

Artículo de revisión

Impacto clínico de las micro-osteoperforaciones en ortodoncia contemporánea

Clinical impact of micro-osteoperforations in contemporary orthodontics

Christian David Zapata Hidalgo¹ <https://orcid.org/0000-0002-8463-3467>

Jhoan Ariel Velasco Ponce¹ <https://orcid.org/0009-0005-2619-9227>

Edwin Ismael Bedón Cevallos¹ <https://orcid.org/0009-0003-2901-1504>

¹ Universidad Regional Autónoma de los Andes, Ecuador.

Autor para la correspondencia: ui.christianzapata@uniandes.edu.ec

RESUMEN

Las microosteoperforaciones han emergido como una técnica mínimamente invasiva destinada a acelerar el movimiento dentario ortodóncico mediante la estimulación de la remodelación ósea y la reactivación celular local. El objetivo de este estudio fue analizar la evidencia científica disponible en los últimos cinco años sobre la eficacia clínica de las microosteoperforaciones en ortodoncia, con énfasis en su capacidad para inducir reactivación celular y acelerar el desplazamiento dental. Se llevó a cabo una revisión sistemática siguiendo la metodología PRISMA 2020, mediante una búsqueda estructurada en la base de datos PubMed, la cual arrojó 47 estudios, de los cuales se seleccionaron 13 tras

aplicar criterios de inclusión y exclusión. Los estudios incluidos abarcaron ensayos clínicos aleatorizados, estudios experimentales en humanos y modelos animales, así como simulaciones biomecánicas. La mayoría de las investigaciones reportó un aumento significativo en la velocidad del movimiento dentario tras la aplicación de microosteoperforaciones, especialmente cuando se repite el procedimiento en fases críticas del tratamiento. Asimismo, se observó una activación biológica localizada, sin incremento clínicamente relevante de la reabsorción radicular ni efectos adversos periodontales. Algunos estudios mostraron resultados no concluyentes, principalmente en movimientos dentarios complejos o cuando se aplicó una única intervención. En conclusión, las microosteoperforaciones son una herramienta eficaz y segura para optimizar la eficiencia de los tratamientos ortodóncicos, especialmente en pacientes adultos y casos clínicos prolongados. La técnica responde a la pregunta científica planteada y cumple con el objetivo del estudio, aunque futuras investigaciones deben mejorar la estandarización de protocolos y explorar su impacto a largo plazo.

Palabras clave: micro-osteoperforaciones; ortodoncia; mini-implantes; aceleración dentaria; remodelación ósea.

ABSTRACT

Micro-osteoperforations have emerged as a minimally invasive technique aimed at accelerating orthodontic tooth movement by stimulating bone remodeling and localized cellular reactivation. The objective of this study was to analyze the scientific evidence available over the past five years regarding the clinical effectiveness of micro-osteoperforations in orthodontics, with emphasis on their ability to induce cellular reactivation and enhance tooth displacement. A systematic review was conducted following the PRISMA 2020 methodology, using a structured search in the PubMed database, which yielded 47 studies, of which 13

were selected after applying inclusion and exclusion criteria. The included studies comprised randomized clinical trials, experimental studies in humans and animal models, as well as biomechanical simulations. Most investigations reported a significant increase in the rate of tooth movement following the application of micro-osteoperforations, particularly when the procedure was repeated during critical phases of treatment. Additionally, localized biological activation was observed, with no clinically relevant increase in root resorption or adverse periodontal effects. Some studies showed inconclusive results, mainly in complex dental movements or when a single intervention was applied. In conclusion, micro-osteoperforations are an effective and safe tool to optimize the efficiency of orthodontic treatment, especially in adult patients and prolonged clinical cases. The technique effectively addresses the scientific question posed and fulfills the objective of the study, although future research should aim to standardize protocols and explore long-term outcomes.

Keywords: micro-osteoperforations; orthodontics; mini-implants; tooth movement acceleration; bone remodeling.

Recibido: 23/01/2025

Aceptado: 02/04/2025

Introducción

La ortodoncia contemporánea busca optimizar la eficiencia del tratamiento sin comprometer la salud de los tejidos ni la comodidad del paciente. En este contexto, surgen diversas estrategias mínimamente invasivas diseñadas para acelerar el movimiento dentario y reducir la duración total del tratamiento. Entre estas

técnicas destaca la micro-osteoperforación (MOP), que consiste en realizar perforaciones corticales de pequeño diámetro en el hueso alveolar, lo que induce una respuesta inflamatoria local y un aumento en el recambio óseo, facilitando el desplazamiento dental controlado.

La eficacia de MOP se relaciona con un proceso denominado reactivación celular, caracterizado por una mayor actividad osteoclástica y osteoblástica en la región donde se realiza la intervención. Este fenómeno se inscribe dentro del principio de activación de la remodelación ósea inducida quirúrgicamente, un proceso que modula las fases celulares del movimiento ortodóncico mediante señales biológicas locales.

A pesar de su creciente aplicación clínica, la evidencia científica sobre la efectividad y seguridad de MOP aún se encuentra en consolidación. En un estudio retrospectivo reciente, Liu et al. comparan MOP asistida por miniimplantes con ortodoncia convencional en adultos sometidos a extracciones bilaterales de primeros premolares maxilares. El grupo tratado con MOP muestra un movimiento canino significativamente mayor en periodos de uno y dos meses, sin diferencias clínicas relevantes en la reabsorción radicular ni en los tejidos blandos respecto al grupo control, lo que sugiere que esta técnica puede optimizar el tratamiento sin efectos adversos sustanciales.⁽¹⁾

Diversas innovaciones técnicas han sido propuestas para optimizar la aplicación de MOP, incluyendo la incorporación de herramientas digitales para aumentar la precisión y seguridad del procedimiento. Un estudio clínico reciente emplea un sistema de MOP asistido por impresión 3D para intervenir en pacientes adultos con movimiento dentario lento. En dicho estudio, Zhou *et al.* reportan una tasa de retracción canina significativamente mayor tras la intervención, sin diferencias estadísticamente significativas en reabsorción radicular ni efectos periodontales

adversos, lo que refuerza el potencial clínico de MOP como técnica efectiva y segura para acortar los tratamientos ortodóncicos complejos en adultos.⁽²⁾

En este contexto, se hace necesaria una revisión sistemática que, mediante una metodología rigurosa como PRISMA 2020, analice la evidencia disponible sobre la eficacia clínica de MOP como técnica adyuvante en ortodoncia, con especial énfasis en su capacidad de inducir reactivación celular y acelerar el movimiento dentario.

La pregunta científica a responder en este estudio es: ¿Es eficaz la aplicación de micro-osteoperforaciones en pacientes ortodónticos para inducir una reactivación celular que acelere significativamente el movimiento dentario sin comprometer la integridad de los tejidos dentales y periodontales? Para responder la misma, el objetivo que se persigue es analizar la evidencia científica disponible en los últimos cinco años sobre la eficacia clínica de las micro-osteoperforaciones en ortodoncia, con énfasis en su efecto sobre la reactivación celular y la aceleración del movimiento dentario.

Métodos

Esta revisión bibliográfica se estructuró conforme a las directrices de la declaración PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), asegurando transparencia, exhaustividad y reproducibilidad en cada una de sus etapas metodológicas.

Estrategia de búsqueda

Se llevó a cabo una búsqueda sistemática en la base de datos PubMed, enfocada en artículos publicados en los últimos cinco años (del 10 de mayo de 2019 al 10 de mayo de 2024). Se empleó el siguiente algoritmo de búsqueda combinado

mediante operadores booleanos: ("micro-osteoperforation"[Title/Abstract] OR "micro osteoperforation"[Title/Abstract] OR "micro-osteoperforations"[Title/Abstract] OR "micro osteoperforations"[Title/Abstract] OR "MOP"[Title/Abstract] OR "MOPs"[Title/Abstract]) AND ("orthodontic tooth movement"[MeSH Terms] OR "tooth movement"[Title/Abstract] OR "bone remodeling"[MeSH Terms] OR "bone regeneration"[Title/Abstract] OR "tissue regeneration"[MeSH Terms] OR "cell activation"[Title/Abstract]) AND ("orthodontics"[MeSH Terms] OR "dentistry"[MeSH Terms] OR "periodontics"[MeSH Terms] OR "oral surgery"[MeSH Terms]) AND ("2019/05/10"[Date - Publication] : "3000"[Date - Publication])

Criterios de inclusión

Se consideraron elegibles los estudios que cumplieran con los criterios siguientes:

- Estudios publicados en inglés o español.
- Investigación original (ensayos clínicos, estudios in vivo, in vitro o por simulación).
- Estudios realizados en humanos o modelos animales con aplicaciones clínicas extrapolables.
- Evaluación del efecto de la MOP sobre la aceleración del movimiento dentario o parámetros biológicos relacionados con la reactivación celular.

Criterios de exclusión

Se excluyeron:

- Artículos duplicados o que no abordaran MOP como técnica principal.
- Revisiones narrativas, editoriales o resúmenes sin acceso al texto completo.
- Estudios exclusivamente preclínicos no vinculados con la respuesta celular o remodelación ósea.

Selección de estudios

La estrategia inicial identificó 47 registros en PubMed. Tras eliminar duplicados y artículos irrelevantes por título y resumen, se retuvieron 40 estudios. De estos, se analizaron 20 textos completos, aplicando rigurosamente los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. Finalmente, se seleccionaron 13 estudios para su inclusión en la síntesis cualitativa (véase Tabla 1).

Proceso de análisis

Cada artículo fue evaluado de forma independiente por dos investigadores, con resolución de discrepancias mediante discusión. Se extrajeron y sistematizaron los datos clave de cada estudio, incluyendo tipo de diseño, tamaño muestral, metodología aplicada, y resultados relevantes sobre la eficacia de las MOP en la reactivación celular y movimiento dentario ortodóncico.

Diagrama PRISMA 2020

En la Figura 1 se muestra el diagrama PRISMA 2020.

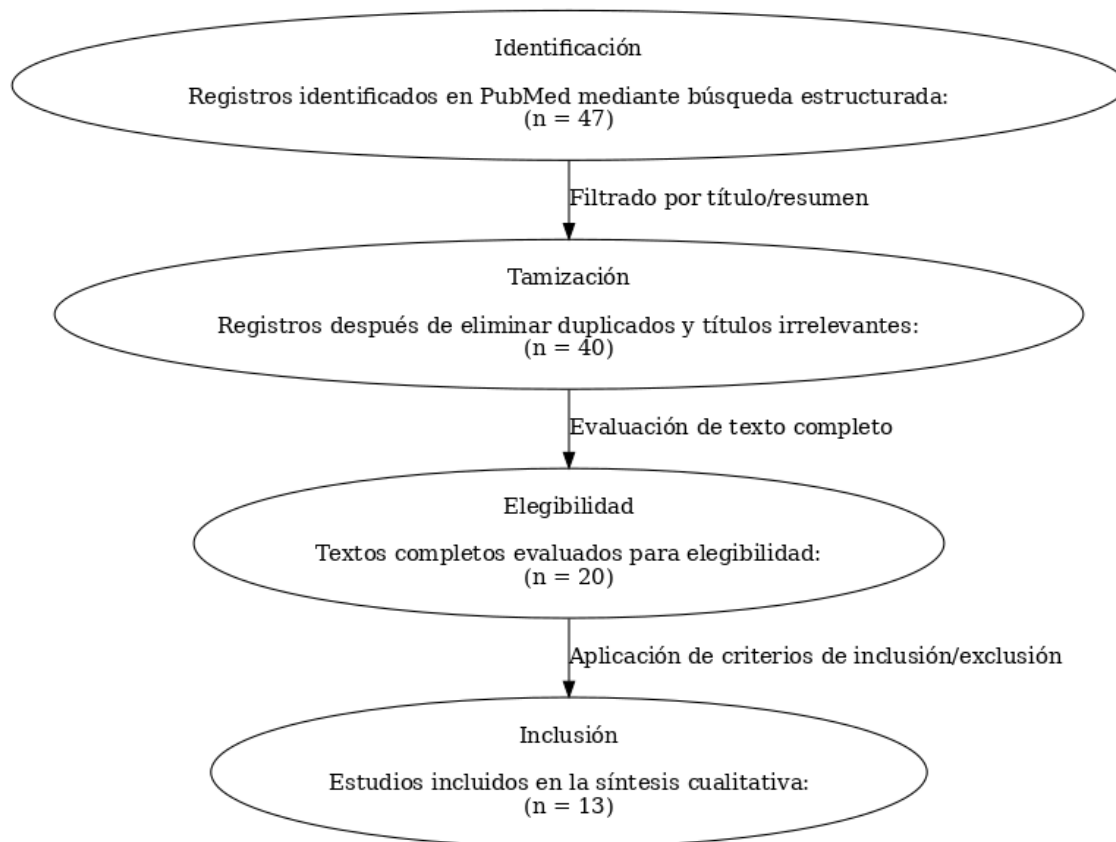


Fig. 1. Diagrama PRISMA 2020.

Resultados

Se incluyeron trece estudios que cumplieron con los criterios de elegibilidad definidos para esta revisión. Los trabajos seleccionados abarcaron una diversidad de enfoques metodológicos, incluyendo ensayos clínicos aleatorizados, estudios retrospectivos, análisis experimentales *in vivo* e *in silico*, y revisiones sistemáticas con metanálisis. En conjunto, aportaron evidencia sustancial respecto al impacto de las MOP sobre la aceleración del movimiento dentario ortodóncico y su relación con procesos celulares de remodelación ósea. La Tabla 1 resume las características principales y los hallazgos más relevantes de cada uno de los estudios incluidos.

En una revisión sistemática exploratoria con metanálisis, Bardideh et al. evaluaron el impacto de la MOP en la eficiencia de la distalización molar en maloclusiones clase II. Se analizaron cuatro ensayos clínicos aleatorizados con un total de 71 participantes. Los resultados del metanálisis no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos con MOP y los controles en cuanto a la tasa o magnitud del movimiento molar. No obstante, se identificó un aumento del dolor posoperatorio el día del procedimiento en el grupo MOP, el cual no persistió después de la primera semana. Aunque no se observaron mejoras sustanciales en la eficacia del tratamiento, los autores sugieren considerar el uso de MOP en casos seleccionados que requieran movimientos complejos, señalando además que la heterogeneidad de protocolos y el limitado número de estudios disponibles restringen la generalización de los hallazgos.⁽³⁾

Gomes *et al.* realizaron un estudio experimental mediante el método de elementos finitos para evaluar el impacto biomecánico de la MOP sobre las estructuras

dentales y óseas durante el movimiento ortodóncico. Utilizando modelos 3D derivados de tomografía de haz cónico, simularon la extracción de premolares y aplicaron fuerzas ortodóncicas en modelos virtuales con y sin MOP. Los resultados mostraron que la inclusión de MOP generó un aumento del 24 % en el movimiento inicial de la corona dental y del 29 % en el ligamento periodontal. Asimismo, se observó una mayor distribución de tensiones en la estructura ósea (31 %), lo que sugiere una mejora en la respuesta biomecánica inducida por la técnica. Estas simulaciones destacan el papel de MOP en la optimización del desplazamiento dentario y en la redistribución de cargas durante el tratamiento ortodóncico.⁽⁴⁾

Sugimori *et al.* evaluaron en un modelo animal el efecto de la MOP sobre la velocidad del movimiento dentario y su posible asociación con la reabsorción radicular. Utilizando ratas Wistar y aplicando fuerzas ortodóncicas con y sin MOP, los autores observaron que el grupo tratado con MOP presentó un aumento significativo del movimiento dentario (1,8 veces superior) respecto al grupo con fuerza óptima sola. Además, el grupo con fuerza pesada, sin MOP, evidenció mayor pérdida de volumen radicular y mayor número de células apoptóticas en el cemento radicular, a diferencia del grupo MOP, donde estas se localizaron predominantemente en el hueso alveolar. Estos hallazgos indican que la MOP acelera el movimiento dentario activando la remodelación ósea sin incrementar el riesgo de reabsorción radicular, lo que refuerza su perfil de seguridad en tratamientos ortodóncicos experimentales.⁽⁵⁾

En un ensayo clínico controlado aleatorizado, Mordente *et al.* evaluaron si la MOP podía acelerar la retracción de los incisivos maxilares tras la extracción de premolares. Cuarenta y dos pacientes fueron asignados a un grupo experimental con MOP en vestibular y palatino, y a un grupo control sin intervención adicional. Durante cuatro meses se midió la retracción de incisivos y variables secundarias como pérdida de anclaje, inclinación y reabsorción radicular mediante imágenes

tridimensionales. Los resultados mostraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros medidos entre ambos grupos, ni en los tiempos de retracción ni en los efectos secundarios observados. Así, los autores concluyeron que la MOP no ofrece ventajas clínicas sustanciales para acelerar el cierre de espacios ortodóncicos en la retracción de incisivos.⁽⁶⁾

Pérez-Cisneros *et al.* llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorizado con diseño de boca dividida para comparar la eficacia de la MOP frente a la corticotomía en la retracción canina. Participaron trece pacientes con extracciones previas de primeros premolares, a quienes se aplicaron ambos procedimientos en lados contralaterales del maxilar. Tras tres meses de retracción ortodóncica asistida por minitornillos, las mediciones no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre la MOP y la corticotomía, ni a nivel incisal ni mesial. Ambos métodos lograron resultados comparables en cuanto al movimiento dentario, sin reportarse eventos adversos. Este estudio sugiere que, a corto plazo, la MOP puede ser una alternativa menos invasiva pero igualmente efectiva que la corticotomía en la aceleración de la retracción canina.⁽⁷⁾

Venkatachalapathy *et al.* desarrollaron un ensayo clínico controlado aleatorizado con diseño de boca dividida para analizar el efecto de la frecuencia de MOP sobre la velocidad de retracción canina. En veinte pacientes con protrusión bimaxilar, se aplicaron cinco MOP en los sitios de extracción del primer premolar a los días 0, 28 y 56, mientras que el lado control no recibió intervención. A lo largo de 84 días, los caninos en los sitios con MOP mostraron una velocidad de retracción significativamente superior tanto en el maxilar como en la mandíbula, en comparación con los controles. Los resultados evidenciaron que repetir la MOP en cada fase de activación prácticamente duplicó la tasa de movimiento dental. Los autores concluyen que la eficacia de esta técnica depende en gran medida de su

aplicación periódica, lo que refuerza su potencial como herramienta para acortar los tiempos de tratamiento ortodóncico.⁽⁸⁾

Sahin y Baysal llevaron a cabo un ensayo clínico controlado aleatorizado para evaluar la eficacia de la MOP en la fase de alineación de pacientes con apiñamiento mandibular. Participaron 28 sujetos divididos en dos grupos: con MOP y control. La duración total de la alineación fue significativamente menor en el grupo MOP (105,57 días frente a 135,86 días; $p = 0,000$). Además, se observó una mejora más rápida en el índice de irregularidad de Little en el grupo experimental. Aunque el grupo MOP reportó mayor dolor en la primera cita, no se registraron diferencias relevantes en la satisfacción del paciente ni en los valores cefalométricos. Sorprendentemente, los índices gingival y de sangrado fueron más altos en el grupo control. Los autores concluyen que la MOP acelera eficazmente la alineación sin inducir efectos secundarios periodontales clínicamente significativos.⁽⁹⁾

Chandorikar y Bhad realizaron un ensayo clínico controlado aleatorizado con tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) para evaluar si una única aplicación de MOP durante la retracción en masa de dientes anteriores aumentaba el riesgo de reabsorción radicular o afectaba la morfología del hueso alveolar. En 52 pacientes adultos jóvenes con protrusión bidentoalveolar, los análisis mostraron una ligera mayor media de reabsorción radicular inducida por ortodoncia (OIIRR) en el grupo MOP, pero sin diferencias estadísticamente significativas respecto al grupo control.⁽¹⁰⁾

En el estudio anterior, la mayoría de los casos presentó solo reabsorción leve según la escala de Levander y Malmgren. Asimismo, se identificó una reducción del grosor y altura ósea lingual en ambos grupos, también sin significación estadística. Los hallazgos sugieren que la aplicación única de MOP no incrementa los efectos iatrogénicos en términos de reabsorción radicular ni de alteraciones óseas durante la retracción en masa.⁽¹⁰⁾

Kumar *et al.* evaluaron en un ensayo clínico aleatorizado el efecto de las MOP sobre la tasa de retracción dental ortodóncica masiva en ambas arcadas. Veinte pacientes fueron asignados a un grupo experimental con aplicación de MOP labiales mesial y distal a los seis dientes anteriores, y a un grupo control tratado con mecánica deslizante convencional.⁽¹¹⁾

En el citado estudio, la tasa de movimiento dentario (OTM) se midió durante un periodo de cuatro meses. Los resultados mostraron que el grupo MOP presentó una tasa significativamente mayor de OTM tanto durante la fase activa de las MOP como en el periodo posterior, en comparación con el grupo control. Además, se observó que dentro del grupo experimental la tasa de retracción fue más alta durante la fase activa que en el periodo posterior, lo que sugiere un efecto sostenido, aunque atenuado tras las MOP. El procedimiento fue bien tolerado, con molestias leves transitorias. Estos hallazgos refuerzan la eficacia de MOP para acelerar la retracción masiva en tratamientos ortodóncicos.⁽¹¹⁾

Kinjo *et al.* investigaron los mecanismos celulares y moleculares por los cuales las MOP aceleran el movimiento dentario ortodóncico (OTM), utilizando un modelo murino. Se observó que las MOP inducen un aumento significativo en la expresión del factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), una citocina proinflamatoria clave en la formación de osteoclastos. A través de modelos de ratones quiméricos con sensibilidad variable al TNF- α , se evidenció que la aceleración del OTM inducido por MOP depende de células estromales que responden a esta citocina. La aplicación de MOP incrementó tanto la distancia de desplazamiento dentario como el número de osteoclastos en el hueso alveolar. Este estudio experimental proporciona evidencia biológica directa de que las MOP no solo actúan mecánicamente, sino que promueven una respuesta inflamatoria específica mediada por TNF- α , facilitando así la remodelación ósea y el movimiento dentario.⁽¹²⁾

Bajaj *et al.* realizaron un ensayo clínico aleatorizado con diseño de boca dividida para comparar la eficacia de la MOP y la fotobiomodulación (PBM) en la retracción canina maxilar. Treinta pacientes fueron tratados simultáneamente con PBM en un lado del maxilar y con MOP en el otro. Durante tres meses, se midió el desplazamiento canino individualmente en cada hemiarcada. Los resultados mostraron que la MOP incrementó la velocidad de retracción canina en un 10 % aproximadamente respecto a la PBM, lo que se traduce en una reducción del tiempo total de tratamiento cercano al 9 %. Este estudio sugiere que, entre ambas técnicas clínicamente aplicables, la MOP es más eficaz para acelerar el movimiento dentario ortodóncico y representa una alternativa eficiente para uso rutinario en ortodoncia.⁽¹³⁾

La Tabla 1 presenta una síntesis de los 13 estudios incluidos en esta revisión sistemática, ordenados por número, autor, año y país de desarrollo, tipo de diseño metodológico y hallazgos clave. Estos estudios exploran, desde distintos enfoques clínicos, preclínicos y experimentales, la eficacia de las MOP en la aceleración del movimiento dentario ortodóncico, así como su relación con procesos biológicos vinculados a la reactivación celular, como la remodelación ósea, la respuesta inflamatoria y la actividad osteoclástica.

Tabla 1- Estudios incluidos en la revisión sistemática

N.º	Autor (año, país)	Diseño del estudio	Hallazgos clave
1	Liu <i>et al.</i> (2024, China)	Estudio retrospectivo	Mayor movimiento canino en MOP vs control; sin reabsorción radicular ni efectos sobre tejidos blandos
2	Zhou <i>et al.</i> (2024, China)	Ensayo clínico	Mayor retracción con MOP 3D sin efectos adversos; técnica precisa y segura
3	Bardideh <i>et al.</i> (2024, Irán)	Revisión sistemática metanálisis +	MOP no mejora la distalización molar; dolor posoperatorio leve
4	Gomes <i>et al.</i> (2024, Brasil)	Estudio por elementos finitos	MOP mejora movimiento inicial y distribución de tensiones en estructuras óseas

5	Sugimori <i>et al.</i> (2024, Japón)	Estudio en animales	MOP acelera OTM sin agravar reabsorción radicular; apoptosis localizada en hueso alveolar
6	Mordente <i>et al.</i> (2024, Brasil)	Ensayo clínico aleatorizado	MOP no acelera retracción de incisivos; sin diferencias en anclaje o reabsorción
7	Pérez-Cisneros <i>et al.</i> (2024, Puerto Rico)	Ensayo clínico boca dividida	MOP y corticotomía igual de eficaces en retracción canina; sin eventos adversos
8	Venkatachalapathy <i>et al.</i> (2023, India)	Ensayo clínico boca dividida	Frecuencia repetida de MOP duplicó la velocidad de retracción canina
9	Sahin y Baysal (2023, Turquía)	Ensayo clínico aleatorizado	MOP acorta fase de alineación sin comprometer la salud periodontal
10	Chandorikar y Bhad (2022, India)	Ensayo clínico aleatorizado CBCT	Una única MOP no incrementa reabsorción radicular ni pérdida ósea significativa
11	Kumar <i>et al.</i> (2022, India)	Ensayo clínico aleatorizado	MOP incrementa significativamente la retracción en masa; efecto sostenido post-MOP
12	Kinjo <i>et al.</i> (2022, Japón)	Estudio en animales (murino)	MOP aumenta expresión de TNF- α y osteoclastogénesis; aceleración mediada por células estromales
13	Bajaj <i>et al.</i> (2022, India)	Ensayo clínico boca dividida	MOP más eficaz que fotobiomodulación para acelerar retracción canina

Discusión

Los hallazgos de esta revisión sistemática confirman que las MOP constituyen una técnica mínimamente invasiva con potencial clínico significativo para acelerar el movimiento dentario ortodóncico. A partir de la síntesis de 13 estudios, se observa que MOP promueve una activación biológica favorable en la región de aplicación, estimulando la remodelación ósea y facilitando la migración dentaria sin efectos adversos clínicamente relevantes.

Varios ensayos clínicos controlados en humanos reportan un incremento consistente en la velocidad de retracción canina o alineación dental tras la aplicación de MOP, tanto en arcada maxilar como mandibular.^(1,2,8,9,11) Este efecto es particularmente evidente cuando las MOP se repiten durante fases críticas del tratamiento, como se muestra en estudios que indican una duplicación de la velocidad de movimiento respecto al grupo control.^(8,11) Tales resultados no solo

validan la hipótesis de que las MOP inducen reactivación celular local, sino que sugieren que su eficacia está modulada por la frecuencia y localización del procedimiento.

Desde una perspectiva biomecánica, los análisis por elementos finitos confirman que las MOP redistribuyen favorablemente las tensiones en el hueso alveolar y el ligamento periodontal, incrementando el movimiento inicial del diente y favoreciendo la activación tisular.⁽⁴⁾ Esta observación se complementa con estudios in vivo en modelos animales, donde se evidencia una mayor formación de osteoclastos, acompañada de una expresión incrementada de TNF- α en tejidos con MOP, lo que confirma su capacidad de estimular la cascada inflamatoria regulada que subyace a la remodelación ósea.^(5,12)

No obstante, los resultados no son homogéneos. Algunos estudios no encuentran diferencias estadísticamente significativas en la tasa de retracción dental entre MOP y grupos control.^(3,6,7) Estas discrepancias pueden atribuirse a factores como la variabilidad en la técnica aplicada, el número de perforaciones, la densidad ósea de los pacientes o la zona anatómica tratada. Por ejemplo, en la distalización molar, donde se requiere un mayor desplazamiento en masa de unidades dentarias posteriores, los efectos de MOP parecen ser más limitados.⁽³⁾ Asimismo, en retracciones anteriores masivas con aplicación única de MOP, su efecto se atenúa con el tiempo si no se refuerza la intervención.⁽¹⁰⁾

Respecto a la seguridad, los datos disponibles muestran que MOP no incrementa de manera significativa la reabsorción radicular ni provoca alteraciones relevantes en el hueso alveolar.^(5,10) En general, se reportan molestias leves y transitorias tras el procedimiento, lo que refuerza su perfil favorable de tolerancia clínica. Esta característica, sumada a su efectividad comparativa frente a otras técnicas como la fotobiomodulación,⁽¹³⁾ la posiciona como una herramienta de elección en determinados contextos clínicos.

La presente revisión cumple su objetivo de analizar la evidencia científica más reciente sobre la eficacia clínica de las MOP, y permite responder afirmativamente la pregunta científica planteada: las MOP son eficaces para inducir reactivación celular y acelerar el movimiento dentario ortodóncico, especialmente cuando se aplican con una frecuencia y localización adecuada. Esta evidencia favorece su incorporación en protocolos de tratamiento para reducir la duración del tratamiento sin comprometer la integridad tisular.

No obstante, persisten brechas que requieren atención investigativa. La heterogeneidad en los protocolos de MOP y la ausencia de estandarización limitan la extrapolación de los resultados. Futuros estudios multicéntricos con mayores tamaños muestrales, estandarización de la técnica y seguimiento a largo plazo permitirán validar con mayor solidez su efectividad y seguridad, así como definir pautas de aplicación basadas en la individualización del tratamiento.

En la práctica clínica, el uso de MOP debe considerarse en pacientes adultos con menor capacidad biológica de respuesta, en tratamientos prolongados o con movimientos complejos que justifiquen su aplicación como herramienta adyuvante. El ortodoncista debe valorar caso por caso, integrando la técnica dentro de un enfoque terapéutico basado en evidencia, seguridad y expectativas del paciente.

Conclusiones

Los hallazgos de esta revisión sistemática respaldan que las MOP constituyen una técnica eficaz para acelerar el movimiento dentario ortodóncico mediante la inducción de una respuesta biológica local que activa la remodelación ósea. La evidencia reunida permite afirmar que las MOP favorecen la reactivación celular en el entorno periodontal sin generar efectos adversos clínicamente significativos, lo

que las posiciona como una intervención mínimamente invasiva con aplicabilidad real en la práctica ortodóncica contemporánea.

Este estudio cumplió su objetivo de analizar la evidencia científica más reciente sobre la eficacia clínica de las MOP en ortodoncia, y permite concluir que la técnica responde satisfactoriamente a la pregunta científica planteada. La mayor efectividad se observa cuando la técnica se aplica con frecuencia controlada y en casos clínicamente indicados, como pacientes adultos con menor capacidad de respuesta biológica o en tratamientos prolongados que requieren aceleración terapéutica sin comprometer la salud periodontal ni radicular.

A futuro, es necesario fortalecer la estandarización de los protocolos de aplicación de MOP y realizar investigaciones con mayor poder estadístico, que evalúen de manera longitudinal sus efectos en diversos tipos de movimiento dentario. En términos clínicos, la integración de MOP como herramienta adyuvante debe contemplarse dentro de un enfoque individualizado, éticamente justificado y basado en la mejor evidencia disponible, con el propósito de optimizar los resultados del tratamiento ortodóncico y reducir su duración.

Referencias bibliográficas

1. Liu X, Yu J, Liu K. Retrospective analysis of mini-implant assisted micro-osteoperforation for accelerating canine movement in adult orthodontics. *BMC Oral Health*. 2025 May 9;25(1):695. <https://doi:10.1186/s12903-025-05751-7>.
2. Zhou Y, Shao Q, Bie M, Zhang J, Shi H, Kang F. Effect of 3D-printing assisted micro-osteoperforations on the rate of canine retraction: a clinical investigation. *BMC Oral Health*. 2025 Apr 20;25(1):605. <https://doi:10.1186/s12903-025-05939-X>.
3. Bardideh E, Ghorbani M, Disfani MF, Shafae H, Mehmani F. The effect of micro-osteoperforation (MOP) in molar distalization treatments: an exploratory

- systematic review and meta-analysis of RCTs. *Eur J Orthod.* 2025 Feb 7;47(2):cjaf004. <https://doi:10.1093/ejo/cjaf004>.
4. Gomes JRCL, Vargas IA, Rodrigues AFA, Gertz LC, Freitas MP, Miguens SAQ Jr, Ozkomur A, Hernandez PAG. Micro-osteoperforation for enhancement of orthodontic movement: A mechanical analysis using the finite element method. *PLoS One.* 2024 Aug 19;19(8):e0308739. <https://doi:10.1371/journal.pone.0308739>.
5. Sugimori T, Yamaguchi M, Kikuta J, Shimizu M, Negishi S. Micro-Osteoperforations Accelerate Tooth Movement without Exacerbating the Progression of Root Resorption in Rats. *Biomolecules.* 2024 Mar 2;14(3):300. <https://doi:10.3390/biom14030300>
6. Mordente CM, Oliveira DD, Palomo JM, Cardoso PA, Assis MAL, Zenóbio EG, Souki BQ, Soares RV. The effect of micro-osteoperforations on the rate of maxillary incisors' retraction in orthodontic space closure: a randomized controlled clinical trial. *Prog Orthod.* 2024 Feb 12;25(1):6. <https://doi:10.1186/s40510-023-00505-z>.
7. Perez-Cisneros C, Elías-Boneta AR, Rivas-Tumanyan S, Rodríguez-Reyes M, Polo M. Comparison of Corticotomy and Micro-osteoperforation during Canine Retraction: A Split-Mouth Design. *P R Health Sci J.* 2023 Dec;42(4):311-317. PMID: 38104288.
8. Venkatachalapathy S, Natarajan R, Ramachandran UM, Rajakumar P, Rangarajan S, Patil D, Manickavasagam V. Effect of Frequency of Micro-osteoperforation on Miniscrew- supported Canine Retraction: A Single-centered, Split-mouth Randomized Controlled Trial. *J Contemp Dent Pract.* 2022 Aug 1;23(8):781-787. <https://doi:10.5005/jp-journals-10024-3385>.
9. Faik Sahin M, Baysal A. The effect of micro-osteoperforation on the rate of tooth movement during the alignment stage in patients with mandibular

crowding: a randomised controlled trial. *Eur J Orthod*. 2023 Sep 18;45(5):505-516. <https://doi:10.1093/ejo/cjad017>.

10. Chandorikar H, Bhad WA. Impact of micro-osteoperforations on root resorption and alveolar bone in en-masse retraction in young adults: A CBCT randomized controlled clinical trial. *Int Orthod*. 2023 Mar;21(1):100714. <https://doi:10.1016/j.ortho.2022.100714>.

11. Kumar P, Rampurawala AH, Patil AS. Effect of micro-osteoperforations (MOPs) on the rate of en masse orthodontic tooth retraction: A randomized controlled trial. *J Orofac Orthop*. 2024 May;85(3):189-198. English. <https://doi:10.1007/s00056-022-00420-8>.

12. Kinjo R, Kitaura H, Ogawa S, Ohori F, Noguchi T, Marahleh A, Nara Y, Pramusita A, Ma J, Kanou K, Mizoguchi I. Micro-Osteoperforations Induce TNF- α Expression and Accelerate Orthodontic Tooth Movement via TNF- α -Responsive Stromal Cells. *Int J Mol Sci*. 2022 Mar 9;23(6):2968. <https://doi:10.3390/ijms23062968>.

13. Bajaj I, Garg AK, Gupta DK, Singla L. Comparative effect of micro-osteoperforation and Photo-biomodulation on the rate of maxillary canine retraction: A split mouth randomized clinical trial. *Clin Ter*. 2022 Feb 7;173(1):39-45. <https://doi:10.7417/CT.2022.2389>.