual de los dientes. Esta aparatología es una muy buena opción estética y además protegen las caras de los dientes de sobrecalcificación. (3)

Esta técnica la popularizó Fujita a finales de la década de 1970 y entre sus numerosas ventajas destacan su naturaleza estética y que la aparatología está completamente oculta. (3)

Por el contrario, entre sus desventajas podemos encontrar alteración del habla, interferencias oclusales, la colocación del aparato con visión indirecta, cortes en tejidos blandos, inflamación gingival por acumulación de placa y tiempos de consulta prolongados por dificultad de colocación del alambre. (3)

1.3 Tratamiento ortodóntico con alineadores

El tratamiento ortodóntico con alineadores ha ganado popularidad como alternativa a la aparatología convencional debido a su alta estética y confort para el paciente. Su biomecánica de los alineadores gira en torno a usar fuerzas de manera controlada, al movimiento dentario y a cómo responden los tejidos. Para que los alineadores actúen de manera eficiente, hay que tener en cuenta el diseño de los aditamentos y los sistemas de fuerzas optimizados. (4)

Los aditamentos son formas del mismo color del diente que están adheridos a la superficie de este y son los que guían en movimientos de torque, rotación y extrusión. Los sistemas de fuerzas

optimizados se aseguran de que las fuerzas que apliquemos se dirijan por la senda del movimiento que deseamos reduciendo de esta manera la tensión en los tejidos. (4)

Es muy importante conocer y manipular la biomecánica de los alineadores para que se puedan realizar tratamientos óptimos. Para ello, es necesaria una planificación muy meticulosa del tratamiento que se vaya a realizar considerando que tipo de mecánica hay que usar para cada tipo de maloclusión. (4)

A medida que avanza el tratamiento ortodóntico con alineadores, los progresos en los materiales y en el software de planificación de tratamientos ayudan a perfeccionar la biomecánica, lo que mejora la eficiencia del tratamiento y permite tratar una mayor variedad de casos. (4)

1.3.1 Características de los aditamentos

Es fundamental entender que los aditamentos no producen fuerzas de manera activa, sino que actúan pasivamente al interferir con el plástico del alineador, el cual se deforma elásticamente debido al desajuste entre la posición del diente y el material del alineador, generando así el vector de fuerza que luego actúa sobre el diente. (4)

Como son componentes auxiliares esenciales para los alineadores, es vital preservar su integridad y forma a lo largo del tratamiento para asegurar su correcto funcionamiento y no perjudiquen la efectividad del movimiento ni el ajuste del alineador. (4)

Podemos clasificar los aditamentos en dos grupos: aditamentos convencionales y aditamentos optimizados. (4)

Los aditamentos convencionales pueden ser colocados por el ortodoncista en cualquier diente (limitado por la cantidad de corona clínica que presente) y puede ser orientado en cualquier dirección. Los hay de forma rectangular (el más usado), biselada, elipsoidal o semiesférica con medidas por defecto. (4)

Los aditamentos optimizados presentan una forma, tamaño y posición en función de la anatomía del diente y del movimiento requerido. Los colocan técnicos y el ortodoncista no puede cambiar ni su posición, ni su tamaño ni su orientación. (4)

Es muy importante a la hora de planificar el tratamiento tener en cuenta la superficie donde queremos que el alineador ejerza presión para generar fuerzas que provoquen movimiento ortodóntico mediante el desajuste entre alineador y diente. El diseño del aditamento debe tener en cuenta ciertas áreas concretas (las áreas activas) que son las que hacen contactar el material del alineador con determinadas fuerzas, creando así vectores de fuerzas que van a permitir realizar los movimientos dentarios. (4)

Estas superficies activas deben ser diseñadas pensando en la biomecánica y en los objetivos terapéuticos. (4)

Mientras que la intensidad de la fuerza depende del desajuste del alineador, el aditamento y la anatomía del diente, la dirección de la fuerza depende de la inclinación de la superficie activa. (4)

Como establecen los principios de la mecánica, la dirección de la componente normal de la fuerza de contacto (en este caso, el vector de fuerza que actúa sobre la superficie activa del aditamento) siempre es perpendicular a la superficie. (4)

Una vez establecida la forma del aditamento, hay que valorar en que parte de la superficie del diente vamos a colocarlo. Tomando como base que la magnitud de un momento es proporcional a la distancia entre la línea de acción y el centro de resistencia, es vital conocer esta distancia en los tres planos del espacio para comprender el efecto de las fuerzas ortodónticas en los alineadores en un momento determinado. (4)

Una vez que se conozca en su totalidad esta relación entre fuerzas y planos, se tendrá una visión más clara sobre la efectividad de los momentos de rotación esperados y poder evitar movimientos no deseados como inclinaciones vestibulo-linguales, mesio-distales o intrusiones. (4)

El tamaño del aditamento es importante ya que puede influir en aspectos mecánicos y estéticos. Es preferible una configuración de menor tamaño ya que es menos visible. Sin embargo, cuanto

más pequeño es el tamaño, menos predecibles son las fuerzas ya que el tamaño de la superficie activa disminuye. (4)

1.4 ¿Qué es la endodoncia?

La endodoncia es una rama de la estomatología cuyo objetivo es el estudio de la estructura, morfología, fisiología, y la patología de la pulpa dental y de sus tejidos perirradiculares. En ella se integra la anatomía y biología del tejido pulpar además de la etiopatogenia, diagnóstico, prevención y tratamiento de la pulpa. (5)

Se trata de una especialidad que se enfrenta a pacientes con diferente sintomatología, que valora imágenes radiográficas en búsqueda de lesiones, que realiza diagnósticos complejos y donde se requiere un especialista el cual realice tratamientos muy minuciosos. (5)

En la endodoncia se incluyen el diagnóstico diferencial y el tratamiento del dolor de origen pulpar y periapical, tratamientos para mantener la vitalidad pulpar, tratamiento de conductos cuando nos es imposible mantener esa vitalidad pulpar o hay necrosis presente, cirugías para eliminar tejidos periapicales inflamados consecuencia de la patología pulpar, tratamientos pulpares derivados de traumatismos y reimplante de avulsiones, blanqueamiento de dientes con alteraciones de color, retratamientos de dientes cuya endodoncia previa haya fracasado y restauración de la corona mediante pernos o muñones que ocupan el lugar que ocupaba anteriormente la pulpa. (5)

1.4.1 Patología de la pulpa

El tejido pulpar reacciona a diferentes estímulos externos, generalmente procesos bacterianos, que van a provocar una respuesta inflamatoria del mismo al igual que ocurre con cualquier otro tejido del cuerpo humano. (6)

En función de la intensidad y duración de este estímulo, así como de la capacidad defensora del organismo del paciente podemos clasificar la patología pulpar en pulpitis reversible, que consiste en una inflamación temporal, pulpitis irreversible donde la inflamación es grave y va progresando y la necrosis pulpar donde esta inflamación ha derivado en la muerte del tejido. (6)

1.4.2 Diagnóstico de la patología pulpar

Generalmente clasificamos la patología pulpar como reversible o irreversible en función de la subjetividad de historia del dolor que nos diga el paciente, de un examen clínico y radiográfico y de pruebas de sensibilidad de la pulpa.(6)

Como la pulpitis irreversible puede darse sin signos radiográficos de que haya una lesión periodontal (periodontitis apical), se usan las pruebas de sensibilidad pulpar que serán muy útiles para ubicar y diagnosticar dientes con sintomatología. (6)

Tabla 1. Indicadores diagnósticos de pulpitis y necrosis pulpar.(6)

	Pulpitis reversible	Pulpitis irreversible	Necrosis pulpar
Dolor espontáneo	No presente	Presente	Posible
Dolor durante el sueño	No presente	Posible	Posible
Dolor provocado por estímulos térmicos	Posible	Positivo	No presente
Dolor permanente al calor	No presente	Presente	No presente
Alivio del dolor con el frío	Posible	Posible	No presente
Sensibilidad a la palpación	No presente	Posible	Posible
Sensibilidad a la percusión	Poco probable	Posible	Muy probable
Inflamación de los tejidos blandos	No presente	No presente	Probable
Inflamación extraoral	No presente	No presente	Probable
Presencia de infección o absceso	No presente	No presente	Probable

Imagen radiolúcida periapical	No presente	Posible	Muy probable
-------------------------------	-------------	---------	--------------

1.4.3 Diagnóstico radiográfico

La presencia de una disminución de la densidad periapical suele estar asociada a un conducto radicular que está infectado y no tiene tejido y que por lo general presenta una respuesta negativa a las pruebas de sensibilidad pulpar. (6)

La periodontitis apical suele pasar desapercibida radiográficamente entre 2 y 10 meses después de que aparezca la infección hasta que la lesión penetra más allá del hueso esponjoso hasta el hueso cortical que es más denso.(6)

Las radiografías intraorales, sobre todo las aletas de mordida, son especialmente útiles para detectar caries y su proximidad a los tejidos pulpares. La CBCT (Tomografía Computarizada de Haz Cónico) dará información más precisa en tres dimensiones de la profundidad de la caries en comparación con las aletas de mordida, aunque este procedimiento implica una mayor dosis de radiación para el paciente.(6)

1.4.4 Pruebas mecánicas

Las pruebas de percusión, palpación y movilidad se usan para confirmar los hallazgos que se hacen en las radiografías en el diagnóstico de patología periapical. Las fibras del ligamento periodontal, cuando se inflaman, permiten al profesional ubicar con precisión el dolor mediante la prueba de percusión. Cuando la prueba de percusión es positiva suele estar relacionada a un diagnóstico pulpar de necrosis pulpar, pero también puede estar asociada a una pulpa sin patología, con pulpitis reversible o irreversible.(6)

1.4.5 Pruebas térmicas

Hay que diferenciar entre pruebas de sensibilidad al frío y al calor. (6)

Las pruebas de sensibilidad al frío pueden realizarse con hielo (0 °C), con cloruro de etilo (-18°C), nieve de dióxido de carbono (-78,5° C) o aerosoles refrigerantes como el Endo-Ice (tetrafluoroetano a -18° C) o el Endo-Frost (propanobutano a -28° C). (6)

1.5 La ortodoncia y los tejidos pulpaes.

Un área que ha ganado particular atención en la literatura reciente es el campo del diagnóstico ortodóntico y endodóntico y como puede influir en el tratamiento de ambas disciplinas. El saber interpretar y comprender la compleja relación entre ambas disciplinas, es esencial para que los odontólogos puedan proporcionar atención dental de calidad. (7)

El movimiento que provoca la aparatología ortodóntica puede tener múltiples consecuencias en los tejidos pulpaes. La literatura nos demuestra que el tratamiento ortodóntico puede causar una respuesta inflamatoria transitoria del tejido pulpar, reabsorción radicular apical externa o sensibilidad pulpar a corto plazo. (7)

1.5.1 Aspectos anatómicos.

Estudios recientes en la literatura nos demuestran que los tejidos pulpaes presentan en los canales pulpaes una gran cantidad de nervios, tejido conectivo y vasos sanguíneos. (8)

Cuando el ápice radicular está sometido a fuerzas funcionales, como el *tipping* debido a fuerzas horizontales, el paquete neurovascular que entra en el canal radicular por el foramen apical podría causar presión en la pared del foramen apical causando su reabsorción. A su vez, el cemento se reposiciona en la pared opuesta provocando la reubicación del foramen apical original. (8)

1.5.2 Efectos fisiológicos.

Las fuerzas ortodónticas causan efectos biológicos en el paquete vasculonervioso, tales como el descenso del flujo sanguíneo de la pulpa, hiperemia, aumento de la respuesta celular pulpar, fibrosis pulpar y aumento de la actividad de neuropéptidos y enzimas relacionadas con procesos inflamatorios. (8)

Generalmente, estas respuestas que puede provocar la pulpa parecen ser transitorias y temporales y normalmente reversibles siempre y cuando las fuerzas estén en el límite fisiológico del caso en concreto. (8)

En la literatura observamos una falta de apoyo científico respecto a la dependencia de la reducción del flujo sanguíneo a las fuerzas ortodónticas. (8)

Sin embargo, no es descabellado tomar como hipótesis que el tipo, magnitud y duración del movimiento dental por ortodoncia puede incrementar los riesgos de afectar a la pulpa. (8)

1.6 Consecuencias endodónticas del trauma dental.

Los principales riesgos endodónticos del trauma dental son la necrosis pulpar, la calcificación del sistema de conductos y la reabsorción radicular apical externa. (9)

1.6.1 Pérdida de vitalidad pulpar

La literatura más actual nos informa de que existe relación entre pérdida de vitalidad pulpar en dientes con antecedentes de trauma y el movimiento dental por ortodoncia. Sin embargo, esta relación no se da por igual en todos los dientes siendo los más susceptibles los incisivos maxilares con trauma dental previo y lesiones periodontales graves. (9)

Además del trauma y de lesiones periodontales, la necrosis pulpar después del movimiento dental ortodóntico está condicionada por la intensidad y tipo de fuerza con aparatos ortodónticos. (9)

1.6.2 Calcificación del sistema de conductos

La calcificación del sistema de conductos tiene una representación más precisa radiográficamente que la obliteración del sistema de conductos. (9)

La necrosis pulpar a causa de la calcificación del sistema de conductos es una consecuencia poco común cuya prevalencia se incrementa ligeramente con el tiempo a consecuencia de las lesiones que provoca la calcificación en el aporte vascular al foramen apical. Otra posible causa es el

tratamiento ortodóntico que provoca daño en el paquete vasculonervioso durante el movimiento dental. (9)

1.6.3 Reabsorción radicular apical externa

La reabsorción radicular apical externa se define como la pérdida permanente de estructura dentaria del ápice radicular. (9)

La etiología es multifactorial y compleja pero la literatura nos indica que parece ser que las reabsorciones radiculares apicales externas son el resultado de la combinación de factores biológicos individuales, predisposición genética y el efecto de fuerzas mecánicas. (9)

La literatura nos indica que es más común que los pacientes que se han sometido a tratamiento ortodóntico tengan acortamiento radicular apical severo más comúnmente en el maxilar superior seguido de incisivos mandibulares. Hoy en día, desconocemos cuales son las causas por las cuales el tratamiento ortodóntico causa reabsorción radicular apical externa. (10)

La reabsorción radicular apical externa tiene dos fases: durante la primera fase, el daño de la superficie externa de la raíz provoca la explosión de tejido mineralizado, mientras que, en la segunda fase, células multinucleadas son estimuladas para colonizar este tejido mineralizado provocando un proceso de reabsorción. (10)

Sin que se produzca ningún tipo de estimulación adicional, el cemento reparará el daño de manera espontánea en unas 2 o 3 semanas. Con un proceso inflamatorio persistente, la dentina más profunda de la raíz se verá involucrada y detectaremos radiográficamente la reabsorción radicular. (10)

Cuando las fuerzas en el ápice radicular exceden la resistencia y la función reparadora de los tejidos periapicales es cuando se produce la reabsorción radicular. Comienza aproximadamente entre la segunda y quinta semana al comienzo del tratamiento, pero no seremos capaces de verlo radiográficamente hasta que no hayan pasado entre 3 a 4 meses. (10)

1.6.3.1 Grados de reabsorción radicular apical externa

La literatura nos habla de tres grados de reabsorción radicular apical externa provocada por el movimiento ortodóntico: reabsorción superficial o del cemento con remodelación, reabsorción de la dentina con reparación y reabsorción radicular apical circunferencial con acortamiento de la raíz como consecuencia (Figura 1). (11)

Hoy en día, se sigue sin saber cómo predecir la incidencia y prevalencia de la reabsorción radicular apical externa después de aplicar fuerzas ortodónticas. (11)

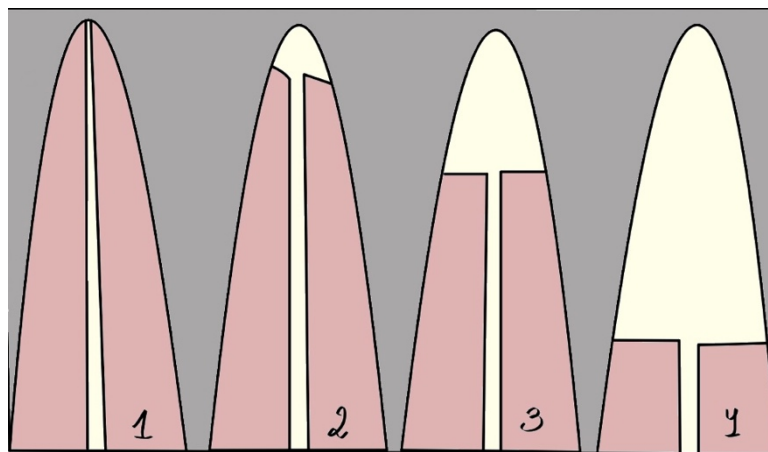


Figura 1. Grados de reabsorción radicular apical externa (11). Fuente: el autor de esta revisión.

1.6.3.2 Fotobiomodulación

La literatura reciente muestra la terapia de fotobiomodulación como un posible tratamiento para reducir la reabsorción radicular apical externa durante el tratamiento ortodóntico. La terapia de fotobiomodulación consiste en exponer células o tejidos biológicos a luz roja e infrarroja de baja intensidad. (12)

El aparato usado consiste en semiconductores fabricados en metales y semimetales como el arsénico, el aluminio, el galio o el indio. Gracias a estos elementos, se puede transformar la energía eléctrica en energía luminosa, permitiendo así actuar a nivel celular y molecular estimulando la actividad de las mitocondrias y la producción de ATP para modificar el proceso inflamatorio. (12)

1.7 Justificación

La interrelación entre la endodoncia y la ortodoncia está muy presente en la odontología actual, ya que ambas disciplinas tratan directamente la salud dental y la funcionalidad de los dientes. Una complicación importante en estos tratamientos es la reabsorción radicular apical externa. Este proceso es más común en dientes que han recibido tratamiento endodóntico, debido a que con la pérdida de vitalidad del diente se altera su estructura y lo hace más susceptible a daños.

En el tratamiento ortodóntico es de las complicaciones más importantes ya que, al aplicar fuerzas sobre los dientes a través de aparatología fija o alineadores, se puede provocar este tipo de reabsorción. Si bien la reabsorción radicular apical externa en dientes tratados con aparatología fija está contrastada en la literatura científica, aun no tenemos muy claro el impacto que pueden provocar los alineadores.

Esta revisión bibliográfica tiene como objetivo comparar la prevalencia e incidencia de reabsorción radicular apical externa entre alineadores y aparatología fija, observando las distintas fuerzas que ambas aparatologías producen y cómo estas afectan a la pérdida de estructura dentaria.

2 OBJETIVO

Hacer una comparativa de la prevalencia de reabsorción radicular apical externa entre los alineadores y la aparatología convencional.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

Para la realización de esta investigación documental se ha llevado a cabo una búsqueda de artículos científicos en distintas bases de datos como: *Pubmed*, *Medline Complete* y *Web of Science*.

Se han aceptado artículos en inglés publicados en revistas de impacto como *Journal of Endodontics* y *American Journal of Orthodontics*. También se ha realizado una búsqueda en libros de texto para la introducción: Ortodoncia clínica y terapéutica de José Antonio Canut Brusola.

Se ha hecho uso de los operadores booleanos AND, NOT, OR al realizar búsqueda avanzada.

Criterios de inclusión:

- Artículos publicados en los últimos 10 años
- Estudios en humanos
- Estudios en pacientes con dentición permanente
- Pacientes sin ninguna patología o síndrome

Criterios de exclusión:

- Artículos publicados hace más de 10 años
- Estudios en animales
- Estudios de caso
- Estudios que involucren uso de ortopedia
- Estudios en pacientes con dentición temporal

Se realizó una estrategia de búsqueda con términos MESH en la base de datos de Pubmed, con los criterios de inclusión desde 2014 a 2024. Para la búsqueda se utilizó la siguiente ecuación ("bracket"[All Fields] OR "bracket s"[All Fields] OR "brackets"[All Fields] OR ("appliance"[All Fields] OR "appliance s"[All Fields] OR "instrumentation"[MeSH Subheading] OR "instrumentation"[All Fields] OR "appliances"[All Fields]) OR ("align"[All Fields] OR "alignability"[All Fields] OR "alignable"[All Fields] OR "aligned"[All Fields] OR "alignement"[All Fields] OR "aligner"[All Fields] OR "aligner s"[All Fields] OR "aligners"[All Fields] OR "aligning"[All Fields] OR "alignment"[All Fields] OR "alignments"[All Fields] OR "aligns"[All Fields])) AND ("root resorption"[MeSH Terms] OR ("root"[All Fields] AND "resorption"[All Fields]) OR "root resorption"[All Fields])

Para dar respuesta al objetivo que se ha establecido en esta revisión bibliográfica, se formuló la siguiente pregunta de investigación: En dentición permanente, ¿Cómo los alineadores en comparación con la aparatología convencional afectan a la reabsorción radicular apical externa?

4 RESULTADOS

Tabla 2. Artículos sobre reabsorción radicular apical externa entre dos grupos tratados con aparatología fija.

	Año, Autor	País	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Control	Resultado
1	2022, Elhanouty et al (13)	Jordania	Ensayo clínico controlado aleatorizado prospectivo	N=47	Aparatología fija edgewise pre-ajustada de 3M®Unitek Company	Radiografías periapicales digitales	Sin diferencias a destacar entre los dos grupos
2	2023, Bhatia et al (14)	India	Ensayo clínico controlado aleatorizado prospectivo	N=44	Arco NiTi* G4®	Arco CuNiTi* M5®	Sin diferencias a destacar entre los dos grupos excepto ICMD* NiTi > CuNiTi
3	2021, Nayyer et al (15)	India	Ensayo clínico controlado aleatorizado prospectivo	N=22	0.019''x 0.025'' beta- titanium cantilever spring	InGasAs* Photo plus diode laser ®	InGasAs Photo plus diode laser ®< RRAE*
4	2018, Aras et al (16)	Estados Unidos	CBCT prospectivo	N=32	Damond Q	Titanium Orthos ®	La cantidad de RRAE fue similar en ambos grupos
5	2022, Zhang et al (17)	China	Radiométrico retrospectivo	N=32	DamonQ 0.022''	Aparatología de autoligado convencional 0.022''	La cantidad de RRAE fue mayor en autoligado que en Damon Q
6	2019, Quin et al (18)	China	Radiométrico retrospectivo	N=98	Aparatología convencional	Aparatología de autoligado pasiva	La cantidad de RRAE fue similar en ambos grupos

ICMD: Incisivo Central Mandibular Derecho, RRAE: Reabsorción Radicular Apical Externa, NiTi: Níquel-titanio, CuNiTi: Cobre-níquel-titanio, InGasAs: Indio-galio-arseniuro.

Tabla 3. Artículos sobre reabsorción radicular apical externa entre un grupo tratado con aparatología fija y otro con alineadores.

	Año, Autor	País	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Control	Resultado
1	2020, Wang et al (19)	Estados Unidos	Ensayo clínico controlado aleatorizado prospectivo	N=43	Aerodentist System Dror Orthodesign®	Invisalign®	Sin diferencias a destacar entre los dos grupos
2	2023, Withayanukonkij et al (20)	Tailandia	Ensayo clínico controlado aleatorizado prospectivo	N=40	Alineadores	FM*	RRAE en alineadores <FM
3	2016, Iglesias-Linares et al (21)	España	Caso-control genético retrospectivo	N=372	Invisalign®	Aparatología fija convencional	La cantidad de RRAE fue similar en ambos grupos
4	2020, Li et al (22)	China	Cohortes retrospectivo	N=70	Invisalign®	Aparatología fija convencional	La cantidad de RRAE fue menor en el grupo de los alineadores
5	2021, Jyotirmay et al (23)	India	CBCT prospectivo	N=110	Aparatología fija convencional	Alineadores	La cantidad de RRAE fue menor en el grupo de los alineadores
6	2021, Toyokawa-Sperandio et al (24)	Brasil	Ensayo clínico controlado aleatorizado prospectivo	N=40	Alineadores (Invisalign®)	Aparatología fija metálica convencional	La cantidad de RRAE fue similar en ambos grupos

FM: aparatología fija con minitornillos

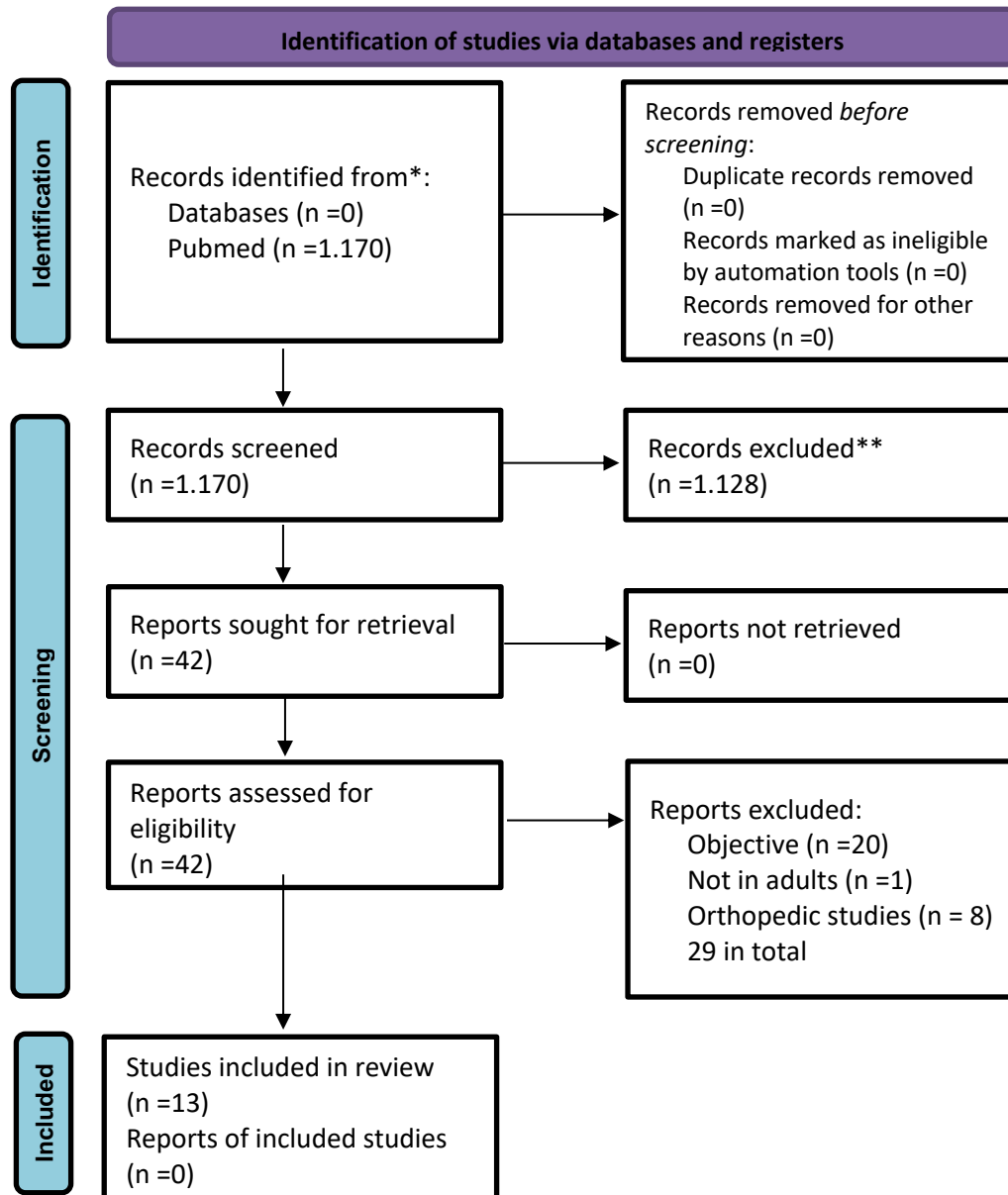
Tabla 4. Artículos sobre cantidad de reabsorción radicular apical externa de una muestra tratada con alineadores.

	Año, Autor	País	Tipo de estudio	Muestra	Intervención	Control	Resultado
1	2020, Costello et al (25)	Australia	Radiométrico retrospectivo	N=25	Invisalign®	Sistema de imágenes 3D Galileos Comfort Plus Sirona®	La cantidad de RRAE fue mayor en dientes anteriores que en posteriores

Al realizar la búsqueda avanzada de artículos se obtuvieron 1170. Sólo se seleccionaron ECAs por lo que se descartaron 1093 artículos. Según los criterios de inclusión establecidos, sólo se seleccionaron artículos publicados en los últimos 10 años y se descartaron 35 artículos.

El número de resultados tras la búsqueda fue de 42 artículos, de los cuales tras la lectura del título se consideraron válidos 14 artículos. Finalmente, el número de artículos incluidos en el trabajo tras la lectura del texto completo fueron 13.

Diagrama de flujo (Base de datos Pubmed 12/02/2025 a las 18:11)



5 DISCUSIÓN

En las tablas del apartado de resultados, se muestran varios estudios sobre la reabsorción radicular apical externa que provoca el tratamiento ortodóntico, considerando diversos aparatos convencionales fijos y alineadores en distintos lugares del mundo.

Los estudios abarcan ensayos clínicos controlados aleatorizados, así como investigaciones retrospectivas y de cohortes, cada uno con su propia metodología.

A continuación, se presentan los distintos artículos seleccionados y se examinan los resultados que se han obtenido.

Elhanouty et al comparan la velocidad de alineación dentaria y grado de reabsorción radicular apical externa de incisivos superiores e inferiores con aparatología fija pre-ajustada y alambres de la casa 3M®.

Aunque el mejor modo de diagnosticar la reabsorción radicular apical externa es usando la Tomografía Computarizada de Haz Cónico, su elevada radiación y coste hicieron que para este estudio se realizaran radiografías periapicales digitales usando un escáner intraoral de la casa KAVO®.

La reabsorción radicular se midió únicamente en los incisivos ya que la literatura muestra que son los dientes más susceptibles para sufrir reabsorción radicular. Es por ello por lo que en la gran mayoría de artículos seleccionados para esta revisión bibliográfica sólo se estudian incisivos. (13)

Este artículo está muy relacionado con el estudio de Bhatia et al ya que el tamaño de la muestra es muy similar y fue tratada con la misma aparatología. Por ello, al estudiarla llegaron a las mismas conclusiones: que los incisivos son los dientes que sufren mayor reabsorción radicular apical externa y que no existen diferencias de reabsorción radicular apical externa entre alambres de ortodoncia. (14)

Los artículos de Aras et al y de Zhang et al estudiaron muestras de similar tamaño y las dividieron en aparatología de autoligado y convencional. Se observó que, aunque tuvieron resultados similares entre ambos estudios, en el artículo de Aras et al, los incisivos maxilares tratados con

aparatología convencional presentaron mayor reabsorción radicular apical externa en las paredes proximal y palatina.

No observamos esta pérdida de estructura en esas paredes en el artículo Zhang et al posiblemente a que se extrajeron los primeros premolares maxilares en todos los pacientes y se usaron microtornillos junto al tratamiento ortodóntico, ya que en este estudio el tratamiento duró una media de 27,4 meses frente a los 9 meses del estudio de Aras et al. (16)(17)

Quin et al en su artículo realizaron un estudio muy relacionado con los de Aras et al y Zhang et al, con la diferencia de que para evaluar la cantidad de reabsorción radicular apical externa realizaron radiografías panorámicas y que el tamaño de la muestra es de 98 pacientes, significativamente mayor que en estos artículos.

Al igual que los artículos 16 y 17, los tratados con aparatología convencional sufrieron de media 0,35 milímetros más de reabsorción radicular apical externa, una cantidad muy pequeña debida probablemente a que la cantidad de reabsorción radicular apical externa se midió con radiografías por lo que no hubo diferencias significativas entre ambos grupos. (18)

Nayyer et al en su artículo realizaron un estudio diferente a la gran mayoría de artículos que encontramos en la literatura reciente. En el estudio, compararon el grado de reabsorción radicular en premolares de una muestra de 22 pacientes que recibieron tratamiento ortodóntico con aparatología fija durante 28 días.

La muestra se dividió en dos grupos de 11 pacientes donde el grupo de control sólo fue sometido a aparatología fija y en el de prueba además se empleó la técnica de fotobiomodulación con un láser de diodos de indio-galio-arseniuro.

Cada premolar fue expuesto al láser en 10 localizaciones distintas en la mucosa vestibular y palatina en los días 0,3,7,11,15 y 28 del tratamiento. Se demostró que el grupo de prueba presentó un 32,78% menos de cráteres de reabsorción radicular y un 39,49% menos de volumen de reabsorción radicular, por lo que la terapia con láser de diodos es un tratamiento para considerar en el futuro para reducir la reabsorción radicular apical externa.

No obstante, al ser el tiempo de tratamiento en este estudio el menor de todos los artículos de esta revisión bibliográfica hay que tener en cuenta que cantidades de reabsorción radicular apical externa van a depender del tiempo de tratamiento como ocurre en los artículos 20 y 24. (15)

En el artículo de Costello et al se midieron las longitudes de los dientes maxilares y mandibulares desde el segundo molar en pacientes tratados con alineadores, siendo junto al artículo 21 los únicos que estudiaron la reabsorción radicular apical externa en todos los dientes tanto de arcada maxilar como mandibular.

Se observó que la pérdida de longitud de la raíz era diferente en cada diente, siendo los incisivos centrales superiores y los incisivos laterales superiores los que mayor pérdida sufrieron, de 0.5 ± 0.41 milímetros y 0.4 ± 0.56 milímetros cada uno.

Se ve una clara relación con los artículos 13, 14, 16, 17 y 18 en los que los incisivos son también los que mayor reabsorción radicular apical externa sufren, aunque en menor cantidad en el caso de los alineadores. (25)

Li et al analizaron en su artículo las diferencias de reabsorción radicular apical externa entre Invisalign y aparatología fija convencional. Se realizó a cada paciente un CBCT antes y después del tratamiento y se midió la cantidad de reabsorción radicular comparando la pérdida de estructura que se observó comparando registros, método similar a los artículos 14, 16, 17 y 22. En este estudio no solo se observó la cantidad de reabsorción radicular apical externa en incisivos tanto maxilares como mandibulares, también se midió en caninos maxilares y mandibulares al igual que el artículo 23.

Al final del tratamiento se pudo observar que la prevalencia de reabsorción radicular en el grupo de Invisalign (56,3%) fue mucho menor que en el grupo de aparatología fija (82,11%). La cantidad de reabsorción radicular también fue menor en el grupo de Invisalign (0.13 ± 0.47 milímetros) que en el de aparatología fija (1.12 ± 1.34 milímetros).

La mayor prevalencia de reabsorción radicular se observó en los incisivos laterales, tanto superiores como inferiores, de pacientes tratados con aparatología fija. La menor prevalencia se encontró en los caninos, tanto superiores como inferiores, en el grupo tratado con Invisalign. En relación con los artículos 13, 14, 16, 17 y 18, que comparan aparatologías fijas, vuelven a ser los incisivos los dientes que mayor reabsorción radicular apical externa sufren, pero en menor cantidad que con la aparatología fija. (22)

Jyotirmay et al realizaron un estudio sobre la diferencia de reabsorción radicular apical externa entre alineadores y aparatología fija convencional. Este estudio es muy similar en tamaño de muestra y resultados obtenidos al estudio 22 de Li et al.

Se realizó un CBCT a cada paciente antes y después del tratamiento y se observó la cantidad de reabsorción radicular comparando las diferencias de longitudes de cada raíz en el CBCT de antes y de después del tratamiento, como en los artículos 14,16,17 y 22 y 23.

Al final del tratamiento, se observó que la mayor cantidad de reabsorción radicular se presentó en los pacientes tratados con aparatología convencional fija, al igual que en los artículos 16,17 y 18 con una media de 1.51 ± 1.34 milímetros. La media de reabsorción radicular en el grupo con alineadores fue de 1.12 ± 1.34 milímetros, algo menor a la aparatología convencional, pero con cantidades casi similares.

Estas cifras son posible que se deban a que el tiempo de tratamiento en este estudio fue de 30 meses, por lo que la reabsorción radicular apical externa será mayor cuanto más tiempo dure el tratamiento. (23)

Withayanukonkij et al estudiaron los cambios de reabsorción radicular en intrusión de molares superiores. Es el único artículo de esta revisión donde se estudian molares y además de tomar registros con CBCT a cada paciente antes y después del tratamiento también se tomaron telerradiografías laterales.

A los 6 meses se observó una reabsorción radicular de 0,21-0,24 milímetros en los alineadores y de 0,38-0,47 milímetros en aparatología fija con minitornillos valores similares a los del artículo 17 donde también se usaron microtornillos, siendo la reabsorción radicular en alineadores significativamente menor que en aparatología fija con microtornillos.

Los valores de reabsorción radicular apical externa fueron pequeños seguramente debido a que el tratamiento sólo duró 6 meses. (20)

Toyokawa-Sperandio et al en su artículo compararon la dimensión de reabsorción radicular en incisivos, al igual que los artículos 13, 14, 16, 17 y 18, 22 y 23.

Se realizaron radiografías periapicales como en el artículo 13 antes y a los 6 meses del comienzo del tratamiento como el artículo 20 y se evaluó la reabsorción radicular calculando la diferencia de longitud entre ambas radiografías. Un grupo fue tratado con Invisalign y el otro con aparatología fija metálica.

Al final del tratamiento se observó que todos los incisivos, tanto los tratados con alineadores como con aparatología convencional, tuvieron una reabsorción radicular ínfima manteniendo el 97,12% de la longitud inicial del incisivo. Esto sugiere que, en ambos tratamientos, el grado de reabsorción radicular es bajo en los primeros 6 meses de tratamiento como lo observado en el artículo 20. (24)

Iglesias-Linares et realizaron un estudio y observaron si existe alguna diferencia en el riesgo de sufrir reabsorción radicular entre el tratamiento con aparatología fija convencional o alineadores.

Este artículo presenta la mayor muestra de todos los artículos seleccionados para esta revisión bibliográfica de 372 pacientes.

A los pacientes tratados con alineadores se los cambiaban cada 12 días y con los pacientes tratados con aparatología fija convencional se usaron arcos de Níquel-Titanio para la fase de progresión y de acero inoxidable para la fase de alineamiento y nivelación.

Además de registros radiográficos como en los artículos 13 y 24, en este estudio se tipificaron genéticamente a los pacientes según ciertos genes que la literatura asocia con un mayor riesgo de sufrir reabsorción radicular. Cabe destacar que se observó que los pacientes homocigotos para el alelo T del gen IL1RN tiene el triple de predisposición de sufrir reabsorción radicular que el resto de las composiciones genéticas. (21)

Wang et al realizaron un estudio poco común en la literatura. Usaron un dispositivo llamado Aerodentist System que provoca movimiento dental mediante fuerza pulsátil. Este innovador dispositivo se comparó con un grupo de control que fue tratado con Invisalign.

Se observó mediante un CBCT tomado antes y después del tratamiento al igual que los artículos 14,16,17 y 22 y 23 que el nuevo dispositivo es seguro de usar ya que no provocó mayor grado de reabsorción radicular que el grupo control, aunque su complejidad de uso y valores de reabsorción radicular apical externa en comparación con otras aparatologías convencionales hacen que su uso clínico no merezca la pena. (19)

6 CONCLUSIÓN

La prevalencia de reabsorción radicular apical externa es menor en el tratamiento con alineadores que en el tratamiento con aparatología fija.

7 SOSTENIBILIDAD

En la odontología, la sostenibilidad ha cobrado relevancia en los últimos años debido al creciente interés por reducir el impacto ambiental en los tratamientos dentales. Al comparar los tratamientos con aparatología fija tradicionales y alineadores, es importante considerar el impacto ecológico asociado a los materiales utilizados, la cantidad de residuos generados y la eficiencia en el uso de recursos.

El tratamiento con aparatología fija implica el uso de materiales como acero inoxidable y diferentes tipos de aleaciones metálicas, que requieren procesos industriales complejos para su fabricación, generando una huella de carbono importante.

Además, estos aparatos ortodónticos suelen implicar un mayor número de visitas a la consulta, por lo que aumenta el impacto ambiental asociado al transporte y a los recursos de la clínica, como luz, gas o calefacción. Sin embargo, la vida útil de este tipo de aparatología es relativamente larga, por lo que puede ayudar a disminuir el impacto ambiental al reducir la frecuencia de fabricación de nuevos aparatos.

Los alineadores están fabricados principalmente por plásticos que también generan residuos. A lo largo del tratamiento, que puede variar entre varios meses e incluso años, los alineadores deben ser cambiados con regularidad, lo que implica la fabricación de varios pares de alineadores.

A diferencia de la aparatología convencional, este tipo de tratamiento suele generar una mayor cantidad de desechos plásticos debido a la necesidad de cambiarlos continuamente. Sin embargo, algunas casas comerciales están avanzando hacia el uso de materiales más sostenibles y tecnologías que permiten una producción más eficiente y menos contaminante.

En resumen, tanto la aparatología convencional como los alineadores tienen ventajas y desventajas en cuanto a sostenibilidad. Si bien los alineadores son más ligeros y menos invasivos, la aparatología fija puede ser más eficiente en términos de uso de recursos a largo plazo. La elección de uno u otro dependerá de las prioridades del paciente en cuanto a sostenibilidad, comodidad y efectividad del tratamiento.

8 BIBLIOGRAFÍA

1. Canut Brusola J. Ortodoncia clínica y terapéutica. 2a ed. Masson, editor. Barcelona; 2000.
2. Strohl AM, Vitkus L. Surgical orthodontics. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* agosto de 2017;25(4):332-6.
3. Mundhada VV, Jadhav VV, Reche A. A Review on Orthodontic Brackets and Their Application in Clinical Orthodontics. *Cureus [Internet]*. 7 de octubre de 2023 [citado 10 de diciembre de 2024]; Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/121663-a-review-on-orthodontic-brackets-and-their-application-in-clinical-orthodontics>
4. Castroflorio T, Parrini S, Rossini G. Aligner biomechanics: Where we are now and where we are heading for. *J World Fed Orthod.* abril de 2024;13(2):57-64.
5. Setzer FC, Li J, Khan AA. The Use of Artificial Intelligence in Endodontics. *J Dent Res.* agosto de 2024;103(9):853-62.
6. Yong D, Cathro P. Conservative pulp therapy in the management of reversible and irreversible pulpitis. *Aust Dent J [Internet]*. marzo de 2021 [citado 24 de febrero de 2025];66(S1). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/adj.12841>
7. AlMogbel AA, Alasmay S, Alfarraj S, Alenazi R, Albuti R. Orthodontics and Endodontics Clinical Practice Correlation: A Narrative Review. *Cureus [Internet]*. 24 de marzo de 2024 [citado 10 de diciembre de 2024]; Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/221344-orthodontics-and-endodontics-clinical-practice-correlation-a-narrative-review>
8. Parashos P. Endodontic–orthodontic interactions: a review and treatment recommendations. *Aust Dent J [Internet]*. junio de 2023 [citado 10 de diciembre de 2024];68(S1). Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/adj.12996>
9. Parashos P. The orthodontic-endodontic interface: trauma and pulpal considerations. *Br Dent J.* 13 de septiembre de 2024;237(5):389-97.
10. Gay G, Ravera S, Castroflorio T, Garino F, Rossini G, Parrini S, et al. Root resorption during orthodontic treatment with Invisalign®: a radiometric study. *Prog Orthod.* diciembre de 2017;18(1):12.
11. Bayir F, Bolat Gumus E. External apical root resorption after orthodontic treatment: Incidence, severity and risk factors. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 5 de mayo de 2021;15(2):100-5.
12. Nayyer N, Tripathi T, Ganesh G, Rai P. Impact of photobiomodulation on external root resorption during orthodontic tooth movement in humans – A systematic review and meta-analysis. *J Oral Biol Craniofacial Res.* julio de 2022;12(4):469-80.
13. Elhanouty MZ, Al-Nimri KS, Alomari SA. A comparison between two orthodontic arch wire sequences in terms of speed of alignment and root resorption: a randomized controlled clinical trial. *Clin Oral Investig.* 2023 Aug;27(8):4515–23.

14. Bhatia NK, Chugh VK, Shankar SP, Vinay A.P R, Singh S, Mounghom P, et al. Alignment efficiency and three-dimensional assessment of root resorption after alignment with conventional and copper-nickel-titanium archwires: A randomized controlled trial. *Dent Press J Orthod.* 2023;28(6):e2323177.
15. Nayyer N, Tripathi T, Rai P, Kanase A. Effect of photobiomodulation on external root resorption during orthodontic tooth movement – a randomized controlled trial. *Int Orthod.* junio de 2021;19(2):197-206.
16. Aras I, Unal I, Huniler G, Aras A. Root resorption due to orthodontic treatment using self-ligating and conventional brackets: A cone-beam computed tomography study. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie.* mayo de 2018;79(3):181-90.
17. Zhang X, Zhou H, Liao X, Liu Y. The influence of bracket torque on external apical root resorption in bimaxillary protrusion patients: a retrospective study. *BMC Oral Health.* 11 de enero de 2022;22(1):7.
18. Qin F, Zhou Y. The influence of bracket type on the external apical root resorption in class I extraction patients - a retrospective study. *BMC Oral Health.* diciembre de 2019;19(1):53.
19. Wang J, Lamani E, Christou T, Li P, Kau CH. A randomized trial on the effects of root resorption after orthodontic treatment using pulsating force. *BMC Oral Health.* diciembre de 2020;20(1):238.
20. Withayanukonkij W, Chanmanee P, Promsawat M, Viteporn S, Leethanakul C. Root resorption during maxillary molar intrusion with clear aligners: a randomized controlled trial. *Angle Orthod.* 1 de noviembre de 2023;93(6):629-37.
21. Iglesias-Linares A, Sonnenberg B, Solano B, Yañez-Vico RM, Solano E, Lindauer SJ, et al. Orthodontically induced external apical root resorption in patients treated with fixed appliances vs removable aligners. *Angle Orthod.* 1 de enero de 2017;87(1):3-10.
22. Li Y, Deng S, Mei L, Li Z, Zhang X, Yang C, et al. Prevalence and severity of apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances: a cone beam computed tomography study. *Prog Orthod.* diciembre de 2020;21(1):1.
23. Lnu J, Gupta AR. Comparison of Apical Root Resorption in Patients Treated with Fixed Orthodontic Appliance and Clear Aligners: A Cone-beam Computed Tomography Study. *J Contemp Dent Pract.* 28 de septiembre de 2021;22(7):763-8.
24. Toyokawa-Sperandio KC, Conti ACDCF, Fernandes TMF, Almeida-Pedrin RRD, Almeida MRD, Oltramari PVP. External apical root resorption 6 months after initiation of orthodontic treatment: A randomized clinical trial comparing fixed appliances and orthodontic aligners. *Korean J Orthod.* 25 de septiembre de 2021;51(5):329-36.
25. Costello CJ, Kerr B, Weir T, Freer E. The incidence and severity of root resorption following orthodontic treatment using clear aligners. *Australas Orthod J.* 1 de enero de 2020;36(2):130-7.
26. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372: n71. doi: 10.1136/bmj. n71

9 ANEXOS