

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Curso 2024-25

**COMPARACIÓN DE LA REABSORCIÓN
RADICULAR INDUCIDA POR TRATAMIENTOS
ORTODÓNCICOS CON ALINEADORES
TRANSPARENTES VS. BRACKETS
CONVENCIONALES: REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Presentado por: Alexandre MONTEIL

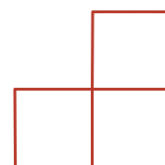
Tutor: Dra. Natalia LEES OCHANDO

Campus de Valencia

Paseo de la Alameda, 7

46010 Valencia

universidadeuropea.com



AGRADECIMIENTOS

Ante todo, quiero expresar mi más profunda gratitud a mi familia. Gracias a mis padres por su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en mí desde el principio. Siempre habéis estado ahí, en los momentos de duda y en los de éxito, y es en gran parte gracias a vosotros que este trabajo ha llegado a buen puerto. Gracias también a mis hermanos por su presencia, su humor y sus ánimos.

Me gustaría agradecer especialmente a mi tutora, la profesora Dra. Natalia Lees Ochando.

A mis amigos de Valencia, quiero agradecerlos de todo corazón que hayáis estado a mi lado a lo largo de estos años de estudio. Vuestra presencia, vuestro apoyo y vuestra amistad han sido esenciales en esta aventura universitaria. Juntos hemos compartido mucho más que clases y exámenes: recuerdos inolvidables que me acompañarán el resto de mi vida.

Gracias por cada momento pasado a vuestro lado, por vuestra amabilidad, vuestra generosidad y la cercanía que tanto me aportaron.

A mis amigos de Francia, gracias por vuestro apoyo moral, vuestros consejos, vuestras bienvenidas distracciones cuando las he necesitado, y simplemente por ser vosotros. Vuestra paciencia durante mis ausencias, vuestros ánimos incluso desde la distancia y vuestras pequeñas atenciones han contado mucho más de lo que podéis imaginar.

Esta tesis también es un poco vuestra.

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
2. ABSTRACT.....	4
3. PALABRAS CLAVES.....	6
4. INTRODUCCIÓN.....	8
4.1 Generalidades.....	8
4.2 Clasificación de los tratamientos de ortodoncia.....	9
4.3 Ventajas e indicaciones para el uso de alineadores y brackets transparentes.....	10
4.4. Técnicas de tratamiento ortodóncico.....	12
4.5. Reabsorción radicular inducida: comparación entre alineadores y brackets.....	14
4.6. Complicaciones asociadas a cada tratamiento.....	15
5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS.....	18
JUSTIFICACIÓN.....	18
HIPÓTESIS.....	20
6. OBJETIVOS.....	22
7. MATERIAL Y MÉTODO.....	24
7.1. Identificación de la pregunta PICO.....	24
7.2. Criterios de elegibilidad.....	25
7.3. Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos.....	26
7.4. Proceso de selección de los estudios.....	28
7.6. Valoración de la calidad.....	29
7.7. Síntesis de datos.....	29
8. RESULTADOS.....	33
8.1. Selección de estudios. Flow chart.....	33
8.2. Análisis de las características de los estudios revisados.....	35
8.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo.....	38
8.4. Síntesis resultados.....	40
9. DISCUSIÓN.....	47
9.1. Grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico..	47
9.2. Complicaciones asociadas a los tratamientos.....	48
9.3. Duración total del tratamiento ortodóncico.....	49
9.4. Fortalezas y limitaciones de esta revisión.....	50
9.5. Implicaciones clínicas y líneas futuras de investigación.....	51
10. CONCLUSIÓN.....	54
Conclusión principal.....	54
Conclusiones secundarias.....	54
11. BIBLIOGRAFÍA.....	56
12. ANEXOS.....	61

1. RESUMEN

Introducción: La reabsorción radicular inducida por tratamientos ortodóncicos representa una complicación frecuente que puede comprometer la estabilidad a largo plazo de los dientes tratados. La introducción de los alineadores transparentes (CA) como alternativa a los brackets convencionales (FA) plantea interrogantes sobre sus efectos relativos en este fenómeno. El objetivo de esta revisión fue comparar el grado de reabsorción radicular inducido por los tratamientos ortodóncicos con alineadores transparentes frente a brackets convencionales, así como evaluar las complicaciones asociadas y la duración total del tratamiento.

Material y método: Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science. De 180 artículos potencialmente elegibles, 14 cumplieron con los criterios de inclusión. Se incluyeron estudios observacionales prospectivos, retrospectivos y un ensayo clínico aleatorizado.

Resultados: Los tratamientos con CA se asociaron con una menor reabsorción radicular media (0.12–0.27 mm) en comparación con FA (0.35–0.59 mm). La prevalencia de reabsorción radicular moderada o severa fue significativamente menor en los pacientes tratados con CA (8,4 % vs 30,7 %). Además, los pacientes tratados con CA reportaron menores niveles de dolor, sangrado gingival y complicaciones periodontales. La duración total del tratamiento fue también inferior con CA, con una reducción media de entre 5 y 8 meses respecto a FA ($p < 0.001$).

Conclusión: Los alineadores transparentes parecen inducir una menor reabsorción radicular y presentan un perfil de complicaciones más favorable en comparación con los brackets convencionales, especialmente en casos de maloclusiones leves a moderadas. Sin embargo, la correcta selección del aparato debe basarse en una evaluación individualizada de cada paciente

2. ABSTRACT

Introduction: Orthodontically induced root resorption (OIRR) is a frequent complication that may compromise the long-term stability of treated teeth. The emergence of clear aligners (CA) as an alternative to conventional fixed appliances (FA) raises questions about their relative impact on this phenomenon. The aim of this systematic review was to compare the degree of root resorption induced by orthodontic treatments with clear aligners versus conventional brackets, as well as to evaluate associated complications and total treatment duration.

Material and methods: An electronic systematic search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science databases. Out of 180 potentially eligible articles, 14 met the inclusion criteria. Included studies were prospective and retrospective observational studies, as well as one randomized clinical trial.

Results: Treatments with CA were associated with lower mean root resorption (0.12–0.27 mm) compared to FA (0.35–0.59 mm). The prevalence of moderate to severe root resorption was significantly lower in patients treated with CA (8.4% vs 30.7%). Additionally, patients treated with CA reported lower levels of pain, gingival bleeding, and periodontal complications. Total treatment duration was also shorter with CA, with an average reduction between 5 and 8 months compared to FA ($p < 0.001$).

Conclusions: Clear aligners appear to induce less root resorption and present a more favorable complication profile compared to conventional brackets, particularly in cases of mild to moderate malocclusions. However, appliance selection should always be based on an individualized assessment of each patient.

3. PALABRAS CLAVES

- I. Orthodontic treatment
- II. Dental movement
- III. Clear aligners
- IV. Removable orthodontic appliances
- V. Aligners in orthodontics
- VI. Fixed appliances
- VII. Conventional braces
- VIII. Brackets
- IX. Root resorption
- X. Orthodontic-induced root resorption (OIRR)
- XI. Root damage during orthodontic treatment
- XII. Impact root structure

4. INTRODUCCIÓN

4.1 Generalidades

La estética dental es un factor esencial en la percepción individual y social. Una sonrisa armoniosa puede estar directamente relacionada con un mayor bienestar, una mayor autoestima y una mayor aceptación social. Las personas con dientes estéticos suelen estar más satisfechas con su aspecto y su calidad de vida que aquellas con sonrisas no estéticas o maloclusiones (1,2).

La importancia de unos dientes estéticos se refleja en la creciente demanda de tratamientos de ortodoncia. Los pacientes buscan soluciones menos visibles y más cómodas, como los alineadores transparentes (3,4). Ciertos factores, como la edad o la cultura, influyen en la percepción de la estética dental. Pero, en general, una sonrisa alineada se asocia con la salud y el éxito social (1,2,5). Estudios recientes han confirmado que la satisfacción estética con la propia sonrisa tiene un impacto positivo en el bienestar psicológico y social, sobre todo en adolescentes y adultos jóvenes (1,2,5).

En este ámbito, la ortodoncia ha evolucionado de los tradicionales brackets metálicos a soluciones más discretas y cómodas, como los alineadores transparentes (3,4). La ortodoncia convencional tenía limitaciones estéticas y de comodidad, lo que llevó al desarrollo de los brackets estéticos (cerámicos, de resina, de zafiro), que aportan más estética pero son menos duraderos (6,7).

La ortodoncia plástica, que apareció en la década de 1990, ofrece una alternativa estética y removible, y está fabricada con materiales termoplásticos avanzados. Los avances tecnológicos, con la planificación digital mediante software especializado, permiten una mayor precisión en el tratamiento y la personalización. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, los alineadores tienen ciertas limitaciones (3,4,6).

En la actualidad, la ortodoncia plástica es cada vez más popular, sobre todo entre los jóvenes que buscan comodidad y estética (5). Sin embargo, la ortodoncia convencional sigue siendo la opción más utilizada en los casos más complejos (3,4).

El uso de alineadores ha aumentado en torno a un 30% para los tratamientos en adultos, mientras que los brackets convencionales siguen siendo más utilizados en adolescentes y en los casos más difíciles (8). Los alineadores se recomiendan para maloclusiones de leves a moderadas (6).

Aunque la ortodoncia plástica proporciona una mejor estética al paciente, la ortodoncia convencional sigue siendo valorada por su control del torque radicular y la precisión del movimiento dental (7). Otros factores, como el coste y las expectativas del paciente, pueden influir en la elección del tratamiento (3,4).

4.2 Clasificación de los tratamientos de ortodoncia

La ortodoncia plástica y la ortodoncia convencional son las dos principales opciones de tratamiento ortodóncico en la actualidad. Los brackets convencionales se dividen a su vez en dos tipos: metálicos y estéticos (3,7).

La principal ventaja de los **alineadores transparentes** es su estética, ya que son prácticamente invisibles. Son dispositivos removibles, de material termoplástico, que permiten corregir la maloclusión de forma progresiva mediante alineadores personalizados (4). Este dispositivo aplica fuerzas programadas para realizar movimientos dentales secuenciales (3). Las limitaciones de la ortodoncia plástica incluyen un menor control de los movimientos tridimensionales complejos, como las rotaciones y los torques (6).

La **ortodoncia convencional** es más eficaz para corregir maloclusiones de diversa complejidad (6). Consiste en un arco metálico, que aplica fuerzas controladas, y que está conectado a la superficie dental mediante brackets, pequeños dispositivos metálicos o estéticos, que sirven de nexo de unión entre el diente y el arco (8).

- **Brackets metálicos:** Son de acero inoxidable. Son muy resistentes y eficaces en movimientos complejos. Sin embargo, son más visibles.
- **Brackets estéticos:** Son más discretos pero menos resistentes. También tienen mayor fricción, lo que puede prolongar el tratamiento (7).

Dependiendo de la complejidad de la maloclusión, de las expectativas del paciente y de su grado de colaboración, elegiremos entre alineadores o brackets.

4.3 Ventajas e indicaciones para el uso de alineadores y brackets transparentes

Para los pacientes que necesitan un tratamiento de ortodoncia discreto y cómodo, se recomienda el uso de la ortodoncia plástica. Los alineadores transparentes se han hecho muy populares, entre otras cosas porque son tan discretos que los pacientes pueden llevarlos a diario sin que afecte a su aspecto (3).

Otras ventajas de la ortodoncia plástica son la menor irritación de las encías y las mucosas gracias al uso de materiales blandos, que ofrecen mayor comodidad que la ortodoncia convencional (3). El hecho de que sean removibles permite mantener una buena higiene bucal, facilitando el cepillado y el uso del hilo dental (6).

Las nuevas y avanzadas tecnologías como el CAD/CAM, permite previsualizar los resultados antes de iniciar el tratamiento, lo que permite una planificación más precisa (4). Las visitas al ortodoncista suelen ser menos frecuentes porque los alineadores requieren menos ajustes que los brackets, lo cual es ventajoso para los pacientes ocupados (3,6).

Sin embargo, la ortodoncia plástica también tiene sus limitaciones, ya que debe usarse al menos 20 horas al día para ser eficaces. Esto requiere una gran disciplina por parte del paciente para obtener un buen resultado en el tratamiento. También tienen limitaciones en casos de maloclusiones complejas (7).

→ Indicaciones de los alineadores transparentes:

- Maloclusiones leves a moderadas (apiñamientos, diastemas) (6).
- Pacientes que priorizan la estética (4).
- Pacientes que requieren una higiene oral óptima (8).
- Pacientes disciplinados para el uso continuado del aparato.

Los brackets tradicionales siguen siendo la mejor solución para las situaciones más complejas (8). Son especialmente eficaces para tratar maloclusiones graves, como mordidas abiertas profundas o desequilibrios esqueléticos que requieren un control preciso del movimiento dental (6).

Al estar fijados directamente a los dientes, no dependen de la cooperación del paciente, lo que supone una ventaja especial en niños y adolescentes, que pueden ser menos disciplinados que los adultos. Por lo tanto, garantizan que el tratamiento se desarrolle según lo previsto (6).

Además, la ortodoncia convencional ofrece un control mucho más preciso de ciertos movimientos dentales, como el torque o la intrusión radicular, que son difíciles de conseguir con la ortodoncia plástica (7,8).

También es una opción más accesible para muchos pacientes, ya que los brackets metálicos suelen ser más asequibles que los alineadores en términos de coste (6). Sin embargo, su principal desventaja es su gran visibilidad y las molestias que pueden ocasionar, sobre todo al inicio del tratamiento, además del riesgo de descementado, lo que puede provocar un enlentecimiento en los resultados finales del tratamiento y la necesidad de ajustes adicionales (9).

→ Indicaciones de los brackets convencionales:

- Maloclusión severa que requiera un control tridimensional preciso (8).
- Tratamientos para corregir torque radicular, rotaciones severas o movimientos de intrusión/extrusión (7).
- Pacientes menos colaboradores, ya que el sistema es fijo (6).

4.4. Técnicas de tratamiento ortodóncico

Mediante alineadores personalizados, la ortodoncia plástica funciona aplicando fuerzas planificadas digitalmente para mover gradualmente los dientes hasta su posición ideal (3,4).

→ **El tratamiento con alineadores implica varios pasos:**

- 1) Toma de impresión y planificación personalizada : Consiste en el escaneado digital mediante un software específico de la marca de alineadores o una impresión con PVS (polivinilsiloxano) y planificación personalizada (4,6,10).
- 2) Fabricación : Se fabrican mediante impresión 3D. Fabricados con materiales termoplásticos como el poliuretano, garantizan una buena flexibilidad y durabilidad (4).
- 3) Aplicación de fuerzas controladas : Permiten el movimiento progresivo de los dientes generalmente en incrementos de 0,25 a 0,33 mm por alineador (3).
- 4) Seguimiento del paciente : Los pacientes deben llevar los dispositivos entre 20 y 22 horas al día para garantizar unos buenos resultados. También son necesarias citas periódicas para ajustar el tratamiento si es necesario (3,6).

La ortodoncia convencional sigue siendo el método más fiable para conseguir movimientos dentales complejos (6).

→ **El sistema de brackets consta de varios componentes esenciales (7):**

- Brackets : Se fijan a cada diente y existen en versiones metálicas o estéticas.
- Arcos de ortodoncia : Aplican una fuerza progresiva que guía el movimiento dental. Existen diferentes tipos de arcos de ortodoncia, como los recubiertos de teflón para mejorar la estética, los de níquel-titanio (NiTi) que ofrecen una gran elasticidad y memoria de forma, los de hipertitanio, conocidos por su alta resistencia a la corrosión y biocompatibilidad, y los de acero inoxidable, ampliamente utilizados

por su rigidez, resistencia mecánica y capacidad de mantener una fuerza constante durante el tratamiento.

- Ligaduras : Elementos que sujetan el arco de alambre a los brackets. Pueden ser elásticos o metálicas.
- Anclaje ortodóncico : Dientes específicos o mediante el uso de aparatos adicionales, como miniimplantes que se utilizan como puntos de resistencia para optimizar el control de la fuerza (8).

→ **Los distintos movimientos dentales posibles con los brackets incluyen:**

- Inclinación y rotación : Mediante la aplicación de fuerzas ligeras, se corregirá la posición de los dientes (6).
- Torque radicular : Controlando la orientación y alineación de las raíces dentales (7).
- Extrusión e intrusión : Se utiliza para tratar la sobremordida o la mordida abierta mediante el desplazamiento vertical (7).
- Cierre de espacios : Para reducir los espacios interdentes mediante el deslizamiento a lo largo de la arcada (6).

→ **Tipos de fuerzas utilizadas para el tratamiento con ortodoncia convencional (5):**

- Fuerzas ligeras : utilizadas principalmente al inicio del tratamiento para evitar la reabsorción radicular (7).
- Fuerzas moderadas : Utilizadas para conseguir movimientos más complejos durante la fase de alineación y nivelación (7).
- Fuerzas elevadas : Utilizadas en la fase final para conseguir una alineación óptima y estabilizar la oclusión (6).

Por lo tanto, los brackets convencionales son muy eficaces, pero también presentan ciertas desventajas, como un alto riesgo de retención de placa, posibles molestias y un impacto estético negativo (3).

4.5. Reabsorción radicular inducida: comparación entre alineadores y brackets

Una de las complicaciones más estudiadas en ortodoncia es la reabsorción radicular. Es un proceso patológico caracterizado por la pérdida progresiva de tejido dental duro, que afecta principalmente al cemento radicular, la dentina y, en casos avanzados, la pulpa dental. Este fenómeno ocurre debido a la actividad de células clásticas (odontoclastos o cementoclastos), que degradan el tejido radicular. Puede ser de origen interno, desde el interior del diente hacia el exterior, o externo, afectando la superficie externa de la raíz (11). En la mayoría de los pacientes, esta reabsorción es mínima y no tiene consecuencias. En algunos casos, sin embargo, puede conducir a una reducción significativa de la longitud radicular, comprometiendo la estabilidad a largo plazo (12).

Varios factores influyen en su aparición, como la intensidad y dirección de las fuerzas ortodóncicas, la duración del tratamiento, la predisposición genética y las características biológicas del ligamento periodontal (13). Los estudios clínicos indican que la reabsorción radicular es más frecuente en tratamientos prolongados y en casos que requieren un desplazamiento radicular significativo (14).

Hemos observado diferencias significativas entre la reabsorción radicular en pacientes tratados con alineadores y con brackets. En términos de frecuencia y gravedad, los pacientes que llevaban ortodoncia convencional mostraron una mayor reabsorción que los tratados con ortodoncia plástica (15).

En un estudio basado en tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) se observó que la reabsorción radicular era significativamente menor en los pacientes tratados con alineadores. La razón principal es que estos dispositivos aplican fuerzas más ligeras y continuas, a diferencia de los brackets, que ejercen fuerzas más intensas (16).

Aunque la ortodoncia plástica reduce el riesgo de reabsorción, no lo elimina por completo. Su eficacia depende del tipo de movimiento requerido y de si el paciente sigue correctamente las instrucciones para llevar el aparato (17).

La ortodoncia convencional permite un control más preciso de los movimientos radiculares, pero ejerce una mayor presión sobre las raíces, lo que aumenta el riesgo de reabsorción (18).

En el caso de los alineadores, su limitación radica en determinados movimientos, como el torque radicular, que puede prolongar la duración del tratamiento y, en algunos casos, aumentar el riesgo de reabsorción (18).

La reabsorción radicular es, por tanto, una complicación multifactorial que depende no sólo del tipo de aparato de ortodoncia, sino también de la respuesta biológica individual del paciente.

4.6. Complicaciones asociadas a cada tratamiento

Los **alineadores** son apreciados por su discreción y comodidad, pero presentan ciertas limitaciones y complicaciones que deben tenerse en cuenta durante el tratamiento (3,6).

La capacidad limitada para ciertos movimientos complejos, como el torque radicular y la intrusión de dientes posteriores, es una de las principales desventajas de la ortodoncia plástica (3,19). Dado que las fuerzas se aplican a través de puntos de presión definidos digitalmente, algunos movimientos tridimensionales son menos precisos que con los brackets convencionales (3).

La irritación de los tejidos blandos también es una complicación que puede ocurrir, aunque no es muy frecuente. En caso de presentarse, puede provocar ligeras lesiones en la mucosa bucal, especialmente si los bordes no están perfectamente ajustados (20).

La cooperación del paciente es vital para el éxito del tratamiento. Si el paciente no lleva los dispositivos lo suficiente (menos de 20 horas al día), esto puede comprometer los resultados, alargar el tiempo de tratamiento y reducir su eficacia (8,21).

En el caso de la **ortodoncia convencional**, las complicaciones surgen del hecho de que son fijos y por ello dificultan el mantenimiento de una buena higiene bucal. Por lo tanto, se favorece en gran medida la acumulación de

placa alrededor de los brackets y los aparatos, lo que aumenta el riesgo de caries y desmineralización del esmalte (12,22). En los pacientes con una higiene bucal inadecuada, sobre todo los adolescentes, pueden aparecer manchas blancas alrededor de los brackets, lo que constituye un signo precoz de desmineralización (13).

Por lo tanto, favorecen la inflamación gingival y, en pacientes predispuestos, contribuyen al desarrollo de periodontitis (14,19). El contacto prolongado de los brackets con los tejidos blandos y la acumulación de placa son factores agravantes. En los pacientes con antecedentes de enfermedad periodontal es necesario un seguimiento cuidadoso (15).

La ortodoncia convencional también puede causar molestias debido a la presión ejercida por los arcos de ortodoncia y a los ajustes periódicos necesarios. Pueden aparecer dolores persistentes o úlceras bucales especialmente durante las primeras etapas del tratamiento, debido a la fricción constante con la mucosa bucal y la presencia de bordes metálicos que pueden irritar los tejidos blandos (18,21).

Además, el descementado de los brackets convencionales es un problema frecuente en ortodoncia, normalmente debido a fuerzas masticatorias excesivas, una higiene bucal deficiente o una adhesión inadecuada. Esto puede provocar retrasos en el tratamiento y consultas adicionales. Algunos artículos hablan de una tasa de descementado que varía entre el 5% y el 20% de los casos, dependiendo del estudio, con una mayor incidencia en zonas sometidas a un estrés oclusal significativo (9).

En conclusión, tanto los alineadores transparentes como los brackets convencionales presentan ventajas e inconvenientes en cuanto a las complicaciones. Por lo tanto, es necesario realizar un diagnóstico exhaustivo y un estudio de las necesidades específicas de cada paciente antes de decidir qué tipo de aparato utilizar (17).

5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

JUSTIFICACIÓN

El uso de alineadores transparentes y brackets convencionales representa dos opciones ampliamente utilizadas para el tratamiento ortodóncico. Aunque la ortodoncia plástica ha ganado popularidad por sus ventajas estéticas y de comodidad, existen preocupaciones sobre su efectividad en comparación con la ortodoncia convencional, especialmente en cuanto a la reabsorción radicular inducida por el tratamiento (8).

La reabsorción radicular es una complicación comúnmente asociada con los tratamientos ortodóncicos, que puede comprometer la salud dental a largo plazo. Se ha reportado que tanto los alineadores transparentes como los brackets convencionales pueden inducir este fenómeno, aunque se desconoce si un tratamiento tiene mayor riesgo que el otro (6). Además, las complicaciones relacionadas con el uso de la ortodoncia plástica, como la falta de control sobre ciertos movimientos dentales y los efectos secundarios, deben compararse con los posibles inconvenientes de la ortodoncia convencional, tales como las molestias y complicaciones periodontales (7).

Este estudio no sólo se alinea con los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)** en términos de **ODS 3: Salud y Bienestar**, sino también con el **ODS 4: Educación de Calidad**. El ODS 3 busca garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todas las personas, lo que incluye la salud bucodental como un componente crucial del bienestar general. A través de la mejora de los tratamientos ortodóncicos y la comprensión de los riesgos asociados, como la reabsorción radicular, se puede contribuir a una mejor toma de decisiones clínicas que favorezcan el bienestar de los pacientes.

Asimismo, el **ODS 4: Educación de Calidad** se refleja en la importancia de la formación continua y la investigación en el campo de la ortodoncia. Este estudio busca no sólo aportar evidencia científica que permita avanzar en el conocimiento sobre los tratamientos ortodóncicos, sino también promover la educación de los profesionales de la salud para ofrecer tratamientos basados en la evidencia. Al contribuir a la formación de ortodoncistas mejor informados y capacitados, se fomenta una educación de calidad que impacta directamente en la atención al paciente y en el desarrollo de tratamientos más efectivos y seguros.

A pesar de que existen revisiones sistemáticas sobre el impacto de los alineadores y los brackets en el tratamiento ortodóncico, pocas investigaciones han abordado de manera específica la comparación directa entre estos dos sistemas en términos de reabsorción radicular. Las investigaciones actuales, además, suelen incluir múltiples variables o enfocarse en otros resultados como la estética o la comodidad, sin diferenciar claramente los efectos sobre la reabsorción radicular.

Por lo anteriormente mencionado, se justifica la realización de una revisión sistemática de la literatura que evalúe y compare ambas técnicas en cuanto al grado de reabsorción radicular inducida, así como las complicaciones asociadas y la satisfacción de los pacientes. Esta revisión proporcionará información relevante para mejorar la toma de decisiones clínicas y la personalización de los tratamientos ortodóncicos, contribuyendo así tanto a los esfuerzos por mejorar la salud y el bienestar (ODS 3) como a la formación continua de los profesionales de salud (ODS 4).

HIPÓTESIS

La hipótesis de trabajo de este estudio plantea que el tratamiento con ortodoncia plástica inducirá un menor grado de reabsorción radicular en comparación con el tratamiento con la ortodoncia convencional, en pacientes sometidos a tratamiento ortodóncico.

Sin embargo, se espera que los alineadores transparentes estén asociados con un mayor número de complicaciones relacionadas con el control de ciertos movimientos dentales y la duración del tratamiento, mientras que la efectividad global en términos de alineación dental y estética será similar entre los dos diferentes tratamientos

6. OBJETIVOS

Objetivo principal:

1. Evaluar el grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico con alineadores transparentes en comparación con el tratamiento con brackets convencionales en pacientes sometidos a tratamiento ortodóncico.

Objetivos secundarios:

1. Evaluar las complicaciones asociadas a los tratamientos con ortodoncia plástica en comparación con ortodoncia convencional.
2. Evaluar la duración total del tratamiento ortodóncico entre las dos técnicas.

7. MATERIAL Y MÉTODO

La presente revisión sistemática se llevó a cabo siguiendo la declaración de la Guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) (23).

7.1. Identificación de la pregunta PICO

Se utilizaron las bases de datos Medline-PubMed (United States National Library of Medicine), Web of Science y Scopus para realizar una búsqueda de los artículos indexados sobre pacientes sometidos a tratamiento ortodóncico con ortodoncia plástica u ortodoncia convencional, publicados hasta diciembre de 2024, para responder a la siguiente pregunta:

¿En los pacientes sometidos a tratamiento ortodóncico, el uso de alineadores transparentes provoca un grado menor de reabsorción radicular en comparación con los brackets convencionales (metálicos o estéticos)?

Esta pregunta de estudio se estableció de acuerdo con la estructura PICO. El formato de la pregunta se estableció de la siguiente manera:

- **P (Población):** Pacientes adultos sometidos a tratamiento ortodóncico (+18 años)
- **I (Intervención):** Tratamiento con alineadores transparentes.
- **C (Comparador):** Tratamiento con brackets convencionales (metálicos o estéticos).
- **O (Resultados):**
 - **O1:** Grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento.
 - **O2:** Efectos adversos y complicaciones relacionadas con cada tipo de tratamiento.
 - **O3:** Duración total del tratamiento ortodóncico entre las dos técnicas.

7.2. Criterios de elegibilidad

Los criterios de inclusión fueron:

- **Tipo de Estudio:** Ensayos clínicos aleatorizados controlados, estudios de cohortes prospectivos y retrospectivos, y series de casos; estudios sobre individuos humanos; Publicaciones en inglés y español; Publicados hasta diciembre de 2024.
- **Tipo de Paciente:** Pacientes adultos sometidos a tratamiento ortodóncico.
- **Tipo de Intervención:** Tratamiento ortodóncico con alineadores transparentes o brackets convencionales (metálicos o estéticos).
- **Tipo de Variables de Resultados:** Estudios que proporcionaran datos relacionados con el grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento como variable principal. Y como variables secundarias: las complicaciones relacionadas con el tratamiento, efectos adversos (ej., molestias, complicaciones periodontales) y la duración total del tratamiento.

Los criterios de exclusión fueron: las revisiones, informes de casos, cartas al editor, opiniones de expertos, estudios experimentales in vitro y en animales, así como estudios que involucraran pacientes con condiciones sistémicas que afecten al hueso o los dientes (por ejemplo, osteoporosis, enfermedad periodontal severa). También se excluyeron los estudios que se centraran en tratamientos distintos a los alineadores transparentes o los brackets convencionales, como tratamientos quirúrgicos, implantes dentales, tratamientos prostodónticos o tratamientos que involucraran otros dispositivos ortodónticos no especificados en los criterios de inclusión. Además, se excluyeron los estudios que no informaran sobre reabsorción radicular, complicaciones u otros resultados ortodónticos relevantes. Se han descartado los artículos con más de 10 años de antigüedad.

7.3. Fuentes de información y estrategia de la búsqueda de datos

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en las tres bases de datos anteriormente citadas (PubMed, Scopus y Web of Science) utilizando las siguientes palabras clave: “orthodontic patients”, “orthodontic treatment”, “malocclusion correction”, “dental movement”, “transparent aligners”, “clear aligners”, “Invisalign”, “removable orthodontic appliances”, “fixed appliances”, “conventional braces”, “metallic brackets”, “ceramic brackets”, “root resorption”, “orthodontic-induced root resorption (OIRR)”, “orthodontic outcomes”, “root damage during orthodontic treatment”, “impact on root structure”.

Las palabras clave fueron combinadas con los operadores booleanos **AND**, **OR** y **NOT**, así como con los términos controlados (MeSH para PubMed), para obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda relacionados con la comparación de reabsorción radicular inducida por alineadores transparentes y brackets convencionales.

La búsqueda en Pubmed fue la siguiente: (((((((Orthodontics[MeSH Terms]) OR (Malocclusion[MeSH Terms])) OR (Tooth Movement[MeSH Terms])) OR (Orthodontic treatment[Title/Abstract])) OR (Dental movement[Title/Abstract])) AND (((((Orthodontic Appliances[MeSH Terms]) OR (Orthodontic Appliances, Removable[MeSH Terms])) OR (Clear aligners[Title/Abstract])) OR (Removable orthodontic appliances[Title/Abstract])) OR (Aligners in orthodontics[Title/Abstract])) AND (((((Orthodontic Brackets[MeSH Terms]) OR (Orthodontic Appliances, Fixed[MeSH Terms])) OR (Fixed appliances[Title/Abstract])) OR (Conventional braces[Title/Abstract])) OR (Brackets[Title/Abstract])) AND (((((Root Resorption[MeSH Terms]) OR (Tooth Root[MeSH Terms])) OR (Root resorption[Title/Abstract])) OR (Orthodontic-induced root resorption (OIRR[Title/Abstract])) OR (Root damage during orthodontic treatment[Title/Abstract])) OR (Impact root structure[Title/Abstract])) Filters: in the last 10 years, Full text, Humans, Adult : 19+ years

La búsqueda en SCOPUS fue la siguiente: (TITLE-ABS-KEY (("malocclusion" OR "orthodontics" OR "tooth movement" OR "orthodontic treatment" OR "dental movement")) AND TITLE-ABS-KEY (("orthodontic appliances" OR "orthodontic appliances, removable" OR "clear aligners" OR "removable orthodontic appliances" OR "aligners in orthodontics")) AND TITLE-ABS-KEY (("orthodontic brackets" OR "orthodontic appliances, fixed" OR "fixed appliances" OR "conventional braces" OR "brackets")) AND TITLE-ABS-KEY (("root resorption" OR "tooth root" OR "root resorption" OR "orthodontic-induced root resorption" OR "root damage during orthodontic treatment" OR "impact root structure"))) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "english") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "spanish")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "humans")).

La búsqueda en Web of Science fue la siguiente: (((TS=("Malocclusion" OR "Orthodontics" OR "Tooth Movement" OR "Orthodontic treatment" OR "Dental movement")) AND TS=("Orthodontic Appliances" OR "Orthodontic Appliances, Removable" OR "Clear aligners" OR "Removable orthodontic appliances" OR "Aligners in orthodontics")) AND TS=("Orthodontic Brackets" OR "Orthodontic Appliances, Fixed" OR "Fixed appliances" OR "Conventional braces" OR "Brackets")) AND TS=("Root Resorption" OR "Tooth Root" OR "Root resorption" OR "Orthodontic-induced root resorption" OR "Root damage during orthodontic treatment" OR "Impact root structure")

En la Tabla 1 incluida en el apartado de Anexos se muestra el resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos consultadas.

7.4. Proceso de selección de los estudios

Se realizó un proceso de selección en tres etapas. En la primera etapa, se filtraron los títulos para eliminar publicaciones irrelevantes. En la segunda etapa, se cribaron los resúmenes y se seleccionaron los estudios según el tipo de estudio, tipo de tratamiento ortodóncico (alineadores transparentes o brackets convencionales), número de pacientes y variables de resultado (reabsorción radicular, complicaciones, etc.). En la tercera etapa, se evaluaron los textos completos y se procedió a la extracción de los datos usando un formulario de recogida de datos previamente elaborado para confirmar la elegibilidad de los estudios.

7.5. Extracción de datos

La siguiente información fue extraída de los estudios según el tipo de tratamiento ortodóncico (alineadores transparentes o brackets convencionales): autores con el año de publicación, tipo de estudio (randomizado controlado, prospectivo, retrospectivo, serie de casos), número de pacientes, localización del tratamiento (arcada superior, inferior, o ambas), grado de reabsorción radicular (en milímetros y/o porcentaje), tiempo de seguimiento del tratamiento ortodóncico (en meses), uso de aditamentos auxiliares (sí, no, y en caso afirmativo el tipo de aditamento), complicaciones asociadas al tratamiento (número, tipo de complicación y evolución o tratamiento de la misma), tiempo de tratamiento total (meses), y media de pérdida radicular asociada (en milímetros).

Variable principal

- **Reabsorción radicular:** El grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico, medido en milímetros, cuando se compara la longitud de la raíz antes del inicio del tratamiento con la longitud final después de la finalización del mismo. La medición se realiza de manera radiográfica o clínica utilizando un calibrador manual o una sonda periodontal calibrada, siempre que esté reportada en los estudios.

Variables secundarias

- **Complicaciones del tratamiento:** Cualquier complicación reportada durante el tratamiento ortodóncico con alineadores transparentes o brackets convencionales, como la aparición de molestias, reabsorción radicular excesiva, o cualquier otra alteración clínica relevante.
- **Tiempo total de tratamiento:** La duración del tratamiento ortodóncico, medida en meses, desde el inicio hasta su finalización, incluyendo las diferencias en el tiempo de tratamiento entre la ortodoncia plástica y la ortodoncia convencional.

7.6. Valoración de la calidad.

Para la evaluación de la calidad de los estudios clínicos controlados aleatorizados, se utilizó la guía Cochrane 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>). Las publicaciones fueron clasificadas como de “bajo riesgo de sesgo” si cumplían con todos los criterios metodológicos establecidos, de “alto riesgo de sesgo” si no cumplían con uno o más criterios, lo que sugiere que el estudio podría presentar un sesgo que afecte la fiabilidad de los resultados, y “sesgo incierto” si faltaba información o existía incertidumbre sobre el potencial de sesgo.

Para la evaluación de la calidad de los estudios observacionales no randomizados, se utilizó la escala de Newcastle-Ottawa, considerándose “bajo riesgo de sesgo” aquellos estudios con una puntuación superior a 6 estrellas, y “alto riesgo de sesgo” aquellos con una puntuación de 6 o menos.

7.7. Síntesis de datos

Tras la selección final de los estudios, se llevó a cabo una síntesis cualitativa de los datos obtenidos con el objetivo de comparar el grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico con alineadores transparentes y brackets convencionales, así como evaluar las complicaciones asociadas y la duración del tratamiento. El análisis de los datos se realizó siguiendo un enfoque estructurado, incluyendo los siguientes pasos:

Clasificación de los estudios: Se agruparon los estudios en función del tipo de tratamiento ortodóncico utilizado y la metodología de evaluación de la reabsorción radicular. Además, se tuvo en cuenta la duración del tratamiento y las herramientas diagnósticas empleadas, como radiografías periapicales, ortopantomografías o tomografía computarizada de haz cónico (CBCT).

Extracción y análisis de resultados: Se identificaron y extrajeron las principales variables de estudio, incluyendo la magnitud de la reabsorción radicular medida en milímetros, la incidencia de complicaciones como inflamación gingival, caries y molestias asociadas al tratamiento, así como la duración total del tratamiento en meses. Para facilitar la comparación de los hallazgos, se organizaron los datos en tablas descriptivas, lo que permitió evaluar tendencias comunes y diferencias significativas entre los dos tipos de tratamientos ortodóncicos.

Comparación entre alineadores y brackets: Se analizaron las diferencias en la reabsorción radicular entre pacientes tratados con alineadores y aquellos con brackets, observando patrones de afectación radicular según el tipo de aparato ortodóncico utilizado. También se examinó la relación entre la reabsorción y la mecánica de los tratamientos, considerando factores como la aplicación de fuerzas intermitentes o continuas.

Evaluación de la calidad de los estudios: Durante el análisis, se tuvo en cuenta la calidad metodológica de los estudios incluidos, utilizando herramientas como la escala de Newcastle-Ottawa (NOS) para estudios observacionales y la herramienta Cochrane para estudios clínicos. Se consideraron posibles sesgos, limitaciones metodológicas y variaciones en la metodología de los estudios para contextualizar mejor los resultados y evaluar la confiabilidad de las conclusiones obtenidas.

A través de esta síntesis de datos, se establecieron comparaciones fundamentadas entre los alineadores transparentes y los brackets convencionales en términos de reabsorción radicular, complicaciones, duración del tratamiento y percepción estética. Esta interpretación cualitativa proporciona una base para la discusión de los hallazgos y sus implicaciones clínicas en la elección del tratamiento ortodóncico más adecuado para cada paciente.

8. RESULTADOS

8.1. Selección de estudios. Flow chart

Se obtuvieron un total de 180 artículos del proceso de búsqueda inicial: Medline - PubMed (n=76), SCOPUS (n=70) y la Web of Science (n=33). Además, se obtuvo 1 estudio adicional a través de la búsqueda manual (lista de referencias y fuentes primarias). De estas publicaciones, 34 se identificaron como artículos potencialmente elegibles mediante el cribado por títulos y resúmenes. Los artículos de texto completo fueron posteriormente obtenidos y evaluados a fondo. Como resultado, 13 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y fueron incluidos en la presente revisión sistemática (Fig. 1). La información relacionada con los artículos excluidos (y las razones de su exclusión) se presenta en la Tabla 2.

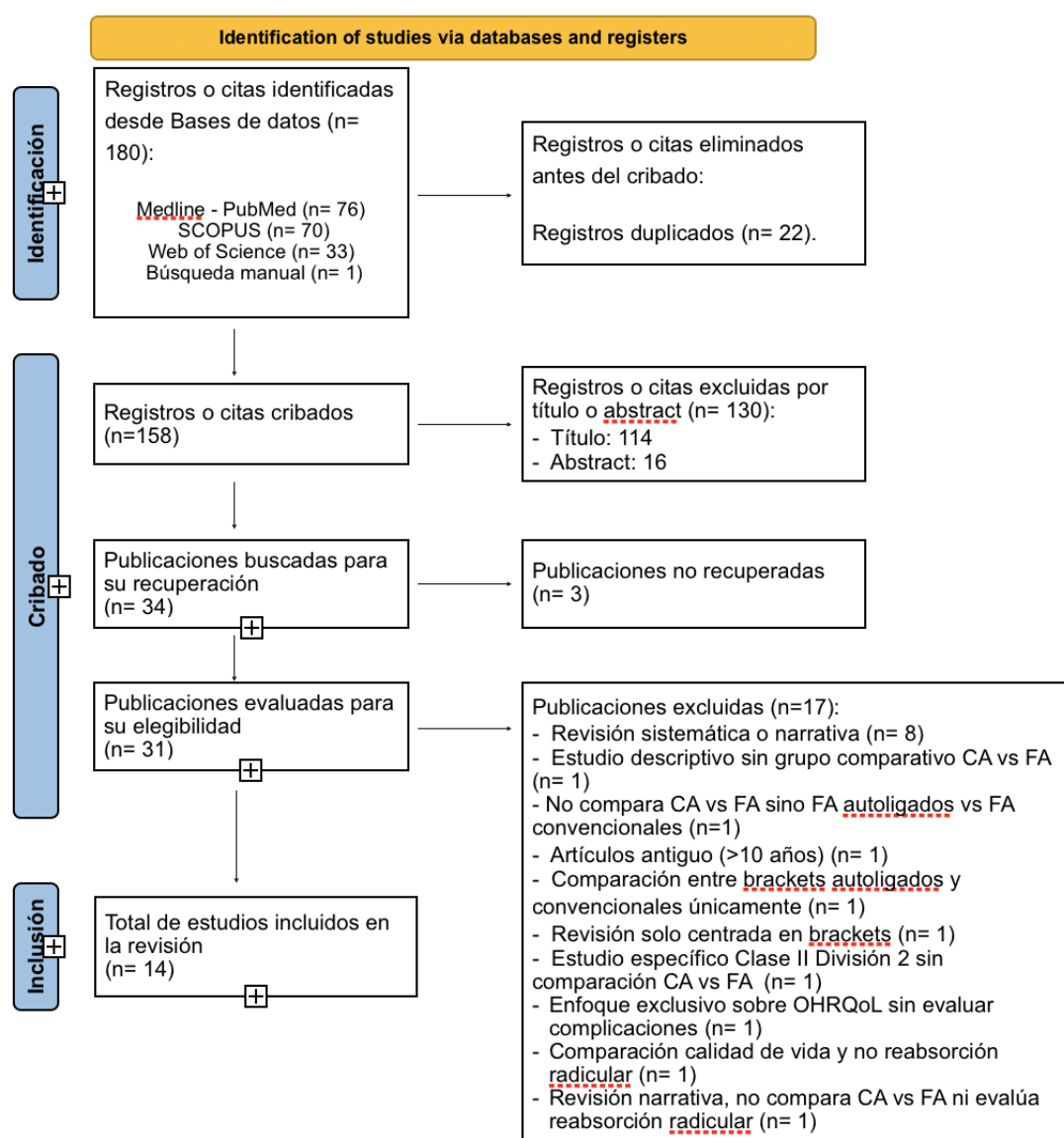


Fig. 1. Diagrama de flujo de búsqueda y proceso de selección de títulos durante la revisión sistemática

Tabla 2 : Artículos excluidos (y su razón de exclusión) de la presente revisión sistemática.

Autor. Año de publicación	Publicación	Motivo de exclusión
Apajalahti & Peltola, 2007	European Journal of Orthodontics	Artículo antiguo (>10 años)
Aldeeri et al., 2018	J Contemp Dent Pract	Revisión sistemática
Abbing et al., 2020	Progress in Orthodontics	Revisión sistemática

Samulak et al., 2024	Applied Sciences	Revisión narrativa
Handem et al., 2016	Progress in Orthodontics	No compara CA vs FA sino FA autoligados vs FA convencionales
Sepanian & Sonnesen, 2017	European Journal of Orthodontics	Estudio específico Clase II Div 2 sin comparación CA vs FA
Elhaddaoui et al., 2017	International Orthodontics	Revisión sistemática
Yassir et al., 2020	European Journal of Orthodontics	Revisión sistemática
Inchingolo et al., 2024	Applied Sciences	Revisión sistemática
Yi et al., 2016	BMC Oral Health	Comparación entre brackets autoligados y convencionales únicamente
Villaman-Santacruz et al., 2022	Dent Med Probl	Revisión sólo centrada en brackets
Fang et al., 2024	Orthodontic Craniofacial Research	Revisión sistemática
Costello et al., 2020	Australasian Orthodontic Journal	Estudio descriptivo sin grupo comparativo CA vs FA
Ke et al., 2019	BMC Oral Health	Revisión sistemática
Jaber et al., 2022	Cureus	Enfoque exclusivo sobre OHRQoL sin evaluar complicaciones
Tunca et al., 2024	BMC Oral Health	Comparación calidad de vida y no reabsorción radicular
Rouzi et al., 2023	International Dental Journal	Revisión narrativa, no compara CA vs FA ni evalúa reabsorción radicular

8.2. Análisis de las características de los estudios revisados

En esta revisión sistemática se analizaron un total de 14 estudios científicos originales publicados entre los años 2017 y 2025, seleccionados tras una aplicación rigurosa de los criterios de inclusión y exclusión definidos en la metodología. El conjunto de estudios incluidos presenta una variedad metodológica significativa, lo cual permite obtener una visión amplia y representativa del estado actual de la literatura sobre la reabsorción radicular inducida por tratamientos ortodóncicos con alineadores transparentes (CA) frente a brackets convencionales (FA).

Desde el punto de vista del diseño metodológico, se identificaron: 7 estudios retrospectivos (17,24–29), 4 estudios prospectivos (30–33), 2 estudios transversales (15,34), 1 ensayo clínico aleatorizado (35).

Esta distribución evidencia una predominancia de estudios retrospectivos, lo que supone ciertas limitaciones inherentes al diseño, como el sesgo de selección o la dependencia de registros previos. No obstante, la inclusión de estudios prospectivos y un ensayo controlado aleatorizado aporta mayor validez y robustez a los resultados globales.

El tamaño muestral de los estudios incluidos varió entre 36 (35) y 300 pacientes (27). En todos los estudios, salvo uno (centrado exclusivamente en pacientes tratados con FA), se realizó una comparación directa entre alineadores transparentes y brackets convencionales (26). En la mayoría de los casos, la distribución de los grupos fue equilibrada, con un número similar de pacientes en cada rama de tratamiento, lo cual favorece la validez interna de los análisis comparativos.

En cuanto a las herramientas diagnósticas utilizadas para evaluar la reabsorción radicular, nueve estudios utilizaron tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), considerada como el “gold standard” por su alta resolución tridimensional (15,17,24,29,30,32–35). Otros trabajos recurrieron a radiografías panorámicas (28), radiografías periapicales y software de análisis (29), o bien a historiales clínicos combinados con herramientas digitales (25,27). En un estudio, se aplicaron también cuestionarios clínicos validados y parámetros funcionales como herramientas de evaluación complementaria (31). Esta diversidad de métodos introduce cierta heterogeneidad metodológica en cuanto a la sensibilidad y especificidad diagnóstica.

En relación con la duración del tratamiento ortodóncico, tres estudios reportaron esta variable de forma sistemática, observándose tiempos que oscilaron entre 11.5 y 24 meses, dependiendo del sistema utilizado y de la complejidad del caso (25,27,28).

Además, cinco estudios abordaron complicaciones asociadas al tratamiento más allá de la reabsorción radicular. Estas incluyeron alteraciones periodontales, como inflamación y sangrado (30–32), síntomas clínicos de incomodidad (35), y fallos técnicos como el descementado de brackets (26). Este enfoque más integral contribuye a contextualizar la reabsorción radicular

dentro de un marco clínico más amplio, en el que se consideran también la tolerancia, la seguridad y la experiencia del paciente durante el tratamiento.

Tabla 3: Características de los estudios revisados.

N.º	Autor (año)	Tipo de estudio	Muestra	Tipo de aparato	Método de evaluación	Resultado principal evaluado
1	Almagami et al. (2023)	Retrospectivo comparativo	40 (20 CA, 20 FA)	CA vs FA	CBCT tridimensional	Reabsorción radicular (RR)
2	Jyotirmay et al. (2021)	Observacional retrospectivo	110 (55 CA, 55 FA)	CA vs FA	CBCT	Remodelado óseo y RR
3	Li et al. (2020)	Transversal retrospectivo	70 (35 CA, 35 FA)	CA vs FA	CBCT y medidas lineales	Prevalencia y severidad de RR
4	Withayanukonkij et al. (2023)	Ensayo clínico aleatorizado	36 (18 CA, 18 FA+TADs)	CA vs FA + mini-tornillos	CBCT	Intrusión molar y RR
5	Iglesias-Linares et al. (2017)	Transversal analítico con factores genéticos	70 (35 CA, 35 FA)	CA vs FA	CBCT y variables genéticas	Factores genéticos asociados a RR
6	Al-Worafi et al. (2024)	Prospectivo	48 (24 CA, 24 FA)	CA vs FA	CBCT	Cambios radiculares post-tratamiento
7	Kurnaz y Büyükçavus (2024)	Retrospectivo comparativo	90 (45 CA, 45 FA)	CA vs FA	Radiografía panorámica	RR en molares con y sin endodoncia
8	He et al. (2025)	Estudio comparativo	60 (30 CA, 30 FA)	CA vs FA	CBCT	Cambios óseos y RR
9	Mertoglu et al. (2025)	Prospectivo	80 (40 CA, 40 FA)	CA vs FA	Cuestionarios + parámetros clínicos	Efectos adversos: dolor, RR, funcionalidad
10	Aref et al. (2024)	Retrospectivo		CA vs FA	Historial clínico y software ortodóncico	Duración del tratamiento y estabilidad
11	Alam et al. (2024)	Comparativo	40 (20 CA, 20 FA)	CA vs FA	Radiografías + software	Cambios morfológicos radiculares
12	Annamalaisamy et al. (2024)	Prospectivo comparativo	100 (50 CA, 50 FA)	CA vs FA	Parámetros clínicos periodontales	Salud periodontal y RR
13	Quinty et al. (2024)	Retrospectivo	197 (solo FA)	Solo FA	Análisis de tasa de descementado	Complicaciones técnicas (descementado)
14	Buschang et al. (2014)	Retrospectivo y prospectivo	300 (150 CA, 150 FA)	CA vs FA	Historial clínico + cronómetro	Eficiencia y duración del tratamiento

8.3. Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos, se aplicaron herramientas específicas según el tipo de diseño metodológico: la herramienta Cochrane Risk of Bias Tool (RoB 2.0) para ensayos clínicos aleatorizados y la Escala Newcastle-Ottawa (NOS) para estudios observacionales con o sin grupo control.

Para los estudios aleatorizados, se incluyó un único ensayo clínico, el cual fue clasificado con bajo riesgo de sesgo en todos los dominios evaluados (Tabla 4).

Para los estudios observacionales con grupo control, dos fueron considerados de bajo riesgo de sesgo y uno de riesgo moderado según la escala Newcastle-Ottawa (Tabla 5).

En cuanto a los estudios tipo cohorte, cinco presentaron bajo riesgo de sesgo, cinco riesgo moderado o moderado-bajo (Tabla 6).

En general, la evaluación metodológica refleja un nivel de evidencia confiable en la mayoría de los estudios incluidos. No obstante, cabe destacar que las limitaciones más frecuentes estuvieron relacionadas con la comparabilidad entre grupos y la falta de ceguera en la medición de los resultados, aspectos que pueden introducir sesgos de detección en los resultados clínicos.

Tabla 4 : Medición del riesgo de sesgo de los estudios randomizados según la guía Cochrane.

	Generar secuencia aleatorizada (sesgo selección)	Ocultación de la asignación (sesgo selección)	Cegamiento o evaluación de resultados (sesgo detección)	Seguimiento y exclusiones (sesgo deserción)	Descripción selectiva (sesgo informe)	Otros sesgos
Withayanukonkij et al. (2023)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

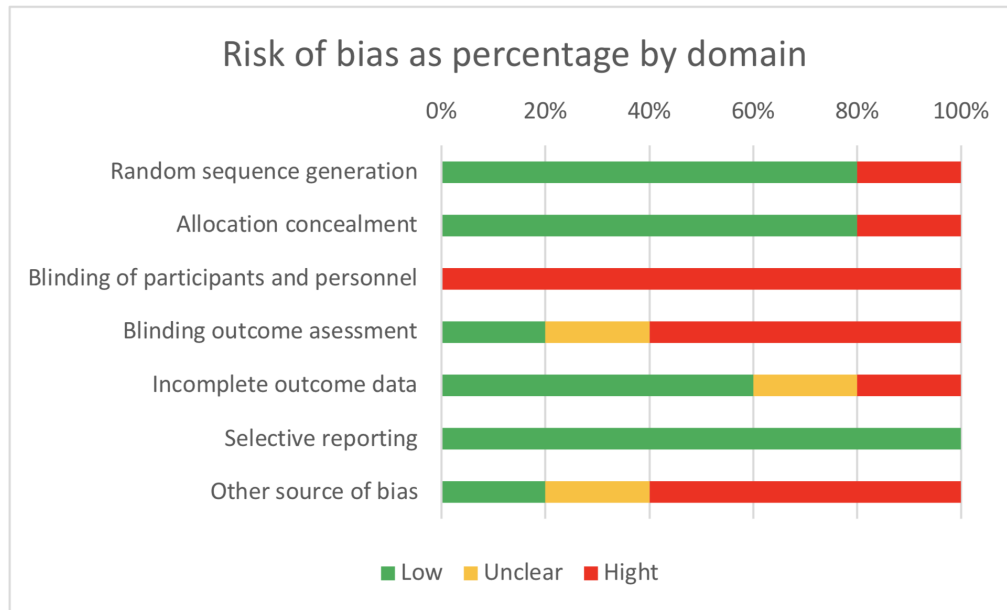


Fig. 2. Representación del riesgo de sesgo

Tabla 5 : Medición del riesgo de sesgo de los estudio observacionales no randomizados con la escala Newcastle-Ottawa – estudios observacionales con grupo control no randomizado.

	Definición de los casos	Representatividad	Selección de los controles	Definición de los controles	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (cualquier otra variable)	Comparación de la exposición	Mismo método para ambos grupos	Tasa de abandonos	Total
Li et al. (2020)	★	★	★	★	★	★	★	★	★	9
Jyotirmay et al. (2021)	★	★	★	★	★		★	★		7
Alam et al. (2024)	★		★	★	★		★	★		6

Tabla 6 : Medición del riesgo de sesgo de los estudios observacionales no randomizados con la escala Newcastle-Ottawa – estudios observaciones cohortes sin grupo control.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comparación exposición	Demstración no presencia variable interés al inicio	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	Total
Almagrami et al. (2023)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Al-Worafi et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
He et al. (2025)	★	★	★	★	★		★			6
Mertoglu et al. (2025)	★	★	★	★	★		★	★		7
Aref et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★		7
Buschang et al. (2014)	★	★	★	★	★		★	★		7
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Iglesias-Linares et al. (2017)	★	★	★		★		★	★		6
Annamalaisamy et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Quinty et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★		7

8.4. Síntesis resultados

8.4.1. Grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico

En los estudios que utilizaron tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), se observaron valores medios de RRA de 0.12 mm y 0.13 ± 0.47 mm en pacientes tratados con CA, mientras que los valores registrados para FA fueron significativamente mayores: 0.35 mm y hasta 1.12 ± 1.34 mm en algunos casos. Estas diferencias se tradujeron también en la prevalencia de

RRA, con un 56.3 % en el grupo CA frente a un 82.1 % en el grupo FA. En cuanto a la distribución dentaria, los dientes más afectados por RRA en FA fueron los incisivos laterales superiores (1.54 ± 1.59 mm) y los caninos superiores (1.40 ± 1.31 mm), mientras que en CA los caninos inferiores mostraron incluso un crecimiento negativo aparente (-0.04 ± 0.42 mm), probablemente atribuible a factores técnicos o a la neoformación ósea marginal (15,29).

La severidad también fue un aspecto analizado. En el grupo CA, la mayoría de las raíces afectadas presentaron una RRA leve (grado 1) en el 89.3 % de los casos, frente a solo el 58.6 % en FA, mientras que la RRA moderada a severa (grados 2–3) se detectó en el 30.7 % de los dientes tratados con FA, frente a un 8.4 % con CA (24).

En contextos clínicos más exigentes como la intrusión molar, se confirmó la superioridad de los CA. En un estudio con adultos con mordida abierta anterior, la reabsorción fue de 0.21–0.24 mm en CA, mientras que en el grupo FA con mini-tornillos (TADs) se registraron valores de 0.38–0.47 mm, con una diferencia significativa ($p < 0.05$). Además, se observó que la RRA representaba solo un tercio del desplazamiento vertical intrusivo en el grupo CA, lo que sugiere un mejor control biomecánico del movimiento (35).

También durante la distalización molar, los alineadores mostraron resultados favorables. En pacientes tratados con CA, se observó una reducción de RRA más leve, acompañada de una menor pérdida ósea alveolar en comparación con FA, siendo ambos parámetros estadísticamente significativos (30).

Otros estudios también identificaron una menor afectación en molares inferiores tratados con CA, con diferencias significativas ($p < 0.001$), observación que se relacionó, además, con una duración media del tratamiento más corta en estos pacientes (28). En otro análisis, se observaron diferencias significativas tanto en la pérdida de soporte óseo marginal como en los valores de RRA entre ambos grupos, favoreciendo a los CA (33).

Una única publicación, centrada principalmente en la genética, no encontró diferencias significativas entre CA y FA respecto al grado de RRA

(NS), lo cual podría explicarse por el diseño transversal del estudio y el enfoque específico en variables genéticas predisponentes (34).

Tabla 7: Grado de reabsorción radicular

Artículo	Resultados clave	Comparación CA vs FA	Significancia estadística
Almagrami et al. (2023)	CA reduce más la RRA y pérdida ósea	Menor con CA	$p < 0.05$
Jyotirmay et al. (2021)	Diferencias significativas en RRA	Menor con CA	$p < 0.05$
Li et al. (2020)	Menor prevalencia de RRA moderada-severa	Menor con CA	$p < 0.05$
Withayanukonkij et al. (2023)	RRA en intrusión molar	CA: 0.27 mm vs FA+TAD: 0.59 mm	$p < 0.05$
Iglesias-Linares et al. (2017)	Sin diferencias significativas	Igual	NS
Al-Worafi et al. (2024)	RRA y pérdida ósea menor	Menor con CA	$p < 0.05$
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	RRA menor en molares inferiores	Menor con CA	$p < 0.001$
He et al. (2025)	RRA y pérdida ósea alveolar	Menor con CA	$p < 0.001$
Alam et al. (2024)	RRA media : CA: 0.12 mm vs FA: 0.35 mm	Menor con CA	$p < 0.05$

8.4.2. Complicaciones asociadas a los tratamientos

En relación con el dolor y la incomodidad general, un ensayo clínico aleatorizado mostró que los pacientes tratados con CA reportaron niveles significativamente menores de molestias, irritación de tejidos blandos y sensación de incomodidad durante la fase de intrusión molar. La evaluación subjetiva mediante escalas visuales análogas (EVA) reflejó valores más bajos en todos los parámetros estudiados en el grupo CA ($p < 0.05$), lo que sugiere una mejor tolerancia clínica a este tipo de aparatología (35).

La inflamación gingival fue también un parámetro clínico evaluado en varios estudios. Uno de ellos reveló que los pacientes con CA presentaron niveles más bajos de inflamación en comparación con FA, tanto en el análisis visual clínico como en registros periodontales ($p < 0.05$), atribuido a la posibilidad de una mejor higiene oral con los alineadores removibles (30). Este

hallazgo fue confirmado por otro estudio prospectivo que evaluó parámetros periodontales como el índice de placa, la inflamación gingival y la profundidad de sondaje. Los pacientes con CA mostraron un índice de placa significativamente menor y una inflamación gingival más leve, lo que refleja un mejor estado de salud periodontal en comparación con los portadores de FA ($p < 0.05$) (32).

En cuanto al sangrado gingival y la función masticatoria, se observó que los alineadores provocaban menos sangrado y menos molestias durante la masticación, aunque los brackets convencionales ofrecían una mejora más temprana en la función masticatoria al cabo de 3 meses de tratamiento. En este caso, el grupo tratado con CA presentó una media de sangrado del 12.4 %, mientras que el grupo FA mostró un 26.8 %, diferencia que resultó significativa ($p < 0.01$). A pesar de esta diferencia inicial funcional, el confort y la tolerancia fueron globalmente superiores en el grupo CA (31).

En el plano técnico, un estudio retrospectivo que analizó exclusivamente tratamientos con FA reportó una tasa global de descementado del 4.4 %, siendo más frecuentes en molares (45.9 %) y premolares (26.2 %). Las principales causas identificadas incluyeron fuerzas de masticación elevadas, interferencias oclusales y deficiencias en el protocolo de cementado. Este tipo de complicaciones puede generar retrasos en el tratamiento, pérdida de control del movimiento dental y necesidad de visitas adicionales (26).

Tabla 8: Complicaciones asociadas a la reabsorción radicular

Estudio	Grupo comparado	Complicaciones evaluadas	Principales hallazgos	Significancia estadística
Withayanukonkij et al. (2023)	CA y FA	Dolor, incomodidad, irritación de tejidos blandos	Dolor y molestias significativamente menores en CA	$p < 0.05$
Al-Worafi et al. (2024)	CA y FA	Dolor, inflamación gingival	CA presenta menor inflamación gingival	$p < 0.05$
Mertoglu et al. (2025)	CA y FA	Dolor, sangrado gingival, alteración de la función masticatoria	CA genera menor sangrado gingival y dolor; FA mejora antes la función masticatoria	$p < 0.01$

Annamalaisamy et al. (2023)	CA y FA	Índice de placa, inflamación gingival, profundidad de sondaje	CA asociado a menor placa e inflamación que FA	$p < 0.05$
Quinty et al. (2024)	Solo FA	Descementado de brackets, factores de riesgo	Tasa global de descementado de 4.4%; sobre todo en molares y premolares	$p < 0.05$

8.4.3. Duración total del tratamiento ortodóncico

Un estudio retrospectivo comparativo en pacientes con tratamientos realizados en molares inferiores reportó una duración media de 15.4 meses con CA frente a 23.5 meses con FA, lo que representa una diferencia aproximada de 8.1 meses a favor de los alineadores ($p < 0.001$). Este resultado se relacionó también con una menor incidencia de reabsorción radicular en el grupo CA, lo cual sugiere un posible vínculo entre la duración y las complicaciones biológicas del tratamiento (28).

Otro análisis retrospectivo con seguimiento a largo plazo encontró que los tratamientos con CA duraron en promedio 18 ± 3 meses, mientras que los pacientes con FA necesitaron 24 ± 4 meses para completar su tratamiento. Esta diferencia de 6 meses resultó ser estadísticamente significativa ($p < 0.001$) y fue atribuida a una mejor planificación digital y una mayor previsibilidad de los movimientos con alineadores (25).

Por último, un estudio que combinó metodología retrospectiva y prospectiva con una muestra emparejada tratada por un único ortodoncista mostró una duración media de 11.5 meses con CA frente a 17.0 meses con FA. En este caso, se excluyeron los tratamientos con extracciones para estandarizar los tiempos, y se utilizó un software digital para calcular la duración exacta desde el inicio hasta el retiro de los aparatos. La diferencia de 5.5 meses fue significativa ($p < 0.001$), destacando la eficiencia del tratamiento con alineadores, especialmente en casos sin extracciones (27).

Tabla 9: Duración del tratamiento

Estudio	Tipo de aparato	Duración CA (meses)	Duración FA (meses)	Diferencia observada	Significancia estadística
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	CA vs FA	15.4	23.5	CA reduce la duración en aproximadamente 8 meses	$p < 0.001$
Aref et al. (2024)	CA vs FA	18.0	24.0	CA reduce la duración en promedio 6 meses	$p < 0.001$
Buschang et al. (2014)	CA vs FA	11.5	17.0	CA reduce la duración en promedio 5.5 meses	$p < 0.001$

9. DISCUSIÓN

9.1. Grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico

Los resultados obtenidos en esta revisión sistemática indican que los tratamientos ortodóncicos con alineadores transparentes (CA) se asocian con una menor reabsorción radicular apical (RRA) en comparación con los aparatos fijos convencionales (FA). Esta diferencia se observa tanto en la magnitud de la reabsorción como en su incidencia, con valores de RRA media inferiores en los pacientes tratados con CA (15,24,29).

Esta menor RRA asociada a los CA puede atribuirse a las fuerzas ortodóncicas más ligeras, constantes y controladas que caracterizan este tipo de dispositivos. Además, la planificación digital personalizada facilita movimientos más predecibles y segmentados, reduciendo así la aplicación de fuerzas no deseadas, como la intrusión o extrusión excesiva, factores que se han relacionado previamente con una mayor incidencia de RRA (30,35).

Aunque el uso de CA reduce la severidad de la RRA, la reabsorción no puede eliminarse completamente. Estudios previos han demostrado que incluso con alineadores existe una pérdida radicular significativa, especialmente en los incisivos superiores e inferiores, donde se ha reportado una disminución media de aproximadamente 0,4 a 0,5 mm tras el tratamiento (36,37).

Comparando los resultados de esta revisión con los datos de la literatura más reciente, un metaanálisis ha mostrado que los pacientes tratados con CA presentaron significativamente menos RRA en los incisivos centrales superiores e inferiores en comparación con aquellos tratados con FA, apoyando así la tendencia observada en los estudios incluidos (38).

Aunque los tratamientos con CA no eliminan completamente el riesgo de RRA, la evidencia actual sugiere que permiten reducir su severidad e incidencia en comparación con los FA, especialmente en dientes más susceptibles como los incisivos. Estos hallazgos resultan clínicamente relevantes para la elección del dispositivo ortodóncico en pacientes con factores de riesgo predisponentes (17,33).

9.2. Complicaciones asociadas a los tratamientos

La presencia de complicaciones asociadas a los tratamientos ortodóncicos es un aspecto relevante que puede influir tanto en la aceptación del tratamiento por parte del paciente como en su calidad de vida durante el proceso. En los estudios analizados, se observó que los pacientes tratados con alineadores transparentes (CA) reportaron niveles significativamente menores de dolor, incomodidad y molestias en comparación con aquellos tratados con aparatos fijos convencionales (FA), posiblemente debido a la ausencia de brackets y arcos metálicos que pueden irritar los tejidos blandos (30,31,35).

Además, los tratamientos con CA se asociaron con una mejor salud periodontal en comparación con los tratamientos con FA. Se observó una menor inflamación gingival, menor índice de placa y menor sangrado gingival en los pacientes tratados con CA, lo cual puede explicarse por la posibilidad de retirar los alineadores para realizar una higiene oral más efectiva. Este hallazgo fue consistente en varios estudios incluidos en esta revisión, confirmando que los CA podrían ofrecer ventajas en términos de mantenimiento periodontal durante el tratamiento ortodóncico (30–32).

Por otro lado, los aparatos fijos convencionales presentaron una mayor incidencia de complicaciones técnicas, como el descementado de brackets, observándose una tasa global de descementado del 4,4 %, especialmente en molares y premolares, según uno de los estudios analizados. Este tipo de complicaciones no solo prolonga la duración del tratamiento, sino que también puede aumentar el riesgo de lesiones de los tejidos blandos y de reabsorción radicular debido a fuerzas descontroladas (26).

Se ha demostrado que los pacientes tratados con CA presentan significativamente menos dolor durante las fases iniciales del tratamiento en comparación con aquellos tratados con FA, probablemente debido a la aplicación de fuerzas más ligeras y continuas. Además, la percepción de confort se ha identificado como uno de los factores determinantes en la elección de los CA, especialmente entre adultos y adolescentes preocupados por la estética y el bienestar durante el tratamiento ortodóncico (39,40).

Por lo tanto los alineadores transparentes parecen asociados con una menor frecuencia e intensidad de complicaciones clínicas y técnicas en comparación con los aparatos fijos convencionales, lo cual constituye una ventaja importante desde el punto de vista del confort del paciente y de la salud periodontal durante el tratamiento ortodóncico.

9.3. Duración total del tratamiento ortodóncico

La duración total del tratamiento ortodóncico es uno de los factores más relevantes para la aceptación del tratamiento por parte del paciente y para la planificación clínica. Los resultados de esta revisión sistemática muestran que los tratamientos con alineadores transparentes (CA) tienden a ser más cortos en comparación con los tratamientos con aparatos fijos convencionales (FA), especialmente en casos de maloclusiones leves a moderadas. Se observaron reducciones promedio de entre 5 y 8 meses a favor de los CA, lo que representa una diferencia clínicamente significativa en términos de tiempo de tratamiento (25,27,28).

Esta diferencia en la duración podría explicarse por varios factores. La planificación digital que caracteriza el tratamiento con CA permite realizar movimientos más controlados y predecibles, optimizando las fases del tratamiento. Además, la ausencia de complicaciones mecánicas frecuentes en los FA, como el descementado de brackets o fracturas de arcos, podría contribuir a una mayor eficiencia del tratamiento con CA. También debe considerarse que la cooperación del paciente desempeña un papel fundamental en el éxito y la duración del tratamiento con CA, ya que el uso insuficiente de los alineadores puede prolongar significativamente el tiempo total (26,31).

La literatura científica reciente respalda en parte estos hallazgos, indicando que los tratamientos con alineadores transparentes podrían ser más rápidos que los realizados con aparatos fijos en casos seleccionados. Sin embargo, esta ventaja parece depender en gran medida del tipo de movimiento dental requerido y del nivel de colaboración del paciente. Además, en casos de maloclusiones más complejas, los aparatos fijos convencionales siguen

mostrando una eficiencia superior en cuanto al control de los movimientos dentales y la duración total del tratamiento (41,42).

Aunque los CA ofrecen una reducción del tiempo de tratamiento en comparación con los FA en casos específicos, es fundamental individualizar la elección del sistema ortodóncico en función de la severidad de la maloclusión, el tipo de movimientos requeridos y la colaboración esperada del paciente.

9.4. Fortalezas y limitaciones de esta revisión

Esta revisión sistemática presenta varias fortalezas que refuerzan la validez de sus hallazgos. Se aplicó una estrategia de búsqueda exhaustiva en bases de datos relevantes y se siguió una metodología rigurosa basada en criterios predefinidos de inclusión y exclusión. Además, se realizó una evaluación estructurada del riesgo de sesgo utilizando herramientas específicas y reconocidas internacionalmente, como la Cochrane Risk of Bias Tool (RoB 2.0) para los ensayos clínicos aleatorizados y la escala Newcastle-Ottawa (NOS) para los estudios observacionales. El análisis separado de los resultados en función de las principales variables de interés (reabsorción radicular, complicaciones y duración del tratamiento) permitió ofrecer una visión detallada y segmentada de los efectos comparativos entre los alineadores transparentes y los aparatos fijos convencionales (17,32,35).

No obstante, esta revisión presenta también ciertas limitaciones que deben ser consideradas al interpretar los resultados. La mayoría de los estudios incluidos fueron de diseño retrospectivo, lo que introduce un riesgo inherente de sesgo de selección y limita la capacidad para establecer relaciones causales sólidas. Además, existe una heterogeneidad considerable en los métodos de medición de la reabsorción radicular entre los estudios, ya que algunos utilizaron tomografías CBCT de alta precisión, mientras que otros recurrieron a radiografías panorámicas o periapicales, afectando la comparabilidad de los datos obtenidos (15,28,29).

Otra limitación importante radica en la variabilidad de las muestras analizadas. Además, el tamaño de las muestras en varios estudios fue

relativamente pequeño, lo que reduce la potencia estadística de los análisis y aumenta el riesgo de error tipo II (25,33).

Finalmente, la falta de ensayos clínicos aleatorizados controlados de alta calidad representa una limitación significativa. Solo se identificó un ensayo clínico aleatorizado dentro de los estudios incluidos, lo que resalta la necesidad de futuros trabajos de diseño prospectivo y aleatorizado que puedan confirmar los resultados observados en esta revisión. La necesidad de estandarizar los criterios de evaluación de la reabsorción radicular y de utilizar métodos de diagnóstico avanzados como la CBCT también se perfila como una prioridad en la investigación futura (41,42).

9.5. Implicaciones clínicas y líneas futuras de investigación

Los resultados de esta revisión sistemática tienen importantes implicaciones clínicas en el campo de la ortodoncia. La evidencia sugiere que el tratamiento con alineadores transparentes (CA) podría ser la opción preferente en pacientes con riesgo aumentado de reabsorción radicular apical, como aquellos con raíces cortas preexistentes, antecedentes familiares de reabsorción o patologías periodontales. Además, los CA ofrecen ventajas en términos de confort y salud periodontal, factores que pueden mejorar la adherencia al tratamiento y, en consecuencia, los resultados clínicos. Sin embargo, la correcta selección del tipo de dispositivo debe basarse en una evaluación individualizada de cada caso, considerando también la gravedad de la maloclusión, la necesidad de movimientos complejos y la cooperación esperada del paciente (15,31,32).

En cuanto a la duración del tratamiento, aunque los CA han mostrado una ligera reducción del tiempo de tratamiento en casos simples, esta ventaja puede desaparecer o incluso revertirse en maloclusiones complejas o en pacientes con bajo cumplimiento. Por tanto, es esencial educar al paciente sobre la importancia del uso constante de los alineadores para alcanzar los objetivos terapéuticos en el tiempo estimado. De igual forma, se debe considerar que la planificación digital precisa y la supervisión clínica continua son aspectos clave para optimizar los resultados cuando se eligen CA (27,28).

De cara a futuras investigaciones, resulta prioritario realizar ensayos clínicos aleatorizados bien diseñados que comparen de manera directa los efectos de CA y FA sobre la reabsorción radicular, incorporando muestras homogéneas y evaluaciones estandarizadas mediante técnicas de imagen de alta resolución como la tomografía CBCT. Asimismo, sería interesante investigar el impacto de variables como el tipo de movimiento dental, la magnitud de las fuerzas aplicadas y la duración del tratamiento sobre la severidad de la reabsorción. También se debería explorar la percepción del paciente en relación con el confort, la estética y la calidad de vida durante el tratamiento ortodóncico, utilizando cuestionarios validados y estudios longitudinales a largo plazo (41,43).

10. CONCLUSIÓN

Conclusión principal

1. Los tratamientos ortodóncicos con alineadores transparentes (CA) se asociaron con una menor reabsorción radicular apical (RRA) en comparación con los tratamientos realizados con aparatos fijos convencionales (FA), lo que sugiere una mejor preservación de la integridad radicular con el uso de CA

Conclusiones secundarias

2. Los pacientes tratados con CA presentaron una menor incidencia de complicaciones clínicas, como dolor, inflamación gingival y sangrado, en comparación con aquellos tratados con FA, indicando una mejor tolerancia al tratamiento y un mejor mantenimiento de la salud periodontal.
3. La duración total del tratamiento fue ligeramente inferior en los pacientes tratados con CA en casos de maloclusiones leves a moderadas, aunque esta diferencia puede depender de factores como la cooperación del paciente y la complejidad del caso.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Närhi L, Mattila M, Tolvanen M, Pirttiniemi P, Silvola AS. The associations of dental aesthetics, oral health-related quality of life and satisfaction with aesthetics in an adult population. *Eur J Orthod.* 2023;45(3):287-94.
2. Klages U. Dental aesthetics, self-awareness, and oral health-related quality of life in young adults. *Eur J Orthod.* 1 oct 2004;26(5):507-14.
3. Bayan A, Yan Y. Orthodontic treatment with clear aligners between evolution and efficiency: a literature review. 2022
4. Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater.* 2023;22:384-403.
5. Liu F, Wang Y, Luopei D, Qu X, Liu L. Comparison of fixed braces and clear braces for malocclusion treatment. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):941.
6. Cárdenas Machuca HY, Granda Reyes HJ, Marchena Gómez XN, Sierra Carbajal LA, Soldevilla Galarza LC, Mattos-Vela MA. Aparatos ortodónticos fijos y el sistema de alineadores transparentes: una revisión comparativa. *Rev Científica Odontológica.* 2024;12(2):e198.
7. Pasha A, Vishwakarma S, Narayan A, Vinay K, Shetty SV, Roy PP. Comparison of Frictional Forces Generated by a New Ceramic Bracket with the Conventional Brackets using Unconventional and Conventional Ligation System and the Self-ligating Brackets: An In Vitro Study. *J Int Oral Health.*
8. Ke Y, Zhu Y, Zhu M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):24.
9. Jakavičė R, Kubiliūtė K, Smailienė D. Bracket Bond Failures: Incidence and Association with Different Risk Factors—A Retrospective Study. *Int J Environ Res Public Health.* 2023;20(5):4452.
10. Chaudhary V, Batra P, Sharma K, Raghavan S, Gandhi V, Srivastava A. A comparative assessment of transfer accuracy of two indirect bonding techniques in patients undergoing fixed mechanotherapy: A randomised clinical trial. *J Orthod.* 2021;48(1):13-23.
11. Heboyán A, Avetisyan A, Karobari MI, Marya A, Khurshid Z, Rokaya D, et al. Tooth root resorption: A review. *Sci Prog.* 2022;105(3):00368504221109217.
12. Yassir YA, McIntyre GT, Bearn DR. Orthodontic treatment and root resorption: an overview of systematic reviews. *Eur J Orthod.* 2021;43(4):442-56.
13. Villaman-Santacruz H, Torres-Rosas R, Acevedo-Mascarua A,

- Argueta-Figueroa L. Root resorption factors associated with orthodontic treatment with fixed appliances: A systematic review and meta-analysis. *Dent Med Probl.* 2022;59(3):437-50.
14. Fang X, Qi R, Liu C. Root resorption in orthodontic treatment with clear aligners: A systematic review and meta-analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2019;22(4):259-69.
 15. 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.* déc 2020;21(1):1.
 16. Butsabul P, Kanpittaya P, Nantanee R. Root resorption in clear aligner treatment detected by CBCT: a Systematic review and Meta-analysis. *Int Dent J.* 2024;74(6):1326-36.
 17. Almagrami I, Almashraqi AA, Almagrami BS, Mohamed AS, Wafaie K, Al-Balaa M, et al. A quantitative three-dimensional comparative study of alveolar bone changes and apical root resorption between clear aligners and fixed orthodontic appliances. *Prog Orthod.* 2023;24(1):6.
 18. Aman C, Azevedo B, Bednar E, Chandiramami S, German D, Nicholson E, et al. Apical root resorption during orthodontic treatment with clear aligners: A retrospective study using cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2018;153(6):842-51.
 19. Abbate GM, Caria MP, Montanari P, Mannu C, Orrù G, Caprioglio A, et al. Periodontal health in teenagers treated with removable aligners and fixed orthodontic appliances. *J Orofac Orthop Fortschritte Kieferorthopädie.* 2015;76(3):240-50.
 20. Medina EZP, Durán CL, Adriazola M. Alineadores Estéticos en Ortodoncia. Artículo de Revisión.
 21. Cabrera-Pazos GE, Guerrero-Alvarado DE. Efectos adversos periodontales del tratamiento ortodóntico con alineadores transparentes removibles versus aparatología fija convencional. *CIENCIAMATRIA.* 2023;9(1):824-41.
 22. Folco AA, Benítez-Rogé SC, Iglesias M, Calabrese D, Pelizardi C, Rosa A, et al. GINGIVAL RESPONSE IN ORTHODONTIC PATIENTS. COMPARATIVE STUDY BETWEEN SELF-LIGATING AND CONVENTIONAL BRACKETS. *Acta Odontol Latinoam.* 2014;27.
 23. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions:

- Explanation and Elaboration. PLoS Med. 2009;6(7):e1000100.
24. 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. 2021;22(7):763-8.
 25. Aref S, Ravuri P, Kubavat AK, Sowmya C, Nallamilli LVS, Bhanawat N, et al. Comparative Analysis of Braces and Aligners: Long-Term Orthodontic Outcomes. J Pharm Bioallied Sci. 2024;16(Suppl 3):S2385-7.
 26. Quinty O, Antonarakis GS, Kiliaridis S, Mavropoulos A. Factors Related to Bracket Bond Failure during Orthodontic Treatment: A Single-Centre Single-Operator Study. Dent J. 2024;12(10):300.
 27. Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. Angle Orthod. 2014;84(3):391-6.
 28. Kurnaz S, Buyukcavus MH. Panoramic evaluation of external root resorption in mandibular molars during orthodontic treatment: a comparison between root-filled and vital teeth treated with fixed appliances or clear aligners. BMC Oral Health. 2024;24(1):1152.
 29. Alam MK, Alruwaili SFH, Alessa MK, Alhamid AA, Albilasi SSM, Alanazi SA. Effects of Orthodontic Mechanics on Root Resorption: A Comparative Study. J Pharm Bioallied Sci. 2024;16(Suppl 1):S806-8.
 30. Al-Worafi NA, Zheng B, Al-Warafi LA, Alyafrusee ES, Alsomairi MAA, Liu Y. Impact of molar teeth distalization by clear aligners on maxillary alveolar bone thickness and root resorption: a three-dimensional study. BMC Oral Health. 2024;24(1):237.
 31. Ibrahim Emir Mertoglu , Demet Sahin , Elif Dilara Seker. Comparison of orthodontic adverse effects: braces versus clear aligners. J Clin Pediatr Dent. 2025;49(1):74.
 32. Shashikumar GM, Malthesh BS, Annamalaisamy S, Shantharam S, Kumar PK. Comparative Study of Periodontal Health in Patients with Fixed Braces Versus Clear Aligners. J Pharm Bioallied Sci. 2024.
 33. He X, Li X, Zhou X, Xia Y, Liu J, Mao L. Comparative evaluation of alveolar bone remodeling and root length changes in fixed appliances versus clear aligners: A retrospective cohort study on skeletal Class III malocclusion treatment. J World Fed Orthod. 2025;14(1):12-9.
 34. 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.

- 2017;87(1):3-10.
35. 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.* 2023;93(6):629-37.
 36. Butsabul P, Kanpittaya P, Nantanee R. Root resorption in clear aligner treatment detected by CBCT: a Systematic review and Meta-analysis. *Int Dent J.* 2024;74(6):1326-36.
 37. Zhang M, Zhang P, Koh JT, Oh MH, Cho JH. Evaluation of Aligners and Root Resorption: An Overview of Systematic Reviews. *J Clin Med.* 2024;13(7):1950.
 38. Singh S, Jain RK, Balasubramaniam A. Comparative assessment of external apical root resorption between subjects treated with clear aligners and fixed orthodontic appliances: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects.* 2024;18(2):85-94.
 39. Cardoso PC, Espinosa DG, Mecnas P, Flores-Mir C, Normando D. Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review. *Prog Orthod.* 2020;21(1):3.
 40. Alansari RA. Youth Perception of Different Orthodontic Appliances. Patient Prefer Adherence. 2020;Volume 14:1011-9.
 41. Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. *Eur J Orthod.* 2020;42(3):331-43.
 42. Gu S, Du X, Wang D, Yu Y, Guo S. Effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with heart failure: A systematic review and meta-analysis. Rashid AM, éditeur. *PLOS ONE.* 2023;18(8):e0290362.
 43. Jiang Q, Li J, Mei L, Du J, Levrini L, Abbate GM, et al. Periodontal health during orthodontic treatment with clear aligners and fixed appliances. *J Am Dent Assoc.* 2018;149(8):712-720.e12.

12. ANEXOS

Tabla 1: resumen de las búsquedas de cada una de las bases de datos consultadas.

Base de datos	Búsqueda	Número de artículos	Fecha
Pubmed	(((((((Orthodontics[MeSH Terms]) OR (Malocclusion[MeSH Terms])) OR (Tooth Movement[MeSH Terms])) OR (Orthodontic treatment[Title/Abstract])) OR (Dental movement[Title/Abstract])) AND (((((Orthodontic Appliances[MeSH Terms]) OR (Orthodontic Appliances, Removable[MeSH Terms])) OR (Clear aligners[Title/Abstract])) OR (Removable orthodontic appliances[Title/Abstract])) OR (Aligners in orthodontics[Title/Abstract])) AND (((((Orthodontic Brackets[MeSH Terms]) OR (Orthodontic Appliances, Fixed[MeSH Terms])) OR (Fixed appliances[Title/Abstract])) OR (Conventional braces[Title/Abstract])) OR (Brackets[Title/Abstract])) AND (((((Root Resorption[MeSH Terms]) OR (Tooth Root[MeSH Terms])) OR (Root resorption[Title/Abstract])) OR (Orthodontic-induced root resorption (OIRR[Title/Abstract])) OR (Root damage during orthodontic treatment[Title/Abstract])) OR (Impact root structure[Title/Abstract])) Filters: in the last 10 years, Full text, Humans, Adult: 19+ years	20	05/12/24
Scopus	(TITLE-ABS-KEY (("malocclusion" OR "orthodontics" OR "tooth movement" OR "orthodontic treatment" OR "dental movement")) AND TITLE-ABS-KEY (("orthodontic appliances" OR "orthodontic appliances, removable" OR "clear aligners" OR "removable orthodontic appliances" OR "aligners in orthodontics")) AND TITLE-ABS-KEY (("orthodontic brackets" OR "orthodontic appliances, fixed" OR "fixed appliances" OR "conventional braces" OR "brackets")) AND TITLE-ABS-KEY (("root resorption" OR "tooth root" OR "root resorption" OR "orthodontic-induced root resorption" OR "root damage during orthodontic treatment" OR "impact root structure"))) AND PUBYEAR > 2014 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "english") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "spanish")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD , "humans"))	64	26/12/24
Web of Science	((((TS=("Malocclusion" OR "Orthodontics" OR "Tooth Movement" OR "Orthodontic treatment" OR "Dental movement")) AND TS=("Orthodontic Appliances" OR "Orthodontic Appliances, Removable" OR "Clear aligners" OR "Removable orthodontic appliances" OR "Aligners in orthodontics")) AND TS=("Orthodontic Brackets" OR "Orthodontic Appliances, Fixed" OR "Fixed appliances" OR "Conventional braces" OR "Brackets")) AND TS=("Root Resorption" OR "Tooth Root" OR "Root resorption" OR "Orthodontic-induced root resorption" OR "Root damage during orthodontic treatment" OR "Impact root structure"))	37	04/01/25

Tabla 3: Características de los estudios revisados.

N.º	Autor (año)	Tipo de estudio	Muestra	Tipo de aparato	Método de evaluación	Resultado principal evaluado
1	Almagami et al. (2023)	Retrospectivo comparativo	40 (20 CA, 20 FA)	CA vs FA	CBCT tridimensional	Reabsorción radicular (RR)
2	Jyotirmay et al. (2021)	Observacional retrospectivo	110 (55 CA, 55 FA)	CA vs FA	CBCT	Remodelado óseo y RR
3	Li et al. (2020)	Transversal retrospectivo	70 (35 CA, 35 FA)	CA vs FA	CBCT y medidas lineales	Prevalencia y severidad de RR
4	Withayanukonkij et al. (2023)	Ensayo clínico aleatorizado	36 (18 CA, 18 FA+TADs)	CA vs FA + mini-tornillos	CBCT	Intrusión molar y RR
5	Iglesias-Linares et al. (2017)	Transversal analítico con factores genéticos	70 (35 CA, 35 FA)	CA vs FA	CBCT y variables genéticas	Factores genéticos asociados a RR
6	Al-Worafi et al. (2024)	Prospectivo	48 (24 CA, 24 FA)	CA vs FA	CBCT	Cambios radiculares post-tratamiento
7	Kurnaz y Büyükçavus (2024)	Retrospectivo comparativo	90 (45 CA, 45 FA)	CA vs FA	Radiografía panorámica	RR en molares con y sin endodoncia
8	He et al. (2025)	Estudio comparativo	60 (30 CA, 30 FA)	CA vs FA	CBCT	Cambios óseos y RR
9	Mertoglu et al. (2025)	Prospectivo	80 (40 CA, 40 FA)	CA vs FA	Cuestionarios + parámetros clínicos	Efectos adversos: dolor, RR, funcionalidad
10	Aref et al. (2024)	Retrospectivo		CA vs FA	Historial clínico y software ortodóncico	Duración del tratamiento y estabilidad
11	Alam et al. (2024)	Comparativo	40 (20 CA, 20 FA)	CA vs FA	Radiografías + software	Cambios morfológicos radiculares
12	Annamalaisamy et al. (2024)	Prospectivo comparativo	100 (50 CA, 50 FA)	CA vs FA	Parámetros clínicos periodontales	Salud periodontal y RR
13	Quinty et al. (2024)	Retrospectivo	197 (solo FA)	Solo FA	Análisis de tasa de descementado	Complicaciones técnicas (descementado)
14	Buschang et al. (2014)	Retrospectivo y prospectivo	300 (150 CA, 150 FA)	CA vs FA	Historial clínico + cronómetro	Eficiencia y duración del tratamiento

Tabla 7: Grado de reabsorción radicular

Artículo	Resultados clave	Comparación CA vs FA	Significancia estadística
Almagrami et al. (2023)	CA reduce más la RRA y pérdida ósea	Menor con CA	$p < 0.05$
Jyotirmay et al. (2021)	Diferencias significativas en RRA	Menor con CA	$p < 0.05$
Li et al. (2020)	Menor prevalencia de RRA moderada-severa	Menor con CA	$p < 0.05$
Withayanukonkij et al. (2023)	RRA en intrusión molar	CA: 0.27 mm vs FA+TAD: 0.59 mm	$p < 0.05$
Iglesias-Linares et al. (2017)	Sin diferencias significativas	Igual	NS
Al-Worafi et al. (2024)	RRA y pérdida ósea menor	Menor con CA	$p < 0.05$
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	RRA menor en molares inferiores	Menor con CA	$p < 0.001$
He et al. (2025)	RRA y pérdida ósea alveolar	Menor con CA	$p < 0.001$
Alam et al. (2024)	RRA media : CA: 0.12 mm vs FA: 0.35 mm	Menor con CA	$p < 0.05$

Tabla 8: Complicaciones asociadas a la reabsorción radicular

Estudio	Grupo comparado	Complicaciones evaluadas	Principales hallazgos	Significancia estadística
Withayanukonkij et al. (2023)	CA y FA	Dolor, incomodidad, irritación de tejidos blandos	Dolor y molestias significativamente menores en CA	p < 0.05
Al-Worafi et al. (2024)	CA y FA	Dolor, inflamación gingival	CA presenta menor inflamación gingival	p < 0.05
Mertoglu et al. (2025)	CA y FA	Dolor, sangrado gingival, alteración de la función masticatoria	CA genera menor sangrado gingival y dolor; FA mejora antes la función masticatoria	p < 0.01

Tabla 9: Duración del tratamiento

Estudio	Tipo de aparato	Duración CA (meses)	Duración FA (meses)	Diferencia observada	Significancia estadística
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	CA vs FA	15.4	23.5	CA reduce la duración en aproximadamente 8 meses	p < 0.001
Aref et al. (2024)	CA vs FA	18.0	24.0	CA reduce la duración en promedio 6 meses	p < 0.001
Buschang et al. (2014)	CA vs FA	11.5	17.0	CA reduce la duración en promedio 5.5 meses	p < 0.001

Declaración detallada de uso de IA:

En la elaboración del presente trabajo, se ha recurrido a herramientas de inteligencia artificial para guiar el procedimiento metodológico, correctamente ChatGPT 4o.

- Herramientas: Chat GPT 4o
- Funciones: Apoyo en la elaboración de un esquema para un artículo de revisión sistemática sobre el bullying desde las perspectivas de los estudiantes y sus familias, así como en la definición de los criterios de inclusión y exclusión, y en la creación de un diagrama de flujo conforme a las directrices PRISMA.
- Prompts: “¿Puedes ayudarme a elaborar un esquema para una revisión sistemática?”. “Ayúdame a estructurar los apartados clave de un artículo de revisión sistemática”. “¿Qué pasos debo seguir para completar una revisión sistemática de manera rigurosa?”

Guia PRISMA

Section and Topic	Item #	Checklist item	Location where item is reported
TITLE			
Title	1	Identify the report as a systematic review.	1
ABSTRACT			
Abstract	2	See the PRISMA 2020 for Abstracts checklist.	1-4
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of existing knowledge.	18-20
Objectives	4	Provide an explicit statement of the objective(s) or question(s) the review addresses.	22
METHODS			
Eligibility criteria	5	Specify the inclusion and exclusion criteria for the review and how studies were grouped for the syntheses.	25
Information sources	6	Specify all databases, registers, websites, organisations, reference lists and other sources searched or consulted to identify studies. Specify the date when each source was last searched or consulted.	26-27
Search strategy	7	Present the full search strategies for all databases, registers and websites, including any filters and limits used.	26-27
Selection process	8	Specify the methods used to decide whether a study met the inclusion criteria of the review, including how many reviewers screened each record and each report retrieved, whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	28-29
Data collection process	9	Specify the methods used to collect data from reports, including how many reviewers collected data from each report, whether they worked independently, any processes for obtaining or confirming data from study investigators, and if applicable, details of automation tools used in the process.	28-29
Data items	10a	List and define all outcomes for which data were sought. Specify whether all results that were compatible with each outcome domain in each study were sought (e.g. for all measures, time points, analyses), and if not, the methods used to decide which results to collect.	29
	10b	List and define all other variables for which data were sought (e.g. participant and intervention characteristics, funding sources). Describe any assumptions made about any missing or unclear information.	29-30
Study risk of bias assessment	11	Specify the methods used to assess risk of bias in the included studies, including details of the tool(s) used, how many reviewers assessed each study and whether they worked independently, and if applicable, details of automation tools used in the process.	29

Effect measures	12	Specify for each outcome the effect measure(s) (e.g. risk ratio, mean difference) used in the synthesis or presentation of results.	29-31
Synthesis methods	13a	Describe the processes used to decide which studies were eligible for each synthesis (e.g. tabulating the study intervention characteristics and comparing against the planned groups for each synthesis (item #5)).	29-30
	13b	Describe any methods required to prepare the data for presentation or synthesis, such as handling of missing summary statistics, or data conversions.	30
	13c	Describe any methods used to tabulate or visually display results of individual studies and syntheses.	35-37
	13d	Describe any methods used to synthesize results and provide a rationale for the choice(s). If meta-analysis was performed, describe the model(s), method(s) to identify the presence and extent of statistical heterogeneity, and software package(s) used.	29-30
	13e	Describe any methods used to explore possible causes of heterogeneity among study results (e.g. subgroup analysis, meta-regression).	
	13f	Describe any sensitivity analyses conducted to assess robustness of the synthesized results.	
Reporting bias assessment	14	Describe any methods used to assess risk of bias due to missing results in a synthesis (arising from reporting biases).	
Certainty assessment	15	Describe any methods used to assess certainty (or confidence) in the body of evidence for an outcome.	
RESULTS			
Study selection	16a	Describe the results of the search and selection process, from the number of records identified in the search to the number of studies included in the review, ideally using a flow diagram.	33
	16b	Cite studies that might appear to meet the inclusion criteria, but which were excluded, and explain why they were excluded.	34-35
Study characteristics	17	Cite each included study and present its characteristics.	37
Risk of bias in studies	18	Present assessments of risk of bias for each included study.	38-40
Results of individual studies	19	For all outcomes, present, for each study: (a) summary statistics for each group (where appropriate) and (b) an effect estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval), ideally using structured tables or plots.	40-46
Results of syntheses	20a	For each synthesis, briefly summarise the characteristics and risk of bias among contributing studies.	35-39
	20b	Present results of all statistical syntheses conducted. If meta-analysis was done, present for each the summary estimate and its precision (e.g. confidence/credible interval) and measures of statistical heterogeneity. If comparing groups, describe the direction of the effect.	40-46
	20c	Present results of all investigations of possible causes of heterogeneity among study results.	

	20d	Present results of all sensitivity analyses conducted to assess the robustness of the synthesized results.	
Reporting biases	21	Present assessments of risk of bias due to missing results (arising from reporting biases) for each synthesis assessed.	
Certainty of evidence	22	Present assessments of certainty (or confidence) in the body of evidence for each outcome assessed.	
DISCUSSION			
Discussion	23a	Provide a general interpretation of the results in the context of other evidence.	47
	23b	Discuss any limitations of the evidence included in the review.	50-51
	23c	Discuss any limitations of the review processes used.	50-51
	23d	Discuss implications of the results for practice, policy, and future research.	51
OTHER INFORMATION			
Registration and protocol	24a	Provide registration information for the review, including register name and registration number, or state that the review was not registered.	
	24b	Indicate where the review protocol can be accessed, or state that a protocol was not prepared.	
	24c	Describe and explain any amendments to information provided at registration or in the protocol.	
Support	25	Describe sources of financial or non-financial support for the review, and the role of the funders or sponsors in the review.	
Competing interests	26	Declare any competing interests of review authors.	
Availability of data, code and other materials	27	Report which of the following are publicly available and where they can be found: template data collection forms; data extracted from included studies; data used for all analyses; analytic code; any other materials used in the review.	

**COMPARISON OF ROOT RESORPTION INDUCED BY ORTHODONTIC
TREATMENT WITH CLEAR ALIGNERS VERSUS CONVENTIONAL BRACKETS: A
SYSTEMATIC REVIEW CONVENTIONAL BRACKETS: SYSTEMATIC REVIEW**

Running title: Root Resorption with Clear Aligners vs. Brackets

Authors:

Alexandre Monteil(1), Natalia Lees Ochando(2)

(1) 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

(2) Doctor in Dentistry, Professor at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

Corresponding and reprints author

Dra. Natalia Lees Ochando

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

natalia.lees@universidadeuropea.es

Abstract

Introduction: Orthodontically induced root resorption (OIRR) is a frequent complication that may compromise the long-term stability of treated teeth. The emergence of clear aligners (CA) as an alternative to conventional fixed appliances (FA) raises questions about their relative impact on this phenomenon.

Aims: To evaluate the degree of root resorption induced by orthodontic treatment with clear aligners compared to conventional brackets in patients undergoing orthodontic therapy; as well the complications associated and the total duration of treatment between the two techniques.

Material and methods: An electronic systematic search was conducted in PubMed, Scopus, and Web of Science databases. Out of 180 potentially eligible articles, 14 met the inclusion criteria. Included studies were prospective and retrospective observational studies, as well as one randomized clinical trial. Methodological quality was assessed using the Newcastle-Ottawa Scale and the Cochrane RoB 2.0 tool.

Results: Treatments with CA were associated with lower mean root resorption (0.12–0.27 mm) compared to FA (0.35–0.59 mm). The prevalence of moderate to severe root resorption was significantly lower in patients treated with CA (8.4% vs 30.7%). Additionally, patients treated with CA reported lower levels of pain, gingival bleeding, and periodontal complications. Total treatment duration was also shorter with CA, with an average reduction between 5 and 8 months compared to FA.

Discussion: Clear aligners appear to induce less root resorption and present a more favorable complication profile compared to conventional brackets, particularly in cases of mild to moderate malocclusions. However, appliance selection should always be based on an individualized assessment of each patient.

Key words: *Root resorption, Orthodontic treatment, Clear aligners, Fixed appliances, Orthodontic complications, Treatment duration*

Introduction

Dental aesthetics play a fundamental role in the perception of personal well-being, self-esteem, and social acceptance. A harmonious smile is commonly associated with health, youth, and success, which has led to an increased demand for aesthetic orthodontic treatments (1,2,3). This interest has grown particularly among adolescents and young adults, who increasingly value discreet and comfortable treatment options (4,5).

Traditionally, orthodontic treatment was performed using metal brackets, which are effective but not very aesthetic. Over time, aesthetic brackets (ceramic, resin, or sapphire) were introduced to improve appearance, although they offer lower resistance (6,7). More recently, clear aligners, made from thermoplastic materials and digitally designed, have revolutionized orthodontics by offering removable, comfortable, and nearly invisible treatments (4,5,6).

However, each system has its own advantages and specific indications. Aligners allow for better oral hygiene, cause less soft tissue irritation, and are highly accepted for aesthetic reasons, but they require strong patient compliance and have limitations in controlling certain dental movements such as torque or complex rotations (5,6). On the other hand, conventional orthodontics offers greater precision in the three-dimensional control of tooth movement and is often preferred in more complex cases (6,7,8).

One of the most relevant adverse effects of any orthodontic treatment is external root resorption (ERR), which involves the loss of dental root structure due to prolonged mechanical forces (9,10). Although its etiology is multifactorial, the type of appliance is believed to significantly influence its occurrence and severity. Some studies suggest that aligners, due to their lighter and intermittent forces, may cause less ERR compared to conventional brackets, which apply stronger and continuous forces (11,12).

Given the growing use of aligners in clinical practice, especially in adults, it is essential to compare their effect on ERR with that of conventional brackets. Therefore, this study aims to analyze and compare the root resorption induced by both types of orthodontic treatment, in order to provide an evidence-based guide for clinical decision-making.

Material and methods

This systematic review complies with the PRISMA statement (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (13).

- Focus question:

The focus question was established according to the PICO structured question:

- **P** (Population): Adult patients undergoing orthodontic treatment (+18 years).
- **I** (Intervention): Treatment with transparent aligners.
- **C** (Comparison): Treatment with conventional brackets (metallic or aesthetic)
- **O** (Outcomes):
 - **O1**: Degree of root resorption induced by the treatment.
 - **O2**: Adverse effects and complications related to each type of treatment.
 - **O3**: Total duration of orthodontic treatment between the two techniques.

- Eligibility criteria:

The inclusion criteria were:

- Study design: Randomised controlled clinical trials, prospective and retrospective cohort studies, and case series; Studies on human individuals; Publications in English and Spanish; Published until 2025.
- Patient: Adult patients undergoing orthodontic treatment.
- Intervention: Orthodontic treatment with clear aligners or conventional brackets (metal or aesthetic).
- Outcomes: Studies that will provide data related to the degree of root resorption induced by the treatment as the main variable. And as secondary variables: treatment-related complications, adverse effects (e.g. discomfort, periodontal complications) and the total duration of treatment.

Exclusion criteria were: reviews, case reports, letters to the editor, expert opinions, in vitro and animal experimental studies, as well as studies involving patients with systemic conditions affecting bone or teeth (e.g. osteoporosis, severe periodontal disease). We also excluded studies that focused on treatments other than clear aligners or conventional brackets, such as surgical treatments, dental implants, prosthodontic treatments or treatments involving other orthodontic devices not specified in the inclusion criteria. In addition, studies that did not report on root resorption, complications or other relevant orthodontic outcomes were excluded. Articles that are more than 10 years old have been discarded.

- **Information sources and data search:**

An automatized electronic and manual literature searches were conducted in three major electronic databases (PubMed, Scopus and Web of Science) with the following keywords: "Orthodontic patients", "orthodontic treatment", "malocclusion correction", "dental movement", "transparent aligners", "clear aligners", "Invisalign", "removable orthodontic appliances", "fixed appliances", "conventional braces", "metallic brackets", "ceramic brackets", "root resorption", "orthodontic-induced root resorption (OIRR)", "orthodontic outcomes", "root damage during orthodontic treatment", "impact on root structure".

The keywords were combined with Boolean operators AND, OR, and NOT, as well as controlled terms (MeSH for PubMed), to obtain the best and broadest search results related to the comparison of root resorption induced by transparent aligners and conventional brackets.

The following search strategy in Pubmed was carried out: (((((((Orthodontics[MeSH Terms]) OR (Malocclusion[MeSH Terms])) OR (Tooth Movement[MeSH Terms])) OR (Orthodontic treatment[Title/Abstract])) OR (Dental movement[Title/Abstract])) AND ((((((Orthodontic Appliances[MeSH Terms]) OR (Orthodontic Appliances, Removable[MeSH Terms])) OR (Clear aligners[Title/Abstract])) OR (Removable orthodontic appliances[Title/Abstract])) OR (Aligners in orthodontics[Title/Abstract])))) AND ((((((Orthodontic Brackets[MeSH Terms]) OR (Orthodontic Appliances, Fixed[MeSH Terms])) OR (Fixed appliances[Title/Abstract])) OR (Conventional braces[Title/Abstract])) OR (Brackets[Title/Abstract])))) AND (((((((Root Resorption[MeSH Terms]) OR (Tooth Root[MeSH Terms])) OR (Root resorption[Title/Abstract])) OR (Orthodontic-induced root resorption (OIRR[Title/Abstract])) OR (Root damage during orthodontic treatment[Title/Abstract])) OR (Impact root structure[Title/Abstract])))) Filters: in the last 10 years, Full text, Humans, Adult : 19+ years

- **Search strategy:**

A three-stage selection process was carried out. In the first stage, titles were filtered to eliminate irrelevant publications. In the second stage, abstracts were screened, and studies were selected based on the study type, type of orthodontic treatment (transparent aligners or conventional brackets), number of patients, and outcome variables (root resorption, complications, etc.). In the third stage, full texts were evaluated, and data extraction was performed using a pre-prepared data collection form to confirm the eligibility of the studies.

- **Extraction data:**

The following information was extracted from the studies and organised into tables according to the type of orthodontic treatment (clear aligners or conventional brackets): authors with year of publication, type of study (randomised controlled, prospective, retrospective, case series), number of patients, location of treatment (upper, lower arch or both), degree of root resorption (in millimetres and/or percentage), follow-up time of orthodontic treatment (in months), use of auxiliary devices (yes, no and, if yes, type of device), complications associated with treatment (number, type of complication and its evolution or treatment), total treatment time (months), and average associated root loss (in millimetres).

- **Quality and risk of bias assessment:**

For the evaluation of the quality of randomized controlled clinical studies, the Cochrane 5.1.0 guide was used (<http://handbook.cochrane.org>). Publications were classified as “low risk of bias” if they met all the established methodological criteria, “high risk of bias” if they did not meet one or more criteria, suggesting that the study could present bias affecting the reliability of the results, and “uncertain bias” if there was missing information or uncertainty about the potential for bias.

For the evaluation of the quality of non-randomized observational studies, the Newcastle-Ottawa scale was used, considering “low risk of bias” for studies with a score higher than 6 stars, and “high risk of bias” for those with a score of 6 or less.

- **Data synthesis:**

After the final selection of the studies, a qualitative synthesis of the data obtained was carried out in order to compare the degree of root resorption induced by orthodontic treatment with clear aligners and conventional brackets, as well as to evaluate the associated complications and the duration of treatment.

Results

- **Study selection:**

A total of 180 articles were obtained from the initial search process: Medline - PubMed (n=76), SCOPUS (n=70), and the Web of Science (n=33). Additionally, 1 study was obtained through manual search (reference lists and primary sources). From these publications, 31 were identified as potentially eligible articles through title and abstract screening. The full-text articles were subsequently obtained and thoroughly evaluated.

As a result, 14 articles met the inclusion criteria and were included in this systematic review (Fig. 1).

- Study characteristics:

The included studies show significant methodological diversity, providing a broad and representative overview of current literature on orthodontic-induced root resorption comparing clear aligners (CA) and fixed appliances (FA). The review comprised 7 retrospective studies (14, 15–20), 4 prospective studies (21–24), 2 cross-sectional studies (25, 26), and 1 randomized clinical trial (27). Although retrospective designs dominate the presence of prospective and randomized studies adds strength and validity to the overall findings.

Sample sizes ranged from 36 (27) to 300 patients (18). Except for one study focused solely on FA (17), all studies involved direct comparisons between CA and FA, generally with balanced treatment groups, enhancing the internal validity of the analyses.

Regarding diagnostic tools for evaluating root resorption, nine studies used cone-beam computed tomography (CBCT), the gold standard for its 3D resolution (14, 15, 20, 21, 23, 24–27). Others used panoramic or periapical radiographs (19), analysis software (20), or combined clinical records with digital tools (16, 18). One study also included clinical questionnaires and functional parameters as complementary assessment tools (22).

Five studies addressed complications beyond root resorption, including periodontal issues such as inflammation and bleeding (21–23), clinical discomfort (27), and technical problems like bracket debonding (17). This broader perspective helps contextualize root resorption within a more comprehensive clinical framework that also considers patient tolerance, safety, and treatment experience (Table 1).

- Risk of bias:

To assess the methodological quality of the included studies, specific tools were applied based on study design: the Cochrane Risk of Bias Tool (RoB 2.0) for randomized clinical trials, and the Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for observational studies with or without a control group.

Only one randomized clinical trial was included, which was rated as having a low risk of bias across all assessed domains (Fig. 2). Among the observational studies with control groups, two were considered low risk and one moderate risk according to the

NOS (Fig. 3). For cohort studies, five showed a low risk of bias, while five were rated as having moderate or moderately low risk (Fig. 4).

Overall, the methodological assessment indicates a generally reliable level of evidence in most of the included studies. However, the most common limitations were related to group comparability and the lack of blinding in outcome measurement, which could introduce detection bias into clinical results.

- Synthesis of results:

Degree of root resorption induced by orthodontic treatment:

Studies using cone-beam computed tomography (CBCT) showed that patients treated with clear aligners (CA) experienced significantly less root resorption (ARR) than those treated with fixed appliances (FA), with average values of 0.12–0.13 mm for CA versus up to 1.12 mm for FA. The prevalence of ARR was also lower with CA (56.3%) compared to FA (82.1%) (20,25).

FA most commonly affected upper lateral incisors and canines, while CA showed minimal or even negative changes in some teeth, likely due to bone remodeling (20,25). Mild resorption (grade 1) was more frequent in CA (89.3%) than FA (58.6%), while moderate to severe resorption (grades 2–3) was significantly higher in FA (30.7%) than CA (8.4%) (15).

In complex cases like molar intrusion or distalization, CA provided better control with lower resorption values and less bone loss, all statistically significant (21,27). Additionally, CA-treated patients showed lower ARR in lower molars and shorter treatment times (19,24).

One study found no significant difference between CA and FA, possibly due to its cross-sectional design and genetic focus (26) (Table2).

Treatment-Associated Complications:

Patients treated with clear aligners (CA) reported significantly less pain, soft tissue irritation, and overall discomfort during molar intrusion compared to those with fixed appliances (FA), according to a randomized clinical trial using visual analog scales ($p < 0.05$) (27).

Several studies assessed gingival inflammation, finding lower levels in CA users, likely due to improved oral hygiene with removable devices (21,23). One prospective study confirmed significantly better periodontal parameters in the CA group, including lower plaque index, reduced gingival inflammation, and shallower probing depths ($p < 0.05$) (23).

Regarding gingival bleeding and masticatory function, CA users experienced less bleeding (12.4% vs. 26.8% for FA, $p < 0.01$) and fewer chewing-related complaints. However, FA provided quicker improvements in chewing efficiency within the first 3 months (22). Despite this, CA was associated with higher overall comfort and patient tolerance.

Technically, a retrospective study on FA reported a 4.4% debonding rate, particularly affecting molars (45.9%) and premolars (26.2%), attributed to occlusal forces, bonding errors, and masticatory stress. These issues can delay treatment and require additional appointments (17) (Table 3).

Total Orthodontic Treatment Duration:

Clear aligners (CA) were consistently associated with shorter treatment times compared to fixed appliances (FA) across multiple studies. A retrospective study focusing on lower molar treatments found that treatment lasted an average of 15.4 months with CA versus 23.5 months with FA, a difference of 8.1 months favoring aligners ($p < 0.001$), which was also linked to a lower incidence of root resorption in the CA group (19).

Another long-term retrospective analysis reported an average treatment duration of 18 ± 3 months with CA compared to 24 ± 4 months with FA, a statistically significant 6-month difference ($p < 0.001$), attributed to improved digital planning and greater predictability of tooth movements with aligners (16).

Finally, a matched study combining retrospective and prospective data, conducted by a single orthodontist and excluding extraction cases, revealed a treatment duration of 11.5 months with CA versus 17.0 months with FA ($p < 0.001$). The use of digital tools to calculate exact treatment duration underscored the efficiency of aligners, especially in non-extraction cases (18) (Table 4).

Discussion

Degree of root resorption induced by orthodontic treatment:

This systematic review indicates that orthodontic treatments with clear aligners (CA) are associated with significantly less apical root resorption (ARR) compared to conventional fixed appliances (FA), both in terms of magnitude and incidence (15,20,25). The reduced ARR observed with CA is likely due to the application of lighter, more continuous, and controlled orthodontic forces, along with personalized digital planning that allows for more predictable and segmented tooth movements. This

minimizes unwanted forces such as excessive intrusion or extrusion, which are known contributors to ARR (21,27).

Although CA does not completely eliminate root resorption, it significantly reduces its severity. Previous studies have shown that even with aligners, a measurable reduction in root length can occur, particularly in upper and lower incisors (28,29).

These findings are consistent with recent literature, including a meta-analysis that confirmed significantly lower ARR in upper and lower central incisors treated with CA compared to FA (30). While the risk of ARR cannot be entirely avoided, current evidence supports the use of aligners as a more conservative option, particularly in patients with predisposing risk factors or in anatomically vulnerable teeth like the incisors (14,24).

Treatment-Associated Complications:

The presence of complications during orthodontic treatment is a key factor influencing patient satisfaction and quality of life. The reviewed studies showed that patients treated with clear aligners (CA) experienced significantly less pain, discomfort, and irritation compared to those treated with conventional fixed appliances (FA), likely due to the absence of metal brackets and wires that can irritate soft tissues (21,22,27).

Additionally, CA treatment was consistently associated with better periodontal health. Patients showed lower gingival inflammation, reduced plaque accumulation, and less gingival bleeding, likely because aligners can be removed for more effective oral hygiene. This trend was confirmed across multiple studies, highlighting the potential periodontal advantages of aligners during orthodontic therapy (21–23).

Conversely, fixed appliances were linked to more frequent technical complications, such as bracket debonding, with an overall rate of 4.4%, especially affecting molars and premolars. These issues can prolong treatment time and increase the risk of soft tissue injury and root resorption due to uncontrolled forces (17).

Patients using CA also reported less pain during early treatment phases, likely due to the application of lighter, continuous forces. Comfort has been identified as a major reason why many adults and adolescents choose aligners, often due to their aesthetic appeal and greater treatment tolerability (31,32).

In conclusion, clear aligners are associated with fewer and less severe clinical and technical complications than conventional fixed appliances, offering significant advantages in patient comfort and periodontal health throughout orthodontic treatment.

Total Orthodontic Treatment Duration:

The total duration of orthodontic treatment is a key factor in patient acceptance and clinical planning. This systematic review indicates that treatments with clear aligners (CA) tend to be shorter than those with conventional fixed appliances (FA), particularly in cases of mild to moderate malocclusion. On average, treatment duration was reduced by 5 to 8 months in favor of aligners, representing a clinically significant time difference (16,18,19).

Several factors may explain this difference. The digital planning inherent to CA treatment enables more controlled and predictable tooth movements, optimizing each treatment phase. Furthermore, the absence of common mechanical complications associated with FA, such as bracket debonding or archwire breakage, contributes to greater treatment efficiency with aligners. However, patient compliance plays a crucial role, as insufficient wear of aligners can significantly prolong treatment time (17,22).

Recent literature supports these findings to some extent, suggesting that CA treatments may be faster than FA in selected cases. However, this advantage largely depends on the type of tooth movement required and the patient's level of cooperation. In more complex malocclusions, conventional fixed appliances still demonstrate greater efficiency in controlling tooth movement and achieving optimal treatment timing (33,34). In conclusion, while clear aligners may reduce treatment duration compared to fixed appliances in specific cases, the choice of orthodontic system should be individualized based on malocclusion severity, required tooth movements, and expected patient compliance.

References

- (1) Närhi L, Mattila M, Tolvanen M, Pirttiniemi P, Silvola AS. The associations of dental aesthetics, oral health-related quality of life and satisfaction with aesthetics in an adult population. *Eur J Orthod.* 2023;45(3):287-94.
- (2) Klages U. Dental aesthetics, self-awareness, and oral health-related quality of life in young adults. *Eur J Orthod.* 2004;26(5):507-14.
- (3) Liu F, Wang Y, Luo D, Qu X, Liu L. Comparison of fixed braces and clear braces for malocclusion treatment. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):941.
- (4) Bayan A, Yan Y. Orthodontic treatment with clear aligners between evolution and efficiency: a literature review. 2022;
- (5) Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater.* 2023;22:384-403.
- (6) Cárdenas Machuca HY, Granda Reyes HJ, Marchena Gómez XN, Sierra Carbajal LA, Soldevilla Galarza LC, Mattos-Vela MA. Aparatos ortodónticos fijos y el sistema

de alineadores transparentes: una revisión comparativa. *Rev Científica Odontológica*. 2024;12(2):e198.

- (7) Pasha A, Vishwakarma S, Narayan A, Vinay K, Shetty SV, Roy PP. Comparison of Frictional Forces Generated by a New Ceramic Bracket with the Conventional Brackets using Unconventional and Conventional Ligation System and the Self-ligating Brackets: An In Vitro Study. *J Int Oral Health*.
- (8) Ke Y, Zhu Y, Zhu M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health*. 2019;19(1):24.
- (9) Jakavičė R, Kubiliūtė K, Smailienė D. Bracket Bond Failures: Incidence and Association with Different Risk Factors—A Retrospective Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(5):4452.
- (10) Chaudhary V, Batra P, Sharma K, Raghavan S, Gandhi V, Srivastava A. A comparative assessment of transfer accuracy of two indirect bonding techniques in patients undergoing fixed mechanotherapy: A randomised clinical trial. *J Orthod*. 2021;48(1):13-23.
- (11) Yassir YA, McIntyre GT, Bearn DR. Orthodontic treatment and root resorption: an overview of systematic reviews. *Eur J Orthod*. 2021;43(4):442-56.
- (12) Villaman-Santacruz H, Torres-Rosas R, Acevedo-Mascarua A, Argueta-Figueroa L. Root resorption factors associated with orthodontic treatment with fixed appliances: A systematic review and meta-analysis. *Dent Med Probl*. 2022;59(3):437-50.
- (13) Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000100.
- (14) Almagrabi I, Almashraqi AA, Almagrabi BS, Mohamed AS, Wafaie K, Al-Balaa M, et al. A quantitative three-dimensional comparative study of alveolar bone changes and apical root resorption between clear aligners and fixed orthodontic appliances. *Prog Orthod*. 2023;24(1):6.
- (15) 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*. 2021;22(7):763-8.
- (16) Aref S, Ravuri P, Kubavat AK, Sowmya C, Nallamilli LVS, Bhanawat N, et al. Comparative Analysis of Braces and Aligners: Long-Term Orthodontic Outcomes. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024;16(Suppl 3):S2385-7.
- (17) Quinty O, Antonarakis GS, Kiliaridis S, Mavropoulos A. Factors Related to Bracket Bond Failure during Orthodontic Treatment: A Single-Centre Single-Operator Study. *Dent J*. 2024;12(10):300.
- (18) Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod*. 2014;84(3):391-6.
- (19) Kurnaz S, Buyukcavus MH. Panoramic evaluation of external root resorption in mandibular molars during orthodontic treatment: a comparison between root-filled

- and vital teeth treated with fixed appliances or clear aligners. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):1152.
- (20) Alam MK, Alruwaili SFH, Alessa MK, Alhamid AA, Albilasi SSM, Alanazi SA. Effects of Orthodontic Mechanics on Root Resorption: A Comparative Study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024;16(Suppl 1):S806-8.
- (21) Al-Worafi NA, Zheng B, Al-Warafi LA, Alyafrusee ES, Alsomairi MAA, Liu Y. Impact of molar teeth distalization by clear aligners on maxillary alveolar bone thickness and root resorption: a three-dimensional study. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):237.
- (22) Ibrahim Emir Mertoglu , Demet Sahin , Elif Dilara Seker. Comparison of orthodontic adverse effects: braces versus clear aligners. *J Clin Pediatr Dent*. 2025;49(1):74.
- (23) Shashikumar GM, Malthesh BS, Annamalaisamy S, Shantharam S, Kumar PK. Comparative Study of Periodontal Health in Patients with Fixed Braces Versus Clear Aligners. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024 [
- (24) He X, Li X, Zhou X, Xia Y, Liu J, Mao L. Comparative evaluation of alveolar bone remodeling and root length changes in fixed appliances versus clear aligners: A retrospective cohort study on skeletal Class III malocclusion treatment. *J World Fed Orthod*. 2025;14(1):12-9.
- (25) 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*. 2020;21(1):1.
- (26) 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*. 2017;87(1):3-10.
- (27) 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*. 2023;93(6):629-37.
- (28) Butsabul P, Kanpittaya P, Nantanee R. Root resorption in clear aligner treatment detected by CBCT: a Systematic review and Meta-analysis. *Int Dent J. déc* 2024;74(6):1326-36.
- (29) Zhang M, Zhang P, Koh JT, Oh MH, Cho JH. Evaluation of Aligners and Root Resorption: An Overview of Systematic Reviews. *J Clin Med*. 2024;13(7):1950.
- (30) Singh S, Jain RK, Balasubramaniam A. Comparative assessment of external apical root resorption between subjects treated with clear aligners and fixed orthodontic appliances: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2024;18(2):85-94.
- (31) Cardoso PC, Espinosa DG, Mecnas P, Flores-Mir C, Normando D. Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review. *Prog Orthod*. 2020;21(1):3.
- (32) Alansari RA. Youth Perception of Different Orthodontic Appliances. *Patient Prefer Adherence*. 2020;Volume 14:1011-9.
- (33) Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome

with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. *Eur J Orthod.* 2020;42(3):331-43.

- (34) Gu S, Du X, Wang D, Yu Y, Guo S. Effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with heart failure: A systematic review and meta-analysis. *Rashid AM, éditeur.* 2023;18(8):e0290362.

Table 1: Characteristics of the included studies

N. o	Author (Year)	Study Type	Sample	Appliance Type	Evaluation Method	Main Outcome Evaluated
1	Almagrami et al. (2023)	Retrospective comparative	40 (20 CA, 20 FA)	CA vs FA	3D CBCT	Root resorption (RR)
2	Jyotirmay et al. (2021)	Retrospective observational	110 (55 CA, 55 FA)	CA vs FA	CBCT	Bone remodeling and RR
3	Li et al. (2020)	Cross-sectional retrospective	70 (35 CA, 35 FA)	CA vs FA	CBCT and linear measurements	Prevalence and severity of RR
4	Withayanukonkij et al. (2023)	Randomized clinical trial	36 (18 CA, 18 FA+TADs)	CA vs FA + mini-screws	CBCT	Molar intrusion and RR
5	Iglesias-Linares et al. (2017)	Cross-sectional analytical (genetic)	70 (35 CA, 35 FA)	CA vs FA	CBCT and genetic variables	Genetic factors associated with RR
6	Al-Worafi et al. (2024)	Prospective	48 (24 CA, 24 FA)	CA vs FA	CBCT	Post-treatment root changes
7	Kurnaz y Büyükcavus (2024)	Retrospective comparative	90 (45 CA, 45 FA)	CA vs FA	Panoramic radiograph	RR in molars with and without endodontic treatment
8	He et al. (2025)	Comparative study	60 (30 CA, 30 FA)	CA vs FA	CBCT	Bone changes and RR
9	Mertoglu et al. (2025)	Prospective	80 (40 CA, 40 FA)	CA vs FA	Questionnaires + clinical parameters	Adverse effects: pain, RR, functionality
10	Aref et al. (2024)	Retrospective		CA vs FA	Clinical history + orthodontic software	Treatment duration and stability
11	Alam et al. (2024)	Comparative	40 (20 CA, 20 FA)	CA vs FA	X-rays + software	Root morphological changes
12	Annamalaisamy et al. (2024)	Prospective comparative	100 (50 CA, 50 FA)	CA vs FA	Periodontal clinical parameter	Periodontal health and RR
13	Quinty et al. (2024)	Retrospective	197 (solo FA)	FA only	Debonding rate analysis	Technical complications (debonding)
14	Buschang et al. (2014)	Retrospective and prospective	300 (150 CA, 150 FA)	CA vs FA	Clinical history + stopwatch	Efficiency and treatment duration

Table 2: Degree of root resorption

Article	Key Findings	CA vs FA Comparison	Statistical Significance	Comments
Almagami et al. (2023)	Greater reduction in RR and bone loss with CA	Lower with CA	$p < 0.05$	Also less alveolar bone loss
Jyotirmay et al. (2021)	Significant differences in RR	Lower with CA	$p < 0.05$	Anterior teeth more affected
Li et al. (2020)	Lower prevalence of moderate-severe RR	Lower with CA	$p < 0.05$	CA reduces severe RR in comparison
Withayanukonkij et al. (2023)	RR in molar intrusion	CA: 0.27 mm vs FA+TAD: 0.59 mm	$p < 0.05$	More pain reported in FA+TAD group
Iglesias-Linares et al. (2017)	No significant differences	Similar	NS	Genetic factors were predominant
Al-Worafi et al. (2024)	Less RR and bone loss with CA	Lower with CA	$p < 0.05$	Evaluated during molar distalization
Kurnaz Büyükçavus (2024)	Lower RR in lower molars	Lower with CA	$p < 0.001$	Shorter treatment duration with CA
He et al. (2025)	RR and alveolar bone loss	Lower with CA	$p < 0.001$	Included marginal bone evaluation
Alam et al. (2024)	Mean RR: CA: 0.12 mm vs FA: 0.35 mm	Lower with CA	$p < 0.05$	Also included self-ligating FA

Table 3: Complications associated with root resorption

Study	Compared Groups	Evaluated Complications	Main Findings	Statistical Significance
Withayanukonkij et al. (2023)	CA and FA	Pain, discomfort, soft tissue irritation	Significantly lower pain and discomfort in CA group	$p < 0.05$
Al-Worafi et al. (2024)	CA and FA	Pain, gingival inflammation	CA group showed less gingival inflammation	$p < 0.05$
Mertoglu et al. (2025)	CA and FA	Pain, gingival bleeding, masticatory dysfunction	CA group had less gingival bleeding and pain; FA improved function earlier	$p < 0.01$
Annamalaisamy et al. (2023)	CA and FA	Plaque index, gingival inflammation, probing depth	CA associated with less plaque and inflammation compared to FA	$p < 0.05$
Quinty et al. (2024)	FA only	Bracket debonding, risk factors	Overall debonding rate of 4.4%; mostly in molars and premolars	$p < 0.05$

Table 4: Duration of treatment

Estudio	Tipo de aparato	Duration CA (months)	Duration FA (months)	Observed Difference	Statistical Significance	Comments
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	CA vs FA	15.4	23.5	CA reduces duration by approximately 8 months	$p < 0.001$	Duration evaluated in lower molars
Aref et al. (2024)	CA vs FA	18.0	24.0	CA reduces average duration by 6 months	$p < 0.001$	Evaluation in adolescents with long-term follow-up
Buschang et al. (2014)	CA vs FA	11.5	17.0	CA reduces average duration by 5.5 months	$p < 0.001$	Matched sample, single orthodontist; cases with extractions excluded

Fig. 1: PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review

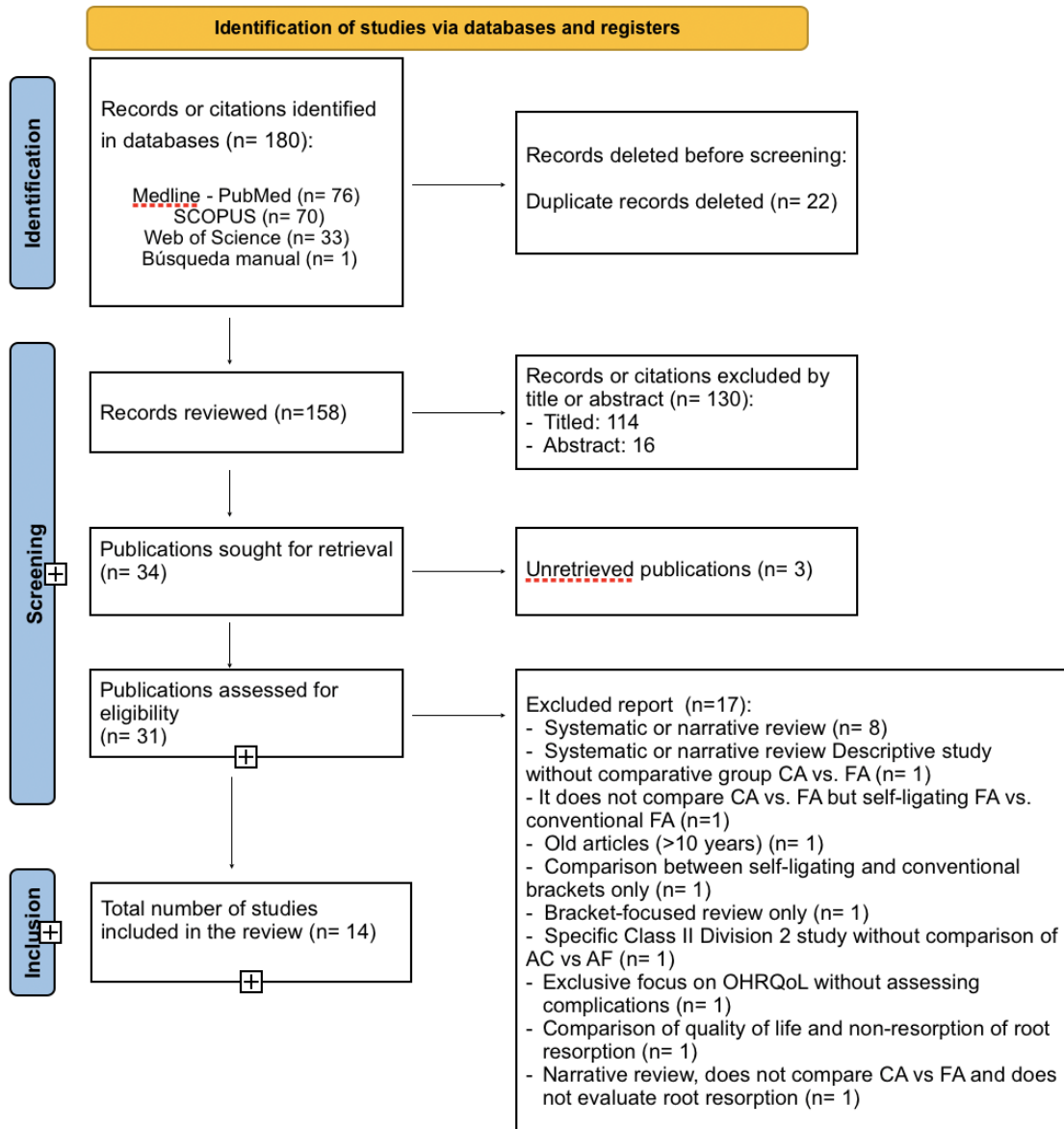


Fig. 2: Randomized studies risk of bias following Cochrane's guidelines

	Generate randomised sequence (selection bias)	Allocation concealment (selection bias)	Blinding outcome assessment (detection bias)	Follow-up and exclusions (attrition bias)	Selective description (reporting bias)	Other biases
Withayanukonkij et al. (2023)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Fig. 3: *Observational non randomized studies according to Newcastle-Ottawa scale-observational studies with control group non randomized.*

	Case definitio n	Represe ntative ness	Selectio n of controls	Definitio n of controls	Compar ability (most importa nt factor)	Compar ability (any other variable)	Exposur e check	Same method of ascertai nment for case and control	Drop-ou t rate	Total
Li et al. (2020)	★	★	★	★	★	★	★	★	★	9
Jyotirmay et al. (2021)	★	★	★	★	★		★	★		7
Alam et al. (2024)	★		★	★	★		★	★		6

Fig. 4: Observational non randomized studies according to Newcastle-Ottawa scale-
cohorts observational studies without control group

	Representative ness of the exposed cohort	Selection of the non-exposed cohort	Ascertainment of exposure	Demonstration that outcome of interest was not present at start	Comparability of cohorts based on the design or analysis	Comparability for additional factors	Assessment of outcome	Adequacy of follow-up	Drop-out rate	Total
Almagrami et al. (2023)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Al-Worafi et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
He et al. (2025)	★	★	★	★	★		★			6
Mertoglu et al. (2025)	★	★	★	★	★		★	★		7
Aref et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★		7
Buschang et al. (2014)	★	★	★	★	★		★	★		7
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Iglesias-Linares et al. (2017)	★	★	★		★		★	★		6
Annamalaisamy et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Quinty et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★		7

**COMPARACIÓN DE LA REABSORCIÓN RADICULAR INDUCIDA POR
TRATAMIENTOS ORTODÓNCICOS CON ALINEADORES TRANSPARENTES VS.
BRACKETS CONVENCIONALES: REVISIÓN SISTEMÁTICA**

**Título corto: Reabsorción radicular con alineadores transparentes frente a
brackets convencionales**

Autores:

Alexandre Monteil(1), Natalia Lees Ochando(2)

(1) 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

(2) Doctor in Dentistry, Professor at the European University of Valencia, Valencia, Spain.

Correspondencia

Dra. Natalia Lees Ochando

Paseo Alameda 7, Valencia

46010, Valencia

natalia.lees@universidadeuropea.es

Resumen

Introducción: La reabsorción radicular inducida por tratamientos ortodóncicos representa una complicación frecuente que puede comprometer la estabilidad a largo plazo de los dientes tratados. La introducción de los alineadores transparentes (CA) como alternativa a los brackets convencionales (FA) plantea interrogantes sobre sus efectos relativos en este fenómeno.

Objetivos: Evaluar el grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico con alineadores transparentes en comparación con los brackets convencionales en pacientes sometidos a terapia ortodóncica; así como las complicaciones asociadas y la duración total del tratamiento entre ambas técnicas.

Material y método: Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science. De 180 artículos potencialmente elegibles, 14 cumplieron con los criterios de inclusión. Se incluyeron estudios observacionales prospectivos, retrospectivos y un ensayo clínico aleatorizado. La calidad metodológica fue evaluada mediante la escala Newcastle-Ottawa y la herramienta Cochrane RoB 2.0.

Resultados: Los tratamientos con CA se asociaron con una menor reabsorción radicular media (0.12–0.27 mm) en comparación con FA (0.35–0.59 mm). La prevalencia de reabsorción radicular moderada o severa fue significativamente menor en los pacientes tratados con CA (8,4 % vs 30,7 %). Además, los pacientes tratados con CA reportaron menores niveles de dolor, sangrado gingival y complicaciones periodontales. La duración total del tratamiento fue también inferior con CA, con una reducción media de entre 5 y 8 meses respecto a FA ($p < 0.001$).

Discusión: Los alineadores transparentes parecen inducir menos reabsorción radicular y presentan un perfil de complicaciones más favorable en comparación con los brackets convencionales, sobre todo en casos de maloclusiones de leves a moderadas. No obstante, la selección del aparato debe basarse siempre en una evaluación individualizada de cada paciente.

Palabras claves: *Root resorption, Orthodontic treatment, Clear aligners, Fixed appliances, Orthodontic complications, Treatment duration*

Introducción

La estética dental desempeña un papel fundamental en la percepción del bienestar personal, la autoestima y la aceptación social. Una sonrisa armoniosa se asocia comúnmente con salud, juventud y éxito, lo que ha llevado a un aumento en la demanda de tratamientos ortodóncicos estéticos (1,2,3). Este interés ha crecido particularmente entre los adolescentes y adultos jóvenes, quienes valoran cada vez más opciones de tratamiento discretas y cómodas (4,5).

Tradicionalmente, el tratamiento ortodóncico se realizaba con brackets metálicos, que son eficaces pero poco estéticos. Con el tiempo, se introdujeron los brackets estéticos (de cerámica, resina o zafiro) para mejorar la apariencia, aunque presentan menor resistencia (6,7). Más recientemente, los alineadores transparentes, fabricados con materiales termoplásticos y diseñados digitalmente, han revolucionado la ortodoncia al ofrecer tratamientos removibles, cómodos y casi invisibles (4,5,6).

Sin embargo, cada sistema tiene sus propias ventajas e indicaciones específicas. Los alineadores permiten una mejor higiene oral, provocan menos irritación de los tejidos blandos y son altamente aceptados por razones estéticas, pero requieren una gran cooperación del paciente y presentan limitaciones en el control de ciertos movimientos dentales como el torque o las rotaciones complejas (5,6). Por otro lado, la ortodoncia convencional ofrece mayor precisión en el control tridimensional del movimiento dental y suele preferirse en casos más complejos (6,7,8).

Uno de los efectos adversos más relevantes de cualquier tratamiento ortodóncico es la reabsorción radicular externa (RRE), que implica la pérdida de estructura de la raíz dental debido a fuerzas mecánicas prolongadas (9,10). Aunque su etiología es multifactorial, se cree que el tipo de aparato influye significativamente en su aparición y severidad. Algunos estudios sugieren que los alineadores, debido a sus fuerzas más ligeras e intermitentes, pueden provocar menos RRE en comparación con los brackets convencionales, que aplican fuerzas más intensas y continuas (11,12).

Dado el creciente uso de los alineadores en la práctica clínica, especialmente en adultos, es esencial comparar su efecto sobre la RRE con el de los brackets convencionales. Por ello, este estudio tiene como objetivo analizar y comparar la reabsorción radicular inducida por ambos tipos de tratamiento ortodóncico, con el fin de proporcionar una guía para la toma de decisiones clínicas basada en la evidencia.

Materiales y métodos

Esta revisión sistemática cumple con la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (13).

- Pregunta PICO:

El formato de la pregunta se estableció de acuerdo con la pregunta estructurada PICO:

- **P** (Población): Pacientes adultos sometidos a tratamiento ortodóncico (+18 años).
- **I** (Intervención): Tratamiento con alineadores transparentes.
- **C** (Comparación): Tratamiento con brackets convencionales (metálicos o estéticos).
- **O** (Resultados):
 - **O1:** Grado de reabsorción radicular inducida por el tratamiento.
 - **O2:** Efectos adversos y complicaciones relacionados con cada tipo de tratamiento.
 - **O3:** Duración total del tratamiento ortodóncico entre las dos técnicas.

- Criterios de elegibilidad:

Los criterios de inclusión fueron:

- Tipo de Estudio: Ensayos clínicos aleatorizados controlados, estudios de cohortes prospectivos y retrospectivos, y series de casos; estudios sobre individuos humanos; Publicaciones en inglés y español; Publicados hasta 2025.
- Tipo de Paciente: Pacientes adultos sometidos a tratamiento ortodóncico.
- Tipo de Intervención: Tratamiento ortodóncico con alineadores transparentes o brackets convencionales (metálicos o estéticos).
- Tipo de Variables de Resultados: Estudios que proporcionaran datos relacionados con el grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento como variable principal. Y como variables secundarias: las complicaciones relacionadas con el tratamiento, efectos adversos (ej., molestias, complicaciones periodontales) y la duración total del tratamiento.

Los criterios de exclusión fueron: las revisiones, informes de casos, cartas al editor, opiniones de expertos, estudios experimentales in vitro y en animales, así como estudios que involucraran pacientes con condiciones sistémicas que afecten al hueso o los dientes (por ejemplo, osteoporosis, enfermedad periodontal severa). También se excluyeron los estudios que se centraran en tratamientos distintos a los alineadores transparentes o los brackets convencionales, como tratamientos quirúrgicos, implantes dentales, tratamientos prostodónticos o tratamientos que involucraran otros dispositivos ortodónticos no especificados en los criterios de inclusión. Además, se

excluyeron los estudios que no informaran sobre reabsorción radicular, complicaciones u otros resultados ortodóncicos relevantes. Se han descartado los artículos con más de 10 años de antigüedad.

- Fuentes de información y estrategia de búsqueda:

Se llevó a cabo una búsqueda automatizada en tres importantes bases de datos (PubMed, Scopus y Web of Science) con las siguientes palabras clave: "Orthodontic patients", "orthodontic treatment", "malocclusion correction", "dental movement", "transparent aligners", "clear aligners", "Invisalign", "removable orthodontic appliances", "fixed appliances", "conventional braces", "metallic brackets", "ceramic brackets", "root resorption", "orthodontic-induced root resorption (OIRR)", "orthodontic outcomes", "root damage during orthodontic treatment", "impact on root structure".

Las palabras claves fueron combinadas con los operadores booleanos AND, OR y NOT, así como con los términos controlados ("MeSH" para Pubmed) en un intento de obtener los mejores y más amplios resultados de búsqueda.

La búsqueda en Pubmed fue la siguiente: (((((((Orthodontics[MeSH Terms]) OR (Malocclusion[MeSH Terms])) OR (Tooth Movement[MeSH Terms])) OR (Orthodontic treatment[Title/Abstract])) OR (Dental movement[Title/Abstract])) AND (((((Orthodontic Appliances[MeSH Terms]) OR (Orthodontic Appliances, Removable[MeSH Terms])) OR (Clear aligners[Title/Abstract])) OR (Removable orthodontic appliances[Title/Abstract])) OR (Aligners in orthodontics[Title/Abstract])))) AND (((((Orthodontic Brackets[MeSH Terms]) OR (Orthodontic Appliances, Fixed[MeSH Terms])) OR (Fixed appliances[Title/Abstract])) OR (Conventional braces[Title/Abstract])) OR (Brackets[Title/Abstract])))) AND (((((((Root Resorption[MeSH Terms]) OR (Tooth Root[MeSH Terms])) OR (Root resorption[Title/Abstract])) OR (Orthodontic-induced root resorption (OIRR[Title/Abstract])) OR (Root damage during orthodontic treatment[Title/Abstract])) OR (Impact root structure[Title/Abstract])) Filters: in the last 10 years, Full text, Humans, Adult : 19+ years .

- Proceso de selección de los estudios:

Se llevó a cabo un proceso de selección en tres etapas. En la primera etapa, se filtraron los títulos para eliminar las publicaciones irrelevantes. En la segunda etapa, se filtraron los resúmenes y se seleccionaron los estudios en función del tipo de estudio, el tipo de tratamiento ortodóncico (alineadores transparentes o brackets convencionales), el número de pacientes y las variables de resultado (reabsorción radicular, complicaciones, etc.). En la tercera etapa, se evaluaron los textos completos

y se realizó la extracción de datos mediante un formulario de recopilación de datos preparado previamente para confirmar la elegibilidad de los estudios.

- Extracción de datos:

Se extrajo la siguiente información de los estudios y se organizó en tablas según el tipo de tratamiento ortodóncico (alineadores transparentes o brackets convencionales): autores con el año de publicación, tipo de estudio (aleatorizado controlado, prospectivo, retrospectivo, serie de casos), número de pacientes, localización del tratamiento (arcada superior, inferior o ambas), grado de reabsorción radicular (en milímetros y/o porcentaje), tiempo de seguimiento del tratamiento de ortodoncia (en meses), uso de dispositivos auxiliares (sí, no y, en caso afirmativo, tipo de dispositivo), complicaciones asociadas al tratamiento (número, tipo de complicación y su evolución o tratamiento), tiempo total de tratamiento (meses), y pérdida radicular media asociada (en milímetros).

- Valoración de la calidad:

Para la evaluación de la calidad de los estudios clínicos controlados aleatorizados se utilizó la guía Cochrane 5.1.0 (<http://handbook.cochrane.org>). Las publicaciones se clasificaron como de «bajo riesgo de sesgo» si cumplían todos los criterios metodológicos establecidos, de «alto riesgo de sesgo» si no cumplían uno o más criterios, lo que sugería que el estudio podía presentar sesgos que afectaran a la fiabilidad de los resultados, y de «sesgo incierto» si faltaba información o existía incertidumbre sobre el potencial sesgo.

Para la evaluación de la calidad de los estudios observacionales no aleatorizados, se utilizó la escala Newcastle-Ottawa, considerando «bajo riesgo de sesgo» a los estudios con una puntuación superior a 6 estrellas, y «alto riesgo de sesgo» a aquellos con una puntuación igual o inferior a 6.

- Síntesis de datos:

Tras la selección final de los estudios, se llevó a cabo una síntesis cualitativa de los datos obtenidos con el objetivo de comparar el grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico con alineadores transparentes y brackets convencionales, así como evaluar las complicaciones asociadas y la duración del tratamiento.

Resultados:

- Selección de estudios:

Del proceso de búsqueda inicial se obtuvo un total de 180 artículos: Medline - PubMed (n=76), SCOPUS (n=70) y Web of Science (n=33). Además, se obtuvo 1 estudio mediante búsqueda manual (listas de referencias y fuentes primarias). De estas publicaciones, 31 se identificaron como artículos potencialmente elegibles a través del cribado de títulos y resúmenes. Posteriormente se obtuvieron los artículos a texto completo y se evaluaron exhaustivamente. Como resultado, 14 artículos cumplieron los criterios de inclusión y se incluyeron en esta revisión sistemática (Fig. 1).

- Análisis de las características de los estudios revisados:

Los estudios incluidos muestran una diversidad metodológica significativa, proporcionando una visión amplia y representativa de la literatura actual sobre la reabsorción radicular inducida por ortodoncia comparando los alineadores transparentes (CA) y los aparatos fijos (FA). La revisión incluyó 7 estudios retrospectivos (14, 15-20), 4 estudios prospectivos (21-24), 2 estudios transversales (25, 26) y 1 ensayo clínico aleatorizado (27). Aunque predominan los diseños retrospectivos, la presencia de estudios prospectivos y aleatorizados añade solidez y validez a los hallazgos generales.

El tamaño de las muestras osciló entre 36 (27) y 300 pacientes (18). Salvo un estudio centrado exclusivamente en la FA (17), todos los estudios incluyeron comparaciones directas entre CA y FA generalmente con grupos de tratamiento equilibrados, lo que refuerza la validez interna de los análisis.

En cuanto a las herramientas diagnósticas para evaluar la reabsorción radicular, nueve estudios utilizaron la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), el patrón oro por su resolución 3D (14, 15, 20, 21, 23, 24-27). Otros utilizaron radiografías panorámicas o periapicales (19), software de análisis (20) o combinaron registros clínicos con herramientas digitales (16, 18). Un estudio también incluyó cuestionarios clínicos y parámetros funcionales como herramientas de evaluación complementarias (22).

Cinco estudios abordaron complicaciones más allá de la reabsorción radicular, incluidos problemas periodontales como inflamación y hemorragia (21-23), molestias clínicas (27) y problemas técnicos como la descementación del bracket (17). Esta perspectiva más amplia ayuda a contextualizar la reabsorción radicular dentro de un marco clínico más completo que también tiene en cuenta la tolerancia, la seguridad y la experiencia del tratamiento por parte del paciente (Tabla 1).

- Evaluación de la calidad metodológica:

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos, se aplicaron herramientas específicas basadas en el diseño del estudio: la Herramienta Cochrane de Riesgo de Sesgo (RoB 2.0) para ensayos clínicos aleatorizados, y la Escala Newcastle-Ottawa (NOS) para estudios observacionales con o sin grupo control.

Sólo se incluyó un ensayo clínico aleatorizado, que fue calificado como de bajo riesgo de sesgo en todos los dominios evaluados (Fig. 2). Entre los estudios observacionales con grupos de control, dos se consideraron de bajo riesgo y uno de riesgo moderado según las NOS (Fig. 3). En cuanto a los estudios de cohortes, cinco mostraron un riesgo de sesgo bajo, mientras que cinco fueron calificados como de riesgo moderado o moderadamente bajo (Fig. 4).

En general, la evaluación metodológica indica un nivel de evidencia generalmente fiable en la mayoría de los estudios incluidos. Sin embargo, las limitaciones más comunes estaban relacionadas con la comparabilidad de los grupos y la falta de cegamiento en la medición de los resultados, lo que podría introducir un sesgo de detección en los resultados clínicos.

- Síntesis de resultados:

Grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico:

Los estudios realizados con tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) mostraron que los pacientes tratados con alineadores transparentes (CA) experimentaban una reabsorción radicular (RRA) significativamente menor que los tratados con aparatos fijos (FA), con valores medios de 0,12-0,13 mm para los CA frente a hasta 1,12 mm para los FA. La prevalencia de RRA también fue menor con CA (56,3%) en comparación con FA (82,1%) (20,25).

La FA afectó con mayor frecuencia a los incisivos laterales superiores y a los caninos, mientras que la CA mostró cambios mínimos o incluso negativos en algunos dientes, probablemente debido a la remodelación ósea (20,25). La reabsorción leve (grado 1) fue más frecuente en la CA (89,3%) que en la FA (58,6%), mientras que la reabsorción de moderada a grave (grados 2-3) fue significativamente mayor en la FA (30,7%) que en la CA (8,4%) (15).

En casos complejos como la intrusión molar o la distalización, el CA proporcionó un mejor control con valores de reabsorción más bajos y menor pérdida ósea, todos ellos estadísticamente significativos (21,27). Además, los pacientes tratados con CA mostraron una menor RRA en los molares inferiores y tiempos de tratamiento más cortos (19,24).

Un estudio no encontró diferencias significativas entre CA y FA, posiblemente debido a su diseño transversal y a su enfoque genético (26) (Tabla 2).

Complicaciones asociadas a los tratamientos:

Los pacientes tratados con alineadores transparentes (CA) refirieron significativamente menos dolor, irritación de los tejidos blandos y malestar general durante la intrusión molar en comparación con los tratados con aparatos fijos (FA), según un ensayo clínico aleatorizado que utilizó escalas analógicas visuales ($p < 0,05$) (27).

Varios estudios evaluaron la inflamación gingival, encontrando niveles más bajos en los usuarios de CA, probablemente debido a una mejor higiene oral con los aparatos removibles (21,23). Un estudio prospectivo confirmó unos parámetros periodontales significativamente mejores en el grupo de CA, incluido un menor índice de placa, una menor inflamación gingival y unas profundidades de sondaje menores ($p < 0,05$) (23).

En cuanto al sangrado gingival y la función masticatoria, los usuarios de CA experimentaron menos sangrado (12,4% frente a 26,8% para AF, $p < 0,01$) y menos molestias relacionadas con la masticación. Sin embargo, la FA proporcionó mejoras más rápidas en la eficacia masticatoria durante los 3 primeros meses (22). A pesar de ello, la CA se asoció a una mayor comodidad general y tolerancia por parte del paciente.

Técnicamente, un estudio retrospectivo sobre FA informó de una tasa de despegamiento del 4,4%, que afectaba sobre todo a molares (45,9%) y premolares (26,2%), atribuida a fuerzas oclusales, errores de adhesión y tensión masticatoria. Estos problemas pueden retrasar el tratamiento y requerir citas adicionales (17) (Tabla 3).

Duración total del tratamiento ortodóncico:

Los alineadores transparentes (CA) se asociaron sistemáticamente a tiempos de tratamiento más cortos en comparación con los aparatos fijos (FA) en múltiples estudios. Un estudio retrospectivo centrado en tratamientos de molares inferiores descubrió que el tratamiento duraba una media de 15,4 meses con CA frente a 23,5 meses con FA, una diferencia de 8,1 meses a favor de los alineadores ($p < 0,001$), que también se relacionó con una menor incidencia de reabsorción radicular en el grupo de CA (19).

Otro análisis retrospectivo a largo plazo informó de una duración media del tratamiento de 18 ± 3 meses con el CA en comparación con 24 ± 4 meses con el AF, una diferencia estadísticamente significativa de 6 meses ($p < 0,001$), atribuida a una mejor

planificación digital y una mayor predictibilidad de los movimientos dentales con los alineadores (16).

Por último, un estudio emparejado que combinaba datos retrospectivos y prospectivos, realizado por un único ortodoncista y que excluía los casos de extracción, reveló una duración del tratamiento de 11,5 meses con CA frente a 17,0 meses con FA ($p < 0,001$). El uso de herramientas digitales para calcular la duración exacta del tratamiento subrayó la eficacia de los alineadores, especialmente en los casos sin extracción (18) (Tabla 4).

Discusión

Grado de reabsorción radicular inducido por el tratamiento ortodóncico:

Esta revisión sistemática indica que los tratamientos ortodóncicos con alineadores transparentes (CA) se asocian a una reabsorción radicular apical (RRA) significativamente menor en comparación con los aparatos fijos convencionales (FA), tanto en términos de magnitud como de incidencia (15,20,25). La menor RRA observada con los CA se debe probablemente a la aplicación de fuerzas ortodóncicas más ligeras, continuas y controladas, junto con una planificación digital personalizada que permite movimientos dentarios más predecibles y segmentados. Esto minimiza las fuerzas no deseadas, como la intrusión o extrusión excesivas, que contribuyen a la RRA (21,27).

Aunque el CA no elimina por completo la reabsorción radicular, reduce significativamente su gravedad. Estudios anteriores han demostrado que, incluso con alineadores, puede producirse una reducción mensurable de la longitud radicular, sobre todo en los incisivos superiores e inferiores (28,29).

Estos hallazgos concuerdan con la literatura reciente, incluido un metaanálisis que confirmó una RRA significativamente menor en incisivos centrales superiores e inferiores tratados con CA en comparación con FA (30). Aunque el riesgo de RRA no puede evitarse por completo, las pruebas actuales apoyan el uso de alineadores como opción más conservadora, sobre todo en pacientes con factores de riesgo predisponentes o en dientes anatómicamente vulnerables como los incisivos (14,24).

Complicaciones asociadas a los tratamientos:

La presencia de complicaciones durante el tratamiento de ortodoncia es un factor clave que influye en la satisfacción y la calidad de vida de los pacientes. Los estudios revisados mostraron que los pacientes tratados con alineadores transparentes (AC)

experimentaron significativamente menos dolor, molestias e irritación en comparación con los tratados con aparatos fijos convencionales (AF), probablemente debido a la ausencia de brackets y alambres metálicos que pueden irritar los tejidos blandos (21,22,27).

Además, el tratamiento con AC se asoció sistemáticamente a una mejor salud periodontal. Los pacientes mostraron menor inflamación gingival, menor acumulación de placa y menor sangrado gingival, probablemente porque los alineadores pueden retirarse para una higiene bucal más eficaz. Esta tendencia se confirmó en múltiples estudios, lo que pone de relieve las posibles ventajas periodontales de los alineadores durante el tratamiento ortodóncico (21-23).

Por el contrario, los aparatos fijos estaban relacionados con complicaciones técnicas más frecuentes, como la descementación de brackets, con una tasa global del 4,4%, que afectaba especialmente a molares y premolares. Estos problemas pueden prolongar el tiempo de tratamiento y aumentar el riesgo de lesión de los tejidos blandos y reabsorción radicular debido a fuerzas incontroladas (17).

Los pacientes que utilizaron el AC también manifestaron menos dolor durante las primeras fases del tratamiento, probablemente debido a la aplicación de fuerzas más ligeras y continuas. La comodidad se ha identificado como una de las principales razones por las que muchos adultos y adolescentes eligen los alineadores, a menudo debido a su atractivo estético y a la mayor tolerabilidad del tratamiento (31,32).

Por lo tanto, los alineadores transparentes se asocian a menos complicaciones clínicas y técnicas, y menos graves, que los aparatos fijos convencionales, ofreciendo ventajas significativas en cuanto a la comodidad del paciente y la salud periodontal a lo largo del tratamiento ortodóncico.

Duración total del tratamiento ortodóncico:

La duración total del tratamiento ortodóncico es un factor clave para la aceptación del paciente y la planificación clínica. Esta revisión sistemática indica que los tratamientos con alineadores transparentes (CA) tienden a ser más cortos que los tratamientos con aparatos fijos convencionales (FA), sobre todo en casos de maloclusión leve a moderada. De media, la duración del tratamiento se redujo entre 5 y 8 meses a favor de los alineadores, lo que representa una diferencia de tiempo clínicamente significativa (16,18,19).

Varios factores pueden explicar esta diferencia. La planificación digital inherente al tratamiento con CA permite movimientos dentales más controlados y predecibles, optimizando cada fase del tratamiento. Además, la ausencia de complicaciones mecánicas comunes asociadas a la FA, como la descementación de los brackets o la

rotura del arco de alambre, contribuye a una mayor eficacia del tratamiento con alineadores. Sin embargo, el cumplimiento por parte del paciente desempeña un papel crucial, ya que un desgaste insuficiente de los alineadores puede prolongar significativamente el tiempo de tratamiento (17,22).

La literatura reciente respalda en cierta medida estos hallazgos, sugiriendo que los tratamientos con CA pueden ser más rápidos que con FA en determinados casos. Sin embargo, esta ventaja depende en gran medida del tipo de movimiento dental requerido y del nivel de cooperación del paciente. En maloclusiones más complejas, los aparatos fijos convencionales siguen demostrando una mayor eficacia a la hora de controlar el movimiento dental y conseguir un tiempo de tratamiento óptimo (33,34).

Por lo tanto, aunque los alineadores transparentes pueden reducir la duración del tratamiento en comparación con los aparatos fijos en casos concretos, la elección del sistema de ortodoncia debe individualizarse en función de la gravedad de la maloclusión, los movimientos dentales necesarios y el cumplimiento esperado por parte del paciente.

Bibliografía

- (1) Närhi L, Mattila M, Tolvanen M, Pirttiniemi P, Silvola AS. The associations of dental aesthetics, oral health-related quality of life and satisfaction with aesthetics in an adult population. *Eur J Orthod.* 2023;45(3):287-94.
- (2) Klages U. Dental aesthetics, self-awareness, and oral health-related quality of life in young adults. *Eur J Orthod.* 2004;26(5):507-14.
- (3) Liu F, Wang Y, Luo D, Qu X, Liu L. Comparison of fixed braces and clear braces for malocclusion treatment. *BMC Oral Health.* 2024;24(1):941.
- (4) Bayan A, Yan Y. Orthodontic treatment with clear aligners between evolution and efficiency: a literature review. 2022;
- (5) Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, et al. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater.* 2023;22:384-403.
- (6) Cárdenas Machuca HY, Granda Reyes HJ, Marchena Gómez XN, Sierra Carbajal LA, Soldevilla Galarza LC, Mattos-Vela MA. Aparatos ortodónticos fijos y el sistema de alineadores transparentes: una revisión comparativa. *Rev Científica Odontológica.* 2024;12(2):e198.
- (7) Pasha A, Vishwakarma S, Narayan A, Vinay K, Shetty SV, Roy PP. Comparison of Frictional Forces Generated by a New Ceramic Bracket with the Conventional Brackets using Unconventional and Conventional Ligation System and the Self-ligating Brackets: An In Vitro Study. *J Int Oral Health.*
- (8) Ke Y, Zhu Y, Zhu M. A comparison of treatment effectiveness between clear aligner and fixed appliance therapies. *BMC Oral Health.* 2019;19(1):24.

- (9) Jakavičė R, Kubiliūtė K, Smailienė D. Bracket Bond Failures: Incidence and Association with Different Risk Factors—A Retrospective Study. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(5):4452.
- (10) Chaudhary V, Batra P, Sharma K, Raghavan S, Gandhi V, Srivastava A. A comparative assessment of transfer accuracy of two indirect bonding techniques in patients undergoing fixed mechanotherapy: A randomised clinical trial. *J Orthod*. 2021;48(1):13-23.
- (11) Yassir YA, McIntyre GT, Bearn DR. Orthodontic treatment and root resorption: an overview of systematic reviews. *Eur J Orthod*. 2021;43(4):442-56.
- (12) Villaman-Santacruz H, Torres-Rosas R, Acevedo-Mascarua A, Argueta-Figueroa L. Root resorption factors associated with orthodontic treatment with fixed appliances: A systematic review and meta-analysis. *Dent Med Probl*. 2022;59(3):437-50.
- (13) Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000100.
- (14) Almagrabi I, Almashraqi AA, Almagrabi BS, Mohamed AS, Wafaie K, Al-Balaa M, et al. A quantitative three-dimensional comparative study of alveolar bone changes and apical root resorption between clear aligners and fixed orthodontic appliances. *Prog Orthod*. 2023;24(1):6.
- (15) 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*. 2021;22(7):763-8.
- (16) Aref S, Ravuri P, Kubavat AK, Sowmya C, Nallamilli LVS, Bhanawat N, et al. Comparative Analysis of Braces and Aligners: Long-Term Orthodontic Outcomes. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024;16(Suppl 3):S2385-7.
- (17) Quinty O, Antonarakis GS, Kiliaridis S, Mavropoulos A. Factors Related to Bracket Bond Failure during Orthodontic Treatment: A Single-Centre Single-Operator Study. *Dent J*. 2024;12(10):300.
- (18) Buschang PH, Shaw SG, Ross M, Crosby D, Campbell PM. Comparative time efficiency of aligner therapy and conventional edgewise braces. *Angle Orthod*. 2014;84(3):391-6.
- (19) Kurnaz S, Buyukcavus MH. Panoramic evaluation of external root resorption in mandibular molars during orthodontic treatment: a comparison between root-filled and vital teeth treated with fixed appliances or clear aligners. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):1152.
- (20) Alam MK, Alruwaili SFH, Alessa MK, Alhamid AA, Albilasi SSM, Alanazi SA. Effects of Orthodontic Mechanics on Root Resorption: A Comparative Study. *J Pharm Bioallied Sci*. 2024;16(Suppl 1):S806-8.
- (21) Al-Worafi NA, Zheng B, Al-Warafi LA, Alyafrusee ES, Alsomairi MAA, Liu Y. Impact of molar teeth distalization by clear aligners on maxillary alveolar bone thickness and root resorption: a three-dimensional study. *BMC Oral Health*. 2024;24(1):237.

- (22) Ibrahim Emir Mertoglu , Demet Sahin , Elif Dilara Seker. Comparison of orthodontic adverse effects: braces versus clear aligners. *J Clin Pediatr Dent*. 2025;49(1):74.
- (23) Shashikumar GM, Malthesh BS, Annamalaisamy S, Shantharam S, Kumar PK. Comparative Study of Periodontal Health in Patients with Fixed Braces Versus Clear Aligners. *J Pharm Bioallied Sci* . 2024.
- (24) He X, Li X, Zhou X, Xia Y, Liu J, Mao L. Comparative evaluation of alveolar bone remodeling and root length changes in fixed appliances versus clear aligners: A retrospective cohort study on skeletal Class III malocclusion treatment. *J World Fed Orthod*. 2025;14(1):12-9.
- (25) 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*. 2020;21(1):1.
- (26) 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*. 2017;87(1):3-10.
- (27) 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*. 2023;93(6):629-37.
- (28) Butsabul P, Kanpittaya P, Nantanee R. Root resorption in clear aligner treatment detected by CBCT: a Systematic review and Meta-analysis. *Int Dent J*. 2024;74(6):1326-36.
- (29) Zhang M, Zhang P, Koh JT, Oh MH, Cho JH. Evaluation of Aligners and Root Resorption: An Overview of Systematic Reviews. *J Clin Med*. 2024;13(7):1950.
- (30) Singh S, Jain RK, Balasubramaniam A. Comparative assessment of external apical root resorption between subjects treated with clear aligners and fixed orthodontic appliances: A systematic review and meta-analysis. *J Dent Res Dent Clin Dent Prospects*. 2024;18(2):85-94.
- (31) Cardoso PC, Espinosa DG, Mecnas P, Flores-Mir C, Normando D. Pain level between clear aligners and fixed appliances: a systematic review. *Prog Orthod*. 2020;21(1):3.
- (32) Alansari RA. Youth Perception of Different Orthodontic Appliances. *Patient Preference Adherence*. 2020;Volume 14:1011-9.
- (33) Papageorgiou SN, Koletsi D, Iliadi A, Peltomaki T, Eliades T. Treatment outcome with orthodontic aligners and fixed appliances: a systematic review with meta-analyses. *Eur J Orthod*. 2020;42(3):331-43.
- (34) Gu S, Du X, Wang D, Yu Y, Guo S. Effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on exercise capacity and quality of life in patients with heart failure: A systematic review and meta-analysis. Rashid AM, éditeur. *PLOS ONE*. 2023;18(8):e0290362.

Tabla 1: Características de los estudios revisados.

N.º	Autor (año)	Tipo de estudio	Muestra	Tipo de aparato	Método de evaluación	Resultado principal evaluado
1	Almagrami et al. (2023)	Retrospectivo comparativo	40 (20 CA, 20 FA)	CA vs FA	CBCT tridimensional	Reabsorción radicular (RR)
2	Jyotirmay et al. (2021)	Observacional retrospectivo	110 (55 CA, 55 FA)	CA vs FA	CBCT	Remodelado óseo y RR
3	Li et al. (2020)	Transversal retrospectivo	70 (35 CA, 35 FA)	CA vs FA	CBCT y medidas lineales	Prevalencia y severidad de RR
4	Withayanukonkij et al. (2023)	Ensayo clínico aleatorizado	36 (18 CA, 18 FA+TADs)	CA vs FA + mini-tornillos	CBCT	Intrusión molar y RR
5	Iglesias-Linares et al. (2017)	Transversal analítico con factores genéticos	70 (35 CA, 35 FA)	CA vs FA	CBCT y variables genéticas	Factores genéticos asociados a RR
6	Al-Worafi et al. (2024)	Prospectivo	48 (24 CA, 24 FA)	CA vs FA	CBCT	Cambios radiculares post-tratamiento
7	Kurnaz y Büyükcavus (2024)	Retrospectivo comparativo	90 (45 CA, 45 FA)	CA vs FA	Radiografía panorámica	RR en molares con y sin endodoncia
8	He et al. (2025)	Estudio comparativo	60 (30 CA, 30 FA)	CA vs FA	CBCT	Cambios óseos y RR
9	Mertoglu et al. (2025)	Prospectivo	80 (40 CA, 40 FA)	CA vs FA	Cuestionarios + parámetros clínicos	Efectos adversos: dolor, RR, funcionalidad
10	Aref et al. (2024)	Retrospectivo		CA vs FA	Historial clínico y software ortodóncico	Duración del tratamiento y estabilidad
11	Alam et al. (2024)	Comparativo	40 (20 CA, 20 FA)	CA vs FA	Radiografías + software	Cambios morfológicos radiculares
12	Annamalaisamy et al. (2024)	Prospectivo comparativo	100 (50 CA, 50 FA)	CA vs FA	Parámetros clínicos periodontales	Salud periodontal y RR
13	Quinty et al. (2024)	Retrospectivo	197 (solo FA)	Solo FA	Análisis de tasa de descementado	Complicaciones técnicas (descementado)
14	Buschang et al. (2014)	Retrospectivo y prospectivo	300 (150 CA, 150 FA)	CA vs FA	Historial clínico + cronómetro	Eficiencia y duración del tratamiento

Tabla 2: Grado de reabsorción radicular

Artículo	Resultados clave	Comparación CA vs FA	Significancia estadística	Comentarios
Almagami et al. (2023)	CA reduce más la RRA y pérdida ósea	Menor con CA	$p < 0.05$	También menor pérdida ósea alveolar
Jyotirmay et al. (2021)	Diferencias significativas en RRA	Menor con CA	$p < 0.05$	Dientes anteriores más afectados
Li et al. (2020)	Menor prevalencia de RRA moderada-severa	Menor con CA	$p < 0.05$	CA reduce RRA severa en comparación
Withayanukonkij et al. (2023)	RRA en intrusión molar	CA: 0.27 mm vs FA+TAD: 0.59 mm	$p < 0.05$	Dolor mayor en FA+TADs
Iglesias-Linares et al. (2017)	Sin diferencias significativas	Igual	NS	Predominio de factores genéticos
Al-Worafi et al. (2024)	RRA y pérdida ósea menor	Menor con CA	$p < 0.05$	Evaluación durante distalización molar
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	RRA menor en molares inferiores	Menor con CA	$p < 0.001$	Duración más corta con CA
He et al. (2025)	RRA y pérdida ósea alveolar	Menor con CA	$p < 0.001$	Evaluación de hueso marginal incluida
Alam et al. (2024)	RRA media : CA: 0.12 mm vs FA: 0.35 mm	Menor con CA	$p < 0.05$	Incluye también FA autoligados

Tabla 3: *Complicaciones asociadas a la reabsorción radicular*

Estudio	Grupo comparado	Complicaciones evaluadas	Principales hallazgos	Significancia estadística
Withayanukonkij et al. (2023)	CA y FA	Dolor, incomodidad, irritación de tejidos blandos	Dolor y molestias significativamente menores en CA	p < 0.05
Al-Worafi et al. (2024)	CA y FA	Dolor, inflamación gingival	CA presenta menor inflamación gingival	p < 0.05
Mertoglu et al. (2025)	CA y FA	Dolor, sangrado gingival, alteración de la función masticatoria	CA genera menor sangrado gingival y dolor; FA mejora antes la función masticatoria	p < 0.01
Annamalaisamy et al. (2023)	CA y FA	Índice de placa, inflamación gingival, profundidad de sondaje	CA asociado a menor placa e inflamación que FA	p < 0.05
Quinty et al. (2024)	Solo FA	Descementado de brackets, factores de riesgo	Tasa global de descementado de 4.4%; sobre todo en molares y premolares	p < 0.05

Tabla 4: Duración del tratamiento

Estudio	Tipo de aparato	Duración CA (meses)	Duración FA (meses)	Diferencia observada	Significancia estadística	Comentarios
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	CA vs FA	15.4	23.5	CA reduce la duración en aproximadamente 8 meses	$p < 0.001$	Evaluación de la duración en molares inferiores
Aref et al. (2024)	CA vs FA	18.0	24.0	CA reduce la duración en promedio 6 meses	$p < 0.001$	Evaluación en adolescentes con seguimiento a largo plazo
Buschang et al. (2014)	CA vs FA	11.5	17.0	CA reduce la duración en promedio 5.5 meses	$p < 0.001$	Muestra emparejada y ortodoncista único, casos con extracciones excluidos

Fig. 1: PRISMA flowchart of searching and selection process of titles during systematic review

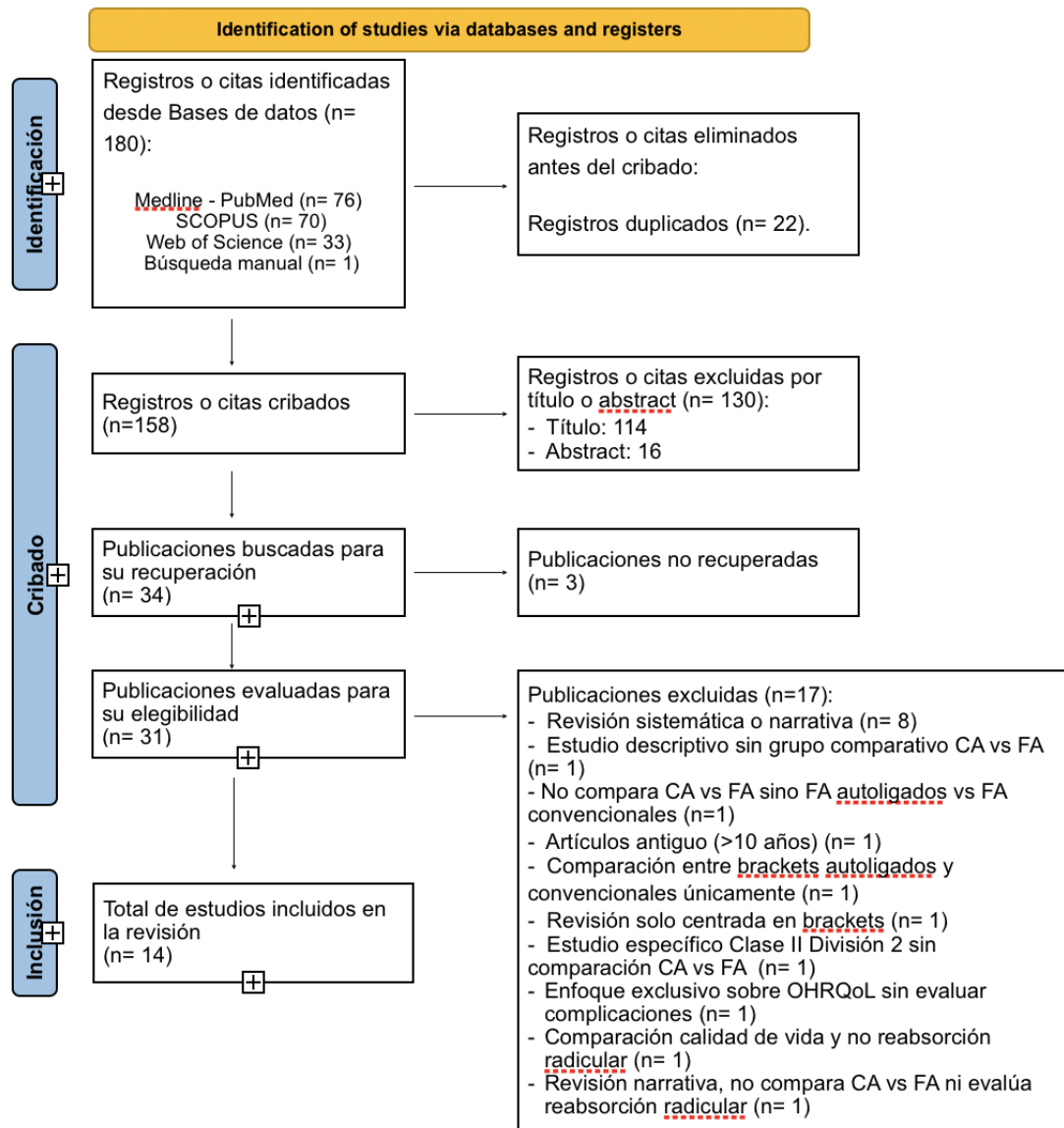


Fig. 2: Medición del riesgo de sesgo de los estudios randomizados según la guía Cochrane.

	Generar secuencia aleatorizada (sesgo selección)	Ocultación de la asignación (sesgo selección)	Cegamiento o evaluación de resultados (sesgo detección)	Seguimiento y exclusiones (sesgo deserción)	Descripción selectiva (sesgo informe)	Otros sesgos
Withayanukonkij et al. (2023)	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo

Fig. 3: Medición del riesgo de sesgo de los estudio observacionales no randomizados con la escala Newcastle-Ottawa – estudios observacionales con grupo control no randomizado.

	Definición de los casos	Representatividad	Selección de los controles	Definición de los controles	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (cualquier otra variable)	Comparación de la exposición	Mismo método para ambos grupos	Tasa de abandonos	Total
Li et al. (2020)	★	★	★	★	★	★	★	★	★	9
Jyotirmay et al. (2021)	★	★	★	★	★		★	★		7
Alam et al. (2024)	★		★	★	★		★	★		6

Fig. 4: Medición del riesgo de sesgo de los estudios observacionales no randomizados con la escala Newcastle-Ottawa – estudios observaciones cohortes sin grupo control.

	Representatividad cohorte	Selección cohorte no expuesta	Comparación exposición	Demstración no presencia variable interés al inicio	Comparabilidad (factor más importante)	Comparabilidad (otros factores)	Medición resultados	Suficiente seguimiento	Tasa de abandonos	Total
Almagrami et al. (2023)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Al-Worafi et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
He et al. (2025)	★	★	★	★	★		★			6
Mertoglu et al. (2025)	★	★	★	★	★		★	★		7
Aref et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★		7
Buschang et al. (2014)	★	★	★	★	★		★	★		7
Kurnaz y Büyükçavus (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Iglesias-Linares et al. (2017)	★	★	★		★		★	★		6
Annamalaisamy et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★	★	8
Quinty et al. (2024)	★	★	★	★	★		★	★		7