

Revisión Bibliográfica

Las Micro-Osteoperforaciones en la aceleración del tratamiento ortodóncico

Micro-Osteoperforations In Accelerating Orthodontic Treatment

Verónica Riquelme M¹, Sergio Arancibia C², Danton Moreno N³, Milton Ramos M⁴, Francisca Durán B⁵

1. Cirujano Dentista, Universidad San Sebastián.

2. Implantólogo Buco Máxilo Facial, Universidad de Chile

3. Ortodoncia y Ortopedia Dentomaxilar, CONACEO

4. Radiólogo Oral y Máxilo Facial, Universidad de Chile

5. Cirujano Dentista, Universidad Católica de Chile

Resumen

La demanda y la accesibilidad de la atención de ortodoncia ha ido en aumento, pero de igual forma ha ido acompañada de solicitudes de los pacientes para tiempos de tratamiento más cortos. Un tratamiento de ortodoncia más largo aumenta el riesgo de descalcificación, recesión gingival y reabsorción radicular, por lo que los tiempos de tratamiento más cortos tienen múltiples ventajas además de satisfacer los deseos del paciente. El objetivo de esta publicación es hacer una revisión bibliográfica del movimiento acelerado por microosteoperforaciones y exponer el procedimiento (MOPs) como una opción complementaria al tratamiento de ortodoncia convencional. Aún no existe suficiente apoyo de ensayos clínicos en humanos para establecer las MOPs como el Gold standard para lograr tratamientos más cortos. Con relación a esto, distintos autores publican conclusiones contradictorias, situación que nos motiva a explorar esta línea de investigación, para obtener protocolos costo efectivos que acorten los tiempos de tratamiento ortodóncico.

Palabras clave: micro-osteoperforaciones, ortodoncia, aceleración, movimiento dentario.

Abstract

The demand and accessibility of orthodontic care has been increasing, but it has also been accompanied by patient requests for shorter treatment times. Longer orthodontic treatment increases the risk of decalcification, gingival recession, and root resorption, so shorter treatment times have multiple advantages in addition to satisfying the patient's wishes. The objective of this publication is to review the literature on accelerated movement by microosteoperforations and expose the procedure (MOPs) as a complementary option to conventional orthodontic treatment. There is not yet enough support from human clinical trials to establish MOPs as the gold standard for shorter treatments. In relation to this, different authors publish contradictory conclusions, a situation that motivates us to explore this line of research, to obtain cost-effective protocols that shorten orthodontic treatment times.

Keywords: micro-osteoperforation, orthodontic, acceleration, tooth movement.

Introducción

En la actualidad un problema muy presente en ortodoncia es el tiempo prolongado de tratamientos, esta situación lleva a los pacientes, especialmente adultos, a evitar el tratamiento o buscar alternativas menos convenientes, pero más breves, frente a esta problemática, la búsqueda de métodos que disminuyan la duración del tratamiento sin comprometer el resultado es un desafío principal en la investigación en ortodoncia.

Así también, un tratamiento efectivamente optimizado por parte del clínico contempla un diagnóstico preciso y una acuciosa planificación de tratamiento, poniendo énfasis en conseguir una adecuada adherencia al tratamiento, por parte de nuestros pacientes. Estos componentes inciden fuertemente sobre la extensión del tratamiento. Sin embargo, el principal factor que controla la velocidad del movimiento dentario es la respuesta biológica frente a las fuerzas ortodóncicas. En la actualidad los factores que controlan la respuesta biológica son importante motivo de investigación.

Estudios actualizados han informado un aumento en la actividad de los marcadores inflamatorios como las quimiocinas y las citocinas en respuesta a las fuerzas de ortodoncia. Las quimiocinas desempeñan un papel importante en el reclutamiento de células precursoras de osteoclastos y citocinas, directa o indirectamente, a través de la vía de la prostaglandina E2 y la vía RANK/RANKL, conducen a la diferenciación de los osteoclastos a partir de sus células precursoras en osteoclastos maduros.

En general, se acepta que la tasa de movimiento de los dientes está controlada por la tasa de reabsorción ósea, que a su vez está controlada por la actividad de los osteoclastos.

La importancia de estos factores en el movimiento dentario puede apreciarse en estudios en los que el bloqueo de su efecto reduce drásticamente la tasa de movimiento dental. Por lo tanto, es de suponer que el aumento de la expresión de estos factores debería acelerar el movimiento dental. Estudios previos en animales han demostrado que realizar microosteoperforaciones (MOP) en el hueso alveolar durante el movimiento dental ortodóncico puede estimular la expresión de estos marcadores inflamatorios, lo que lleva a un aumento en la actividad de los osteoclastos y la tasa de movimiento dental.

La microosteoperforación (MOP) es un procedimiento basado en principios de la biología ósea que se ha desarrollado para hacer frente a la creciente demanda de un tratamiento de ortodoncia más corto, especialmente por parte de pacientes adultos. Es una técnica segura y de

baja morbilidad que se puede usar junto con cualquier aparato de ortodoncia, no solo para acelerar el movimiento de los dientes, sino también en amplia variedad de situaciones clínicas en Odontología.

Material y método

Para la revisión bibliográfica se utilizó el buscador online PubMed y Google Scholar, en donde se utilizaron los términos Mesh "micro-osteoperforation", "orthodontic", "acceleration", "tooth movement". Como criterio de inclusión se aceptaron estudios que tuviesen relación con el tema de esta revisión, artículos de investigación, revisiones y casos clínicos con estudios en humanos, que pudiesen ser encontrados y que hubiese sido posible acceder al texto completo. Se aceptaron artículos publicados en español o inglés. Como criterio de exclusión fueron descartados estudios en animales y estudios que hayan sido retirados por la revista original.

Resultados

Se obtuvo un total de 25 estudios. Además, se agregaron a esta búsqueda, 6 estudios que se identificaron por medio de búsqueda en otras fuentes. El total de artículos recolectados por medio de la búsqueda total fue de 31, de estos, 7 fueron eliminados por no tener relación al tema. Del total de estudios elegidos, se excluyeron artículos que no cumplieran con los criterios de inclusión, de estos, 3 artículos fueron eliminados por ser estudios en animales, 1 no fue posible encontrarlos y 2 no fue posible acceder al texto completo. El total de estudios analizados para esta revisión fue de 18.

Marco Teórico

Biología del movimiento dentario

El movimiento dentario es el resultado de la tracción y compresión a la que está sometido el ligamento periodontal por las fuerzas ortodóncicas. Desencadenan una actividad dinámica de procesos catabólicos (reabsortivos) y anabólicos (neoformativos) en los que participan osteoclastos, osteoblastos y osteocitos. La resorción ósea juega un papel significativo en el movimiento de los dientes. Por lo tanto, es fundamental la presencia de osteoclastos para llevar a cabo dicha tarea. Dichos osteoclastos se generan por un proceso de diferenciación celular a partir de células madre hematopoyéticas y de la actividad de precursores osteoclásticos indiferenciados. La compresión y la tensión inmediatamente deforman y comprimen los vasos sanguíneos y dañan células en el ligamento periodontal. La respuesta inflamatoria aguda aséptica inicial está marcada por una avalancha de quimioquinas y citoquinas (proteínas mediadoras de la

comunicación intercelular), osteoblastos, fibroblastos y células endoteliales. Las células inflamatorias infiltrantes mantienen altos niveles de quimioquina y citoquina para apoyar la diferenciación de precursores de osteoclastos en células gigantes multinucleadas que realizan el proceso de reabsorción del hueso alveolar que es necesario para que los dientes se muevan. De igual forma es importante la presencia continua de quimioquinas y citoquinas antiinflamatorias, que moderan los procesos proinflamatorios y osteolíticos destructivos.

Estos datos permitieron valorar y aprovechar las respuestas proinflamatorias para acelerar de forma segura el movimiento del diente con ortodoncia.

Si el hueso fuera irritado quirúrgicamente se iniciaría una cascada de inflamación que provocaría un aumento de la osteoclastogénesis causando un movimiento dental más rápido. Harold Frost publica una revisión del llamado "Fenómeno de Aceleración Regional", del inglés Regional Acceleratory Phenomenon (RAP). Explica que, frente a determinados estímulos, se producen reacciones complejas en los tejidos de mamíferos. El fenómeno ocurre regionalmente en un sentido anatómico, involucrando a tejidos blandos y duros y está caracterizado por una potenciación y aceleración de la mayoría de los procesos en actividad de los tejidos vitales normales. Se postula que pueden representar un mecanismo de emergencia que evolucionó para favorecer la cicatrización y las reacciones defensivas del tejido local. Al mejorar las diversas etapas curativas, este fenómeno hace que la curación ocurra 2 a 10 veces más rápido que la curación fisiológica normal (1).

Diversos factores influyen en la regulación o desequilibrio del ciclo de remodelado, entre los que destacan el sistema intercelular proteico RANK/RANKL/OPG, encargado de la activación y diferenciación de células óseas. Induce a la formación de osteoclastos y a la presencia de varios mediadores inflamatorios como las citocinas IL-1, IL-8, TNF-Alpha.

Para entender el principio en el que se basa la técnica de las micro-osteoperforaciones es necesario recordar cuál es la fisiología del metabolismo óseo y qué recursos pueden modificarlo favorablemente.

Componentes del Tejido Óseo

El tejido óseo está compuesto por células y matriz extracelular. Las células más importantes y decisivas en la reabsorción y neoformación del hueso son los osteoblastos y los osteoclastos. La matriz extracelular, que es un medio de integración fisiológico, tiene componentes moleculares orgánicos e inorgánicos. Los orgánicos son el colágeno Tipo I (cuya función principal es la resistencia al estiramiento),

las proteínas y los proteoglicanos (moléculas moduladoras de señales en procesos de comunicación entre las células y su entorno). El componente inorgánico primordialmente está compuesto por calcio y fósforo. La conjunción del material orgánico e inorgánico es la que va a dar una de las características más importante del hueso: integridad mecánica y elasticidad. (Fig. 1).

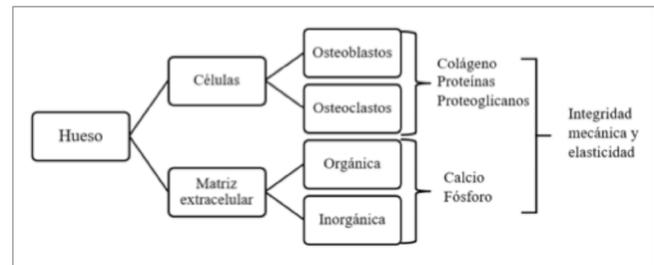


Figura 1. Componentes del hueso.

Intercomunicación celular

Las células pueden detectar lo que ocurre a su alrededor y responder en tiempo real a las señales que provienen del medio ambiente y de sus vecinas, envían y reciben millones de mensajes en forma de moléculas señalizadoras. A este proceso se le llama "señalización celular".

Generalmente son señales químicas a través de proteínas u otras moléculas producidas por una célula emisora. (2) Esta señal puede ser captada por ella misma o ser secretadas y liberadas al espacio extracelular. No todas las células pueden captar un mensaje específico. Cuando una célula tiene el receptor adecuado para esa señal es llamada "célula diana".

Cuando una molécula señalizadora se une a su receptor, altera la forma o la actividad del receptor, lo que desencadena un cambio dentro de la célula. Debido a que las moléculas señalizadoras funcionan uniéndose a receptores específicos, estas moléculas se conocen como ligandos, un término general para las moléculas que se unen de manera específica a otras moléculas. El mensaje que lleva el ligando con frecuencia pasa a través de una cadena de mensajeros químicos dentro de la célula y conduce finalmente a un cambio en la misma, como una modificación en la actividad de un gen o incluso la inducción de todo un proceso como la división celular. Así, la señal intercelular se convierte en una señal intracelular que dispara una respuesta.

Formas de señalización

La señalización intercelular implica la transmisión de una señal de una célula emisora a una receptora y existen cuatro categorías básicas de señalización química en los

organismos multicelulares, que depende de la distancia entre las células y puede ser por contacto directo, paracrina, autocrina y endócrina.

Una de ellas es la señalización paracrina en que las células están cerca unas de otras y se comunican mediante la liberación de mensajeros químicos. La señalización paracrina permite a las células coordinar sus actividades de manera local con sus vecinas. Aunque se usan en muchos contextos y tejidos, las señales paracrinas son especialmente importantes durante el desarrollo, cuando permiten que un grupo de células comunique a un conjunto de células vecinas qué identidad celular debe adoptar.

Activación y diferenciación de células óseas: Sistema RANK/RANKL

La vía RANK/RANKL es un sistema intercelular proteico encargado de la activación y diferenciación de células óseas. (3) RANK son siglas del inglés Receptor Activator for Nuclear Factor κ B y RANKL es el ligando correspondiente. El factor nuclear kappa Beta (κ B) es un complejo proteico que controla la transcripción del ADN. Una desregulación en alguno de sus componentes puede generar un aumento en la reabsorción ósea. Esta es la base biológica del accionar de las MOPs.

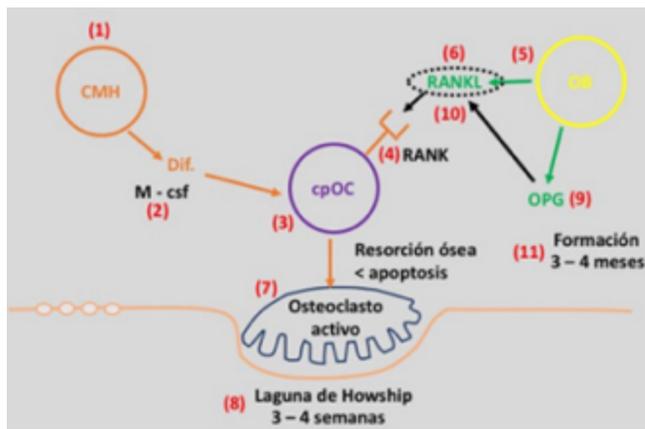


Figura 2. vía RANK/RANKL.

1. A partir de la célula madre hematopoyética (CMH) (1), por procesos de diferenciación estimulados por el factor estimulante de colonias de macrófagos (m-csf), que es una citoquina, (2) se va a diferenciar una célula precursora osteoclástica (cpOC) (3).
2. La célula precursora osteoclástica tiene un receptor de RANK (4).
3. El osteoblasto (OB) (5) segrega RANKL (6) que es un ligando que se une a Rank.

4. Este estímulo hace que la pcOC se diferencie en Osteoclasto Activo (7) el cual favorece la reabsorción ósea y disminuye la apoptosis (muerte de los osteoclastos).
5. Se generan las lagunas de Howship (8) que estarían presentes durante 3 a 4 semanas.
6. El osteoblasto también segrega otra sustancia llamada osteoproteína (OPG) (9) que va a denegar los efectos anteriormente descritos a través de un señuelo que actúa uniéndose al ligando RANKL (10), disminuyendo la actividad de esta vía.
7. Cuando actúan los osteoblastos, acción que generalmente continúa, se da el proceso de formación o de re-osificación y este proceso tarda de 3 a 4 meses (11). Puede verse qué activa y qué desactiva el sistema de reabsorción y de formación o re-osificación.

Los osteoclastos (macrófagos) van a promover, entre otros, la formación de citoquinas proinflamatorias. En la membrana periodontal, a nivel molecular, existen proteínas esenciales para la comunicación intercelular llamadas "mediadores". Por ejemplo, las citoquinas y quimioquinas son pequeñas proteínas (3), producidas y secretadas en forma transitoria por efecto de un estímulo, que permiten el intercambio de información entre las diferentes células durante el proceso de inflamación que pueden influir en la presencia de mediadores llamados "marcadores inflamatorios". La propuesta de las MOPs se presenta como un procedimiento actualizado auxiliar de micro trauma controlado a nivel dentoalveolar, que favorecería la presencia de estos marcadores inflamatorios, que podrían acelerar el movimiento del diente a través de intervenciones quirúrgicas mínimas (4).

Las fuerzas ortodóncas por sí mismas desencadenan vías inflamatorias y actividad osteoclástica, por lo cual se presume que dicho micro trauma amplificaría la expresión de marcadores inflamatorios que normalmente se expresan durante el tratamiento de ortodoncia y que esta respuesta amplificada aceleraría, tanto la resorción ósea, como el movimiento dental. Para probar lo mencionado Mani Alikhani y col. Lo probaron en su ensayo clínico con retracción de caninos. Esta se midió en los modelos dentales en 3 puntos: tercios incisal, medio y cervical de las coronas. En promedio, los MOP aumentaron la tasa de retracción canina en 2,3 veces en comparación con el grupo de control y el lado contralateral del grupo experimental, lo que fue estadísticamente significativo (5).

Alikhani de esta manera afirma... "Este fue el primer estudio del efecto de los MOP en la tasa de movimiento de los dientes en humanos. Hemos demostrado que los MOP son un procedimiento efectivo, cómodo y seguro que acelera

significativamente el movimiento de los dientes y podría resultar en tratamientos de ortodoncia más cortos. Son necesarios futuros estudios sobre el efecto del número y la frecuencia de las MOP.”

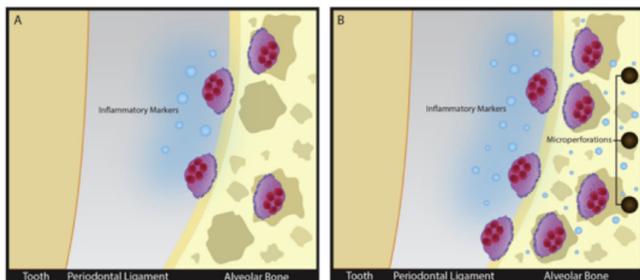


Figura 3. Efecto de las Mops en la osteoclastogénesis. a) Expresión de las marcas inflamatorias y la formación de osteoclastos en respuesta a las fuerzas ortodóncicas. b) Las mops aumenta el nivel de los marcadores inflamatorios tal cual son ccl-2, ccl-3, ccl-5, il-8, il-1, tnf-A y il-6, conduciendo al aumento de la osteoclastogénesis. Fuente Mani Alikhani 2013. (5)

Técnicas de ortodoncia acelerada

En cuanto a tiempo los tratamientos de ortodoncia generalmente se extienden entre 12 a 48 meses. Existen diversos métodos disponibles para acelerar el movimiento dental los cuales podemos agrupar en “no quirúrgicos” como, por ejemplo: la medicación y la estimulación física/mecánica; y los “quirúrgicos” que tienen como objetivo irritar quirúrgicamente al hueso para crear una herida. Esta herida inicia una respuesta inflamatoria localizada. Debido a la presencia de los marcadores inflamatorios, los osteoclastos migran a la zona y causan resorción ósea, buscada para acelerar el movimiento. Entre estas técnicas encontramos la corticotomía, la piezocisión y las microosteoperforaciones, de la cual hablaremos a continuación.

Micro-osteoperforación (MOP)

Entre las diversas técnicas asistidas por cirugía que se han utilizado a lo largo de los años, las microosteoperforaciones (MOP) son un método relativamente nuevo que se utiliza para inducir y estimular el recambio óseo alveolar. Además, la ventaja de esta técnica es lo mínimamente invasiva en las estructuras circundantes, ya que no se levanta un colgajo ni se realizan cortes en el hueso cortical para facilitar el movimiento del bloque óseo. (6) El movimiento dentario es principalmente un “fenómeno periodontal”, (7) con la inducción de una inflamación aséptica en respuesta a las fuerzas de ortodoncia que conducen a una mayor infiltración de leucocitos. Esto genera un ciclo continuo con un mecanismo de retroalimentación positivo cortesía de las quimiocinas y citocinas liberadas por los osteoblastos y fibroblastos nativos y recién derivados en la vecindad (8).

Las microosteoperforaciones (MOP) consisten en corticotomías/perforaciones circulares de al menos 1,5 mm de ancho y de 2 a 3 mm de profundidad⁶ utilizando distintos mecanismos como micro tornillos, instrumental rotatorio, propulsor mecánico entre otros. (9)

Es una técnica complementaria de la ortodoncia. La premisa básica de la aceleración asistida quirúrgicamente es inducir un traumatismo en el hueso en la región donde se requiere aceleración. En general, las técnicas asistidas por cirugía son invasivas y, tienen desventajas tales como pérdida ósea, dolor postoperatorio, edema e infección, necrosis avascular etc. Ello determina baja aceptación por parte de los pacientes. Para reducir el carácter invasivo de la irritación quirúrgica del hueso se practicó otro método para acelerar el movimiento dental en conjunción con el tratamiento ortodóncico con fuerzas ligeras. Se trata de las MOPs, que implican la producción de múltiples perforaciones transmucosas dentro del hueso alveolar, situadas muy cerca de la región de movimiento dental deseado y en configuraciones específicas, dependiendo del movimiento requerido. Según distintos autores la base es la respuesta inflamatoria aséptica natural del cuerpo al trauma físico. El micro trauma controlado en forma de MOPs mantiene la integridad y la arquitectura de los tejidos duros y blandos, amplifica la expresión de marcadores inflamatorios que normalmente se expresan durante el tratamiento de ortodoncia, y esta respuesta amplificada, acelera la resorción ósea, el movimiento dental y el aumento de la densidad ósea regional. (10)

Indicaciones

Podrían ser un recurso en múltiples aplicaciones como por ejemplo acelerar la retracción de caninos, cerrar un diastema, alinear y nivelar un molar, distalar varios dientes simultáneamente, alinear un sector (Fig. 4.A, B, C, D) favorecer la intrusión o la extrusión, auxiliar en la expansión palatina, reactivar áreas de extracciones antiguas, facilitar la corrección de rotaciones dentarias, aumentar el espesor del hueso alveolar, facilitar la erupción de dientes retenidos que han sido liberados, etc

Ubicación

Área de aplicación

Las MOPs se realizan, salvo excepciones, próximas a la pieza sobre la que se aplicará la fuerza ortodóncica. Dado que se utilizan con múltiples propósitos, deberían ser analizadas en las diferentes regiones dentoalveolares de cada caso particular para ejercer el efecto deseado (11).

El efecto máximo se puede obtener cuando los MOP se aplican cerca de los dientes objetivo y lejos de los dientes

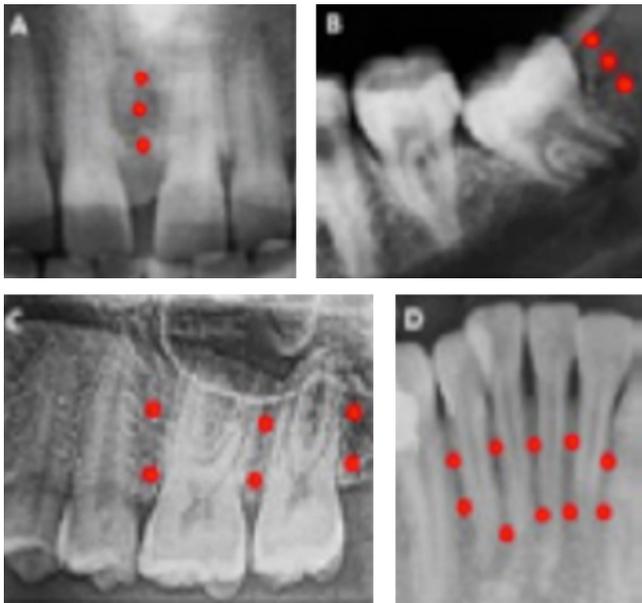


Figura 4. Distintas aplicaciones de Mops. a) Cierre de diastema. b) Alineación molar. c) Distalización de un segmento. d) Alineación de un sector.

de anclaje. Los MOP se realizan generalmente en la superficie bucal entre las raíces, en la cresta alveolar (en caso de extracción) o, si es necesario, en la superficie lingual entre las raíces (Fig. 5 y 6).

Si el diseño mecánico proporciona una aplicación de fuerza precisa en una determinada dirección, se deben aplicar MOP alrededor del diente objetivo para estimular una mayor remodelación ósea (Fig. 7a).

Es posible fomentar el movimiento en la dirección deseada enfocando la aplicación de los MOP en una dirección, compensando las deficiencias mecánicas para guiar el movimiento preciso (Fig. 7B).



Figura 5. Área de aplicación de MOPs para estimulación catabólica. Para aprovechar los efectos de reabsorción ósea de los MOP, las perforaciones se ubican mesial y distal del diente objetivo en el área de la encía adherida.

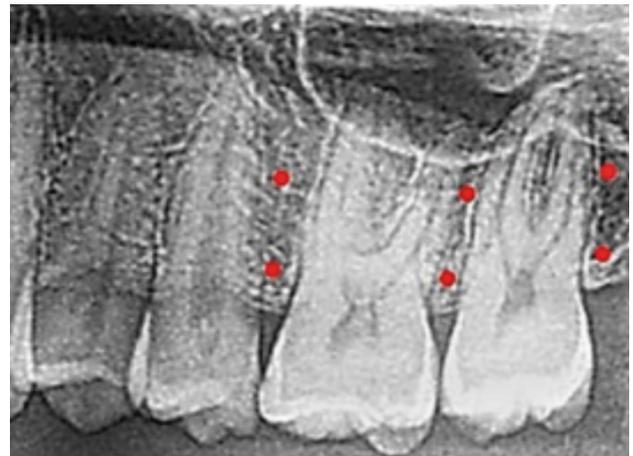


Figura 6. Puntos rojos: Regiones en las que se aplicaron las microosteoperforaciones

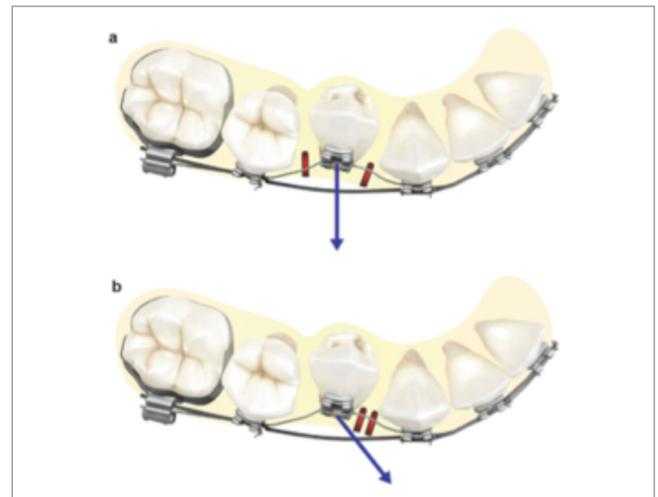


Figura 7. Aplicación estratégica de MOP en función de la dirección de movimiento deseada. En algunas configuraciones, como el uso de un alambre superpuesto, la dirección del movimiento la dicta el alambre y es difícil de controlar por el médico. Los trapeadores se pueden aplicar alrededor del diente objetivo para el movimiento bucal en la dirección de la flecha azul (a). Sin embargo, la aplicación de MOP unilaterales facilita el desplazamiento en una dirección particular (que se muestra con una flecha azul) y le permite al médico tener un mejor control sobre la dirección del movimiento (B)

Altura

Los límites superior e inferior de los MOP se pueden determinar en relación con la unión mucogingival (MGJ). Los trapeadores deben colocarse dentro de la encía adherida a 1 mm apical a la MGJ (Fig.8). Cuando se observa una resistencia al movimiento de la raíz, las MOP se colocan más apicalmente.

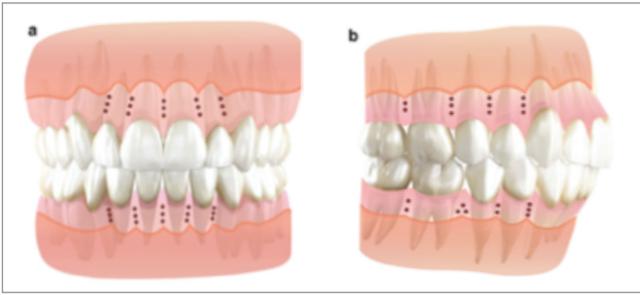


Figura 8. A) Aplicación de MOPs en la tabla cortical bucal. La altura de aplicación de los MOP debe limitarse junto a la encía para la comodidad del paciente. a) Altura de aplicación de los trapeadores alrededor de los dientes anteriores, B) la aplicación de MOP alrededor de los dientes posteriores puede tener una distribución y un número diferentes, según lo determinado por la proximidad de la raíz, la accesibilidad y el ancho de la encía adherida.

La ubicación de la raíz y la angulación deben tenerse en cuenta al realizar los MOP. Los mops deben aplicarse mesial y distal a la raíz del diente que se va a mover.

Colocación Vestibular/lingual

Las microosteoperforaciones se pueden aplicar tanto a nivel cortical vestibular como lingual. La tabla cortical vestibular es el lugar más favorable para la colocación de MOP. Sin embargo, cuando la tabla cortical vestibular afecta el movimiento del diente, los MOP se puede aplicar en la tabla lingual. En este sentido, se utilizan aparatos de contra-ángulo para facilitar la aplicación de las MOP en la tabla lingual (Fig.9). En los casos en que la reabsorción ósea disminuyó significativamente el ancho y la altura del hueso alveolar, lo que disminuyó el hueso cortical vestibular y lingual, se pueden aplicar MOP en la parte superior de la cresta.



Figura 9. Dispositivos de contra-ángulo (manual o rotatorio) para acceder a las tablas corticales linguales y las superficies corticales bucales posteriores. También facilitan la perforación de hueso grueso que puede resistir el uso de dispositivos portátiles.

Número y profundidad de MOP

Por lo general, dos a cuatro perforaciones por sitio son ideales. Sin embargo, cuando no es posible el mayor número de MOP, se puede aumentar la profundidad de perforación para compensar el menor número de perforaciones.

Debe tenerse en cuenta el grosor del tejido blando y la tabla cortical al decidir la profundidad de la perforación de la cortical. En general, se recomiendan MOP con profundidades de penetración de 3 a 7 mm en el hueso.

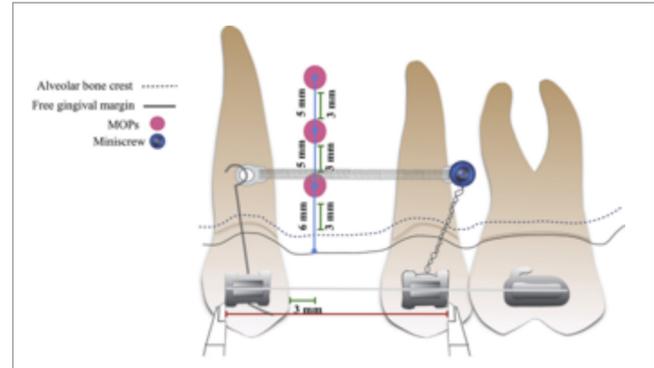


Figura 10.

Imagenología

C. Sangsuwon y col. Nos dice en su estudio "La calidad del hueso, la ubicación del seno, la proximidad del nervio alveolar inferior, la distancia entre las raíces y la longitud de las raíces deben evaluarse en la radiografía panorámica justo antes de la aplicación de MOP. Las radiografías tomadas dentro de los 6 meses anteriores al tratamiento con MOP se pueden usar para la evaluación."(11)

Muhammad Khan y col. en su estudio publican "Los estudios previos informados sobre la respuesta ósea a la ortodoncia acelerada asistida quirúrgicamente se han centrado principalmente en la evaluación radiográfica de los cambios en la densidad ósea en lugar de los parámetros microestructurales del hueso.(12) La evaluación combinada de la densidad mineral ósea y los parámetros microestructurales trabeculares puede brindar información más detallada sobre la calidad del hueso. (13) Hay varias modalidades radiográficas tridimensionales disponibles para evaluar los parámetros de la microestructura del hueso trabecular. Sin embargo, esta técnica está limitada para sujetos humanos a la exposición desproporcionada de radiaciones (tomografía computarizada multidetector, tomografía computarizada cuantitativa periférica de alta resolución), rango limitado de sitios de exploración (tomografía microcomputada [micro-CT]) y accesibilidad restringida (tomografía computarizada de alta resolución). imagen de resonancia magnética) (14,15). Los efectos de los MOP en la tasa de movimiento dental ortodóncico y los parámetros del hueso trabecular se han informado en modelos animales utilizando micro-CT,(16,17) y se considera que es el estándar de oro para evaluar los parámetros microestructurales del hueso alveolar trabecular

radiográfico. Sin embargo, su aplicación en el modelo experimental humano no es posible debido a la limitada gama de sitios de exploración. La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) en la práctica dental tiene varias ventajas sobre otras modalidades de tomografía computarizada (TC). Estudios recientes en humanos han informado el papel de CBCT en la evaluación de parámetros microestructurales óseos (15-18). La investigación en este aspecto es limitada a pesar de que estudios recientes muestran buenos resultados para la evaluación microestructural ósea mediante CBCT" (15).

Por otra parte, Laura Mac Donald y col. Nos expresa respecto a su revisión sistemática "Una limitación importante de los estudios incluidos fue la falta de radiografías que evaluaran la angulación de la raíz. (19)

Dependiendo de la angulación del tratamiento previo de las raíces y el tipo de movimiento dentario necesario, la tasa de OTM puede verse significativamente afectada.(20) Se ha encontrado que el movimiento dentario puede variar entre 0,56 mm/mes para movimientos de tipping controlado y 0,42 mm/ mes para movimientos de traslación. (20) La falta de control o definición del tipo de OTM en la investigación de ortodoncia hace que el análisis de los movimientos dentales sea imposible de reproducir y evaluar y puede conducir a una sobreestimación del efecto del tratamiento.Sólo seis estudios informaron haber tomado radiografías para evaluar el paralelismo de las raíces y la inclinación de los caninos y no todos tomaron radiografías de seguimiento a medida que avanzaba el tratamiento". (19).

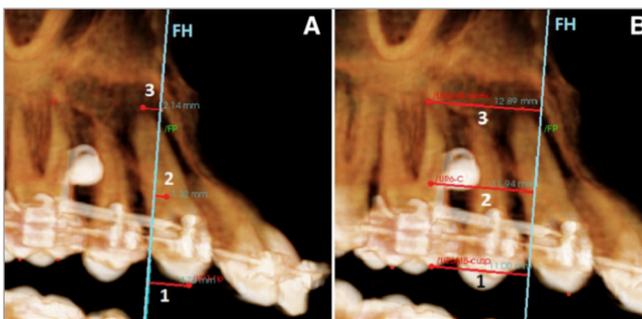


Figura 11. Vistas volumétricas de CBCT que muestran medidas de retracción canina; 1: distancia movida de la punta de la cúspide del canino superior derecho (desde la punta de la cúspide del canino hasta la FP), 2: distancia movida del centro del canino superior derecho (desde el centro del canino hasta la FP), 3: distancia movida del ápice de la raíz del canino superior derecho (desde el ápice de la raíz del canino hasta la FP). B Mediciones de pérdida de anclaje del primer molar; 1: pérdida de anclaje de la punta de la cúspide mesiovestibular (MB) (desde la punta de la cúspide de MB hasta FP), 2: pérdida de anclaje del centro (desde el centro de la raíz de MB hasta FP), 3: pérdida de anclaje del ápice de la raíz de MB (desde el ápice de la raíz de MB hasta FP)

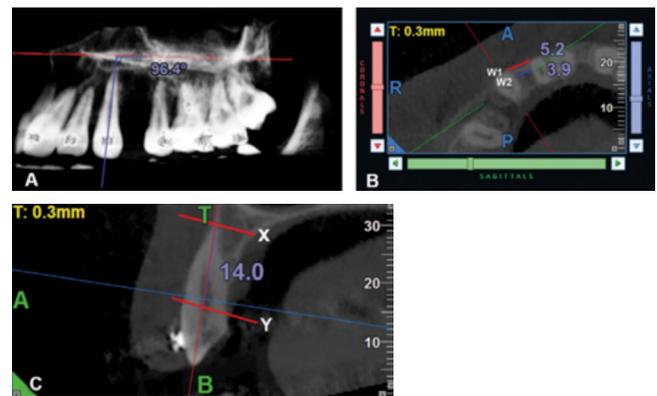


Figura 13. (A) El ángulo formado por el eje largo del canino al plano palatino en la ventana de representación tridimensional. (B) Sección axial que muestra el ancho del hueso interradicular en la tabla vestibular externa (W1) y en el contorno máximo de las raíces (W2). (C) Sección sagital que muestra la distancia entre X (la línea que une la UCE bucal y lingual) e Y (línea dibujada paralela a la línea X a través del vértice de la raíz)

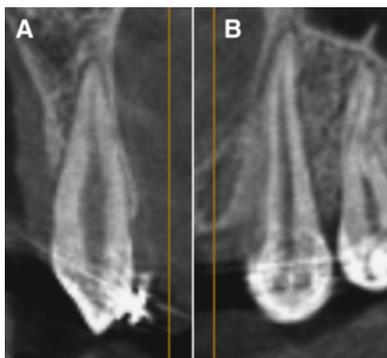
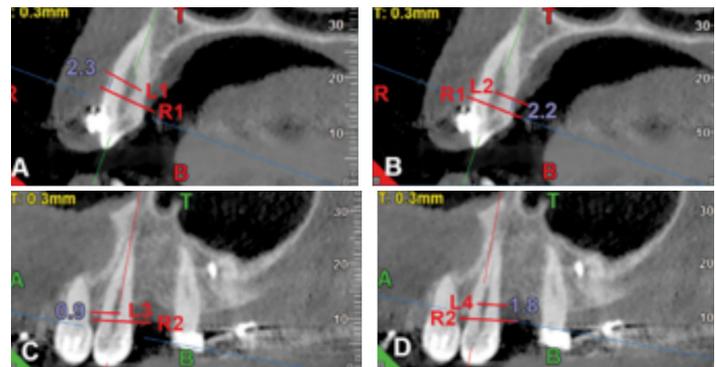


Figura 12. Imagen del canino en CBCT reorientada para mostrar la longitud máxima de la raíz del canino, en A la sección transversal vestibulopalatina y B la sección transversal mesiodistal.

Figura 14. Nivel óseo alveolar: (A) Vestibular: distancia perpendicular entre L1 y R1. (B) Palatino: distancia perpendicular entre L2 y R1. (C) Mesial: distancia perpendicular entre L3 y R2. (D) Distal: distancia perpendicular entre L4 y R2. R1: línea de referencia que une el punto medio de la CEJ en la superficie vestibular y palatina del canino. R2: línea de referencia que une el punto medio de la CEJ en la superficie mesial y distal del canino. L1: línea paralela a R1, dibujada en el hueso crestral marginal en la superficie bucal. L2: línea paralela a R1, dibujada en el hueso crestral marginal en la superficie palatina. L3: línea paralela a R2, trazada en el hueso crestral marginal en la superficie mesial. L4: línea paralela a R2, dibujada en el hueso crestral marginal en la superficie distal.



Consideraciones

Como regla general debe tenerse en cuenta informar al paciente sobre los procedimientos a realizar y documentar su consentimiento (consentimiento informado). Al igual que en cualquier otro procedimiento quirúrgico, conlleva las mismas contraindicaciones:

1. Enfermedad periodontal activa no tratada.
2. Osteoporosis no controlada u otras patologías óseas locales o sistémicas.
3. Uso a largo plazo de medicamentos como por ejemplo agentes antiinflamatorios, antibióticos, bloqueadores de los canales de calcio, inmunosupresores, etc.

Son considerados de riesgo los pacientes diabéticos, con desórdenes endócrinos, alteraciones cardíacas, hepáticas, renales, embarazadas, fumadores y consumidores de alcohol.

Procedimientos clínicos y quirúrgicos

- El tratamiento ortodóncico con aparatología fija es iniciado de acuerdo con el diagnóstico y al plan de tratamiento previsto, incluyendo los requerimientos de anclaje. Las MOPs no cambian las leyes físicas y mecánicas que rigen el movimiento dentario. El acortamiento del tiempo de tratamiento solo sería posible combinando un diseño mecánico correcto complementado con el uso de las MOPs.
- El término reactivación se refiere a acciones sobre la aparatología ortodóncica en tanto que reintervención al acto de repetir las MOPs.
- Tanto la frecuencia de reactivación como de reintervención varía según la opinión de distintos autores. En líneas generales puede decirse que, en casos clínicos sin extracciones las MOPs se practican en conjunto con la activación ortodóncica inicial. En los casos con extracciones, en que el fenómeno RAP se inicia como consecuencia de ellas, las MOPs se indican 2 a 3 meses posteriores a la exodoncia. (5, 21, 22, 23) Attri y col. aclaran que en los ensayos clínicos las extracciones fueron realizadas con anticipación para evitar que interfieran en los resultados puros de las MOPs. Esta consideración debe ser tenida en cuenta. (24) Juega un rol en la toma de decisión el objetivo ortodóncico, el área de acción, la edad del paciente, entre otros.
- Debe realizarse un estudio de imágenes del área a abordar. Habitualmente se utilizan radiografías periapicales para determinar la ubicación de las MOPs.

- El espesor de la mucosa adherida puede medirse con una sonda periodontal que, a la vez, dejará la impronta para su posterior ubicación.

Procedimiento

El siguiente protocolo se utiliza para realizar el procedimiento de MOP(11)

- Pedir al paciente que se enjuague la boca con 15 ml de solución oral de clorhexidina durante 30 s.
- Seleccione el área de aplicación de MOPs. Utilice un retractor de labios/mejillas para un acceso despejado.
- Para eliminar el exceso de saliva y secar la zona, limpie la zona con una gasa húmeda o un rollo de algodón.
- Aplique anestesia tópica en el área planeada para la inyección anestésica y déjela por 1 a 2 minutos.
- Inicie la infiltración local con punta de aguja fina. La cantidad de anestesia para un lugar es aproximadamente un cuarto de carpule o menos. Espere unos minutos después de la inyección y utilice una sonda o un explorador para comprobar si la zona está suficientemente anestesiada.
- Configure la herramienta MOP estéril con una punta desechable ajustada a la longitud adecuada y perforo suavemente la placa cortical en el área de interés con un ligero movimiento de rotación estable. Retire la herramienta suavemente girándola en la dirección opuesta después de que la perforación alcance la profundidad establecida.
- Un ligero sangrado es normal y se puede detener usando una gasa húmeda o algodón prensado en el sitio del MOP.
- Evaluar el área.

Cuidado postoperatorio de MOP

En caso de malestar, se recomienda al paciente que tome analgésicos, como paracetamol. Medicamentos antiinflamatorios (como antiinflamatorios no esteroideos) no deben prescribirse ya que dichos medicamentos inhiben el efecto inflamatorio de los MOP, lo que hace que el procedimiento sea ineficaz.

En caso de mala higiene bucal o en pacientes con salud comprometida, se recomiendan enjuagues con clorhexidina. Aconseje al paciente que no cambie sus hábitos de cepillado y uso de hilo dental en el área donde se han aplicado los MOP. (11)

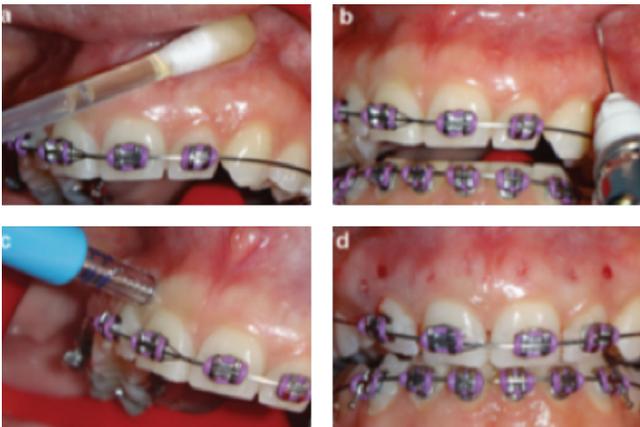


Figura 15. Realización paso a paso de MOPs en la zona anterior. A) Aplicación de anestésico tópico, B) aplicación de anestésico local, C) aplicación de MOP, D) encía adherida inmediatamente después de la aplicación de MOP.

Métodos para realizar las MOPs

Se distinguen distintos métodos para realizar las MOPs:

- a. Utilización de instrumental rotatorio,
- b. Utilización de mini implantes,
- c. Utilización de propulsor mecánico que se comercializa con tal fin.

1) Utilización de instrumental rotatorio con fresa standard

La utilización de instrumental rotatorio implica el uso de micromotor con reducción de torque y con abundante irrigación. Pueden ser realizadas con una fresa de tungsteno de 0,8 mm y el uso de micromotor con reducción de torque de 1:16.000 revoluciones y con abundante irrigación (Fig. 16). (25)



Figura 16. Mops realizadas con micromotor con reducción de torque de 1:16.000 revoluciones. fuente: Carolina Minte Hidalgo.

2) Utilización de instrumental rotatorio con fresa perforadora específica

Un perforador específico (drill) fue diseñado por el Dr. Kim Jae Hoon apropiadamente para realizar las MOPs, utilizable con irrigación y bajas revoluciones. Está confeccionado en tres medidas ajustadas a las profundidades que se desea perforar (3mm, 5mm y 7mm de longitud) con topes integrados en el diseño de la fresa. Tiene la facilidad de generar múltiples perforaciones sin fatigar la muñeca del operador.

3) Utilización de mini implantes

La colocación de mini tornillos en ortodoncia se ha convertido en un hecho casi diario en muchas prácticas clínicas. A menudo, la colocación de micro tornillos y la micro-osteoperforación alveolar se pueden emplear para aplicaciones específicas en el mismo individuo. Los pacientes y los ortodontistas deben entender la facilidad de la colocación de los mini tornillos. Se aclara que las MOPs es un procedimiento fácil de realizar en el consultorio (no es imprescindible pabellón) e igualmente fácil de tolerar por el paciente. La microinvasividad del tratamiento permite que el paciente regrese de inmediato a sus actividades normales.



Figura 17. Aplicación clínica de MOPs con el dispositivo de perforación.

4) Utilización de propulsor

Es un dispositivo esterilizable diseñado exclusivamente para realizar el procedimiento de alveocentesis (MOPs). (5-10-25) El instrumento proporciona un borde de ataque quirúrgico de acero inoxidable similar en apariencia a un mini tornillo de ortodoncia, pero con un diseño para perforar atraumáticamente el alvéolo directamente a través de la encía queratinizada y la mucosa móvil (Fig. 18).

La punta de acero inoxidable quirúrgico tiene 1,6 mm de diámetro en su parte más ancha. Posee un dial de profundidad ajustable a 1 mm, 3 mm, 5 mm, y 7 mm, dependiendo de la zona de operaciones. Los tornillos de perforación de un solo uso se empaquetan individualmente y se esterilizan con radiación gamma.



Figura 18. Aparato de mano diseñado por Propel Orthodontics (Ossining, NY) para realizar MOP. El aparato tiene una longitud ajustable y una señal luminosa que se enciende al alcanzar la profundidad deseada durante el procedimiento.

Reabsorción radicular

Dos Santos y col. en su estudio realizado en pacientes sometidos a retracción en ortodoncia con sistema Propel y micro tornillos (revisión sistemática y metaanálisis) indica que Los MOP parecen no tener efecto sobre la reabsorción radicular, la pérdida de anclaje, la salud periodontal y el dolor/malestar. También produjeron más impacto en la calidad de vida inmediatamente después de las perforaciones y durante los 3 días posteriores. (26)

Amal Alkebsi y col. en un ensayo clínico controlado indica que Se observaron cantidades similares de reabsorción de raíces en los lados MOP y de control; esto no fue clínicamente significativo. (22)

Amira A. y col. En un ensayo controlado aleatorizado de boca dividida MOP, determinó que no aumentó ni disminuyó la reabsorción radicular inducida por ortodoncia. No se detectaron efectos adversos a largo plazo en la mucosa alveolar después del procedimiento MOP. (27)

Kemal Gulduren y col. en su estudio anuncia "se deben considerar los efectos de los MOP en la reabsorción del hueso alveolar y de la raíz. Alkebsi et al. no encontró un efecto significativo de los MOP en la reabsorción de la raíz en 3 meses a partir de radiografías periapicales. Sin embargo, era dudoso realizar mediciones en estructuras 3D utilizando rayos X periapicales 2D. Chan et al. mostró en un estudio de tomografía micro computarizada que los MOP dieron como resultado una mayor reabsorción de la raíz de ortodoncia en 28 días. Sin embargo, el período mencionado fue corto para predecir la reabsorción radicular durante todo el tratamiento. En nuestro estudio, las radiografías periapicales finales de rutina de los sujetos no muestran ninguna evidencia de reabsorción ósea radicular o alveolar. Dado que las imágenes 3D proporcionadas por la tomografía computarizada de haz

cónico (CBCT) son mejores para la evaluación precisa de las raíces y el hueso alveolar, se pueden diseñar estudios CBCT a largo plazo con MOP." (28)

Saritha Sivarajan y col. concluye que la Evidencia de alta calidad mostró que los MOP no tienen ningún efecto sobre el dolor, la recesión gingival y la reabsorción radicular. (21)

Discusión

Un número importante de publicaciones afirman resultados positivos en cuanto a reducción del tiempo de tratamiento. (10)

Saritha Sivarajan y col. demostraron que la retracción canina por mes en un tratamiento ortodóncico convencional fue de 0,28 mm mientras que con MOPs se verificó una distancia media de 0,63 mm.(21)

Khalifa S. y col. en su revisión sistemática determina que Una forma de seguir evaluando la eficacia de los MOP y si realmente aceleran el tiempo de tratamiento general de la terapia de ortodoncia incluye realizar ensayos clínicos durante más tiempo, preferiblemente hasta el final del período de tratamiento por completo. Además, se recomienda encarecidamente el reclutamiento y el seguimiento de tamaños de muestra más grandes. (29)

Stephy Thomas y col. en un ensayo clínico controlado aleatorio de boca dividida, determina que La microosteoperforación puede provocar un aumento en la tasa de movimiento dental sin efectos adversos periodontales durante un período breve. El aumento del movimiento dentario en 1,5 veces fue evidente hasta 45 días después del procedimiento MOP, que disminuyó gradualmente a partir de entonces y coincidió con la tasa normal de lecturas OTM al final de los 90 días. (30)

Laura Mac Donald y col.nos dice que Las pruebas de calidad baja a moderada indican que la piezocisión, la MOP junto con la TLBI y la MOP sola también fueron tratamientos complementarios eficaces para acelerar la OTM en el primer mes de tratamiento, pero no después. (19)

Cibelle dos Santos y col. dice que La evidencia científica actual con poca certeza apunta a que los MOP no tienen efecto sobre la tasa de movimiento de ortodoncia cuando se usa el sistema PROPEL, así como otros mini-tornillos.(26)

Muhammad Khan y col. Así informa que La tasa de movimiento dental de ortodoncia puede acelerarse con la técnica MOP con MOP repetidos con frecuencia durante todo el tratamiento. (12)

Amal Alkebsi y col.informa que Tres MOP realizadas en su estudio no fueron efectivas para acelerar el movimiento dental.(31)

Mani Alikhani y col. dice que Los MOP son un procedimiento efectivo, cómodo y seguro para acelerar el movimiento de los dientes durante el tratamiento de ortodoncia y que Los MOP podrían reducir el tiempo de tratamiento de ortodoncia en un 62%. (5)

Amira A. y col. concluyo que Las microosteoperforaciones (MOP) no pudieron acelerar la tasa de retracción canina; sin embargo, pareció facilitar el movimiento de raíces. (27)

Rashmi Mittala y col. dice que El MOP junto con el auto ligado pasivo no ofrece ningún beneficio sinérgico adicional para aumentar la tasa de cierre de espacios con ortodoncia. (32)

Mostafa Shahabee y col. en su metaanálisis y revisión sistemática mostraron que la diferencia en la tasa de retracción canina después de realizar el MOP fue estadísticamente significativa pero clínicamente no muy sustancial. (33)

Kemal Gulduren y col. concluye que sus análisis revelaron un aumento de 1,17 veces en la tasa de movimiento dentario en el grupo MOP en comparación con el lado contralateral. Sin embargo, no se revelaron diferencias significativas entre el MOP y los grupos de control independientes. Los MOP mostraron un efecto acelerador en el movimiento de los dientes, pero este efecto parece ser menor de lo esperado. (28)

Conclusiones

Diversas técnicas quirúrgicas han mostrado resultados prometedores en cuanto a la aceleración del movimiento dentario. Sin embargo, los MOP están demostrando ser un procedimiento quirúrgico menor, mínimamente invasivo, repetible y relativamente fácil de ejecutar, que se puede realizar con los aparatos de ortodoncia normalmente disponibles.

Se han realizado muchos estudios y ensayos clínicos que muestran que los MOP aumentan favorablemente el número de osteoclastos al inducir una reacción inflamatoria aséptica, lo que aumenta las tasas de movimiento de los dientes.

Se han descrito varias técnicas en la literatura para la colocación de MOP, como se analiza en esta revisión; el método ideal y más eficaz aún no se ha evaluado.

Los pacientes informaron malestar y dolor muy leves e insignificantes después de recibir MOP en comparación con aquellos que se sometieron a procedimientos de tratamiento de ortodoncia convencionales, lo que indica que el cumplimiento del paciente con este procedimiento es alto. También es favorable el informe de reabsorción radicular externa insignificante con este procedimiento, lo que lo hace adecuado y conveniente en comparación con las corticotomías y las osteotomías.

Aunque se informa que no se observan efectos secundarios como dolor o resorción de la raíz debido a microosteoperforaciones, se requieren estudios a largo plazo con más muestras.

Los estudios futuros deberían considerar el uso de imágenes en 3D para calcular con mayor precisión el tipo de movimiento de los dientes, las tasas asociadas de movimiento de los dientes a lo largo del tratamiento y planificar mejor la biomecánica adecuada.

En coincidencia con varios de los autores mencionados en la bibliografía, serían deseables más estudios longitudinales con un tamaño de muestras con mayor número de casos para fundamentar, aún más, lo descrito en esta presentación.

Bibliografía

1. Frost, H. *The Regional Acceleratory Phenomenon: A Review*. Henry Ford Hosp Med J Vol 31, No 1, 1983.
2. Valdespino-Gómez, VM; Valdespino-Castillo, PM; ValdespinoCastillo, VE. *Interacción de las vías de señalización intracelulares participantes en la proliferación celular: potencial blanco de intervencionismo terapéutico*. Academia Mexicana de Cirugía A.C. Ed Masson Doyma, México 2015
3. Wright, H.L. RANK, RANKL and osteoprotegerin in bone biology and disease. *Curr Rev Musculoskelet Med*, 2(1): 56-64, mar 2009
4. Bolat, Esra. *Micro-Osteoperforations*. Ed. Intechopen, capítulo 6 73:94 2019.
5. Alikhani, M.; Raptis M.; Zoldan B.; Sangsuwon C.; Lee Y. B.; Alyami, B.; Corpodian C.; Barrera, L.M.; Alansari S.; Khoo, E.; Teixeira, C. *Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement*. *Am J Orthod Dentofac*.
6. Nicozisis JL. *Ortodoncia acelerada mediante micro-osteoperforación*. *Orthod Pract* 2014;4(3):56-57
7. Agrawal AA, Kolte AP, Kolte RA, Vaswani V, Shenoy U, Rath P. *Análisis comparativo CBCT de los cambios en la morfología del hueso bucal después de un tratamiento de ortodoncia asistido por corticotomía y microosteoperforaciones - Serie de casos con un diseño de boca dividida*. *Arabia Dent J* 2019;31(1):58-65.

8. Krishnan V, Davidovitch Z. Nivel celular, molecular y tisular reacciones a la fuerza ortodóncica. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129(4): 469. e1-469.e32
9. Charavet C, Lambert F, Lecloux G, Le Gall M. Traitement orthodontique accéléré par corticotomies : ¿qué son las alternativas mínimamente invasivas? *Orthod Fr [Internet]*. 2019;90(1):5-12
10. Shenava, S; Nayak, U.S.; Bhaskar, V.; Nayak, A. Accelerated Orthodontics – A Review. *International Journal of Scientific Study*, vol 1 N° 5, 2014.
11. Sangsuwon C, Alansari S, Nervina J, Teixeira CC, Alikhani M. Microosteoperforaciones en ortodoncia acelerada. *Clin Dent Rev*.
12. Asif MK, Ibrahim N, Sivarajan S, Heng Kiang Teh N, Chek Wey M. Evidencia ósea detrás de la técnica de microosteoperforación para acelerar el movimiento dental ortodóncico: un estudio de 3 meses. *Am J Orthod Dentofacial Orthop [Internet]*. 2020;158(4):579-586.e1
13. Felsenberg D, Boonen S. El marco de calidad ósea: determinantes de la fortaleza ósea y sus interrelaciones, y las implicaciones para el tratamiento de la osteoporosis. *Clin Ther* 2005; 27:1.
14. Genant HK, Gordon C, Jiang Y, Link TM, Hans D, Majumdar S, et al. Imágenes avanzadas de la macroestructura y la microestructura del hueso. *Horm Res* 2000;54(Suplemento 1):24-30.
15. Ibrahim N, Parsa A, Hassan B, van der Stelt P, Wismeijer D. Diagnóstico por imágenes de la microestructura del hueso trabecular para implantes orales: una revisión de la literatura. *Dentomaxillofac Radiol* 2013; 42:20120075
16. Tsai CY, Yang TK, Hsieh HY, Yang LY. Comparación de los efectos de la microosteoperforación y la corticisión en la tasa de movimiento dental ortodóncico en ratas. *Angle Orthod* 2016;86:558-64.
17. Teixeira CC, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant LM, et al. Expresión de citocinas y movimiento dental acelerado. *J Dent Res* 2010; 89:1135-41.
18. Van Dessel J, Nicolielo LF, Huang Y, Coudyzer W, Salmon B, Lambrichts I, et al. Precisión y confiabilidad de diferentes dispositivos de tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) para el análisis estructural del hueso alveolar en comparación con CT multicorte y micro-CT.
19. MacDonald L, Zanjir M, Laghapour Lighvan N, da Costa BR, Suri S, Azarpazhooh A. Efficacy and safety of different interventions to accelerate maxillary canine retraction following premolar extraction: A systematic review and network meta-analysis. *Orthod Craniofac Res [Internet]*. 2021;24(1):17-38.
20. Li S, Chen J, Kula KS. Comparación de la tasa de movimiento con diferentes relaciones iniciales de momento a fuerza. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2019;156(2):203-209.
21. Sivarajan S, Ringgingon LP, Fayed MMS, Wey MC. The effect of micro-osteoperforations on the rate of orthodontic tooth movement: A systematic review and meta-analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*.
22. Alkebsi, A; Al-Maaitah, E.; Al-Shorman, H.; Abu Alhaja, E. Three-dimensional assessment of the effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement during canine retraction in adults with Class II malocclusion: A randomized controlled clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*, Vol 153 N° 6, 2018.
23. Prasad, S. Effect of micro-osteoperforations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 145:273, 2014.
24. Attri, S.; Mittal, R.; Batra, P.; Sonar, S.; Sharma, K.; Raghavan, S.; Rai, KS. Comparison of rate of tooth movement and pain perception during accelerated tooth movement associated with conventional fixed appliances with micro-osteoperforations – a randomised controlled trial. *Journal of Orthodontics*, DOI: 10.1080/14653125.2018.1528746, 2018.
25. Minte-Hidalgo, C.; Alikhani, M; Teixeira, C.; Sandoval-Vidal, P. Teoría Bifásica del Movimiento Dentario Aplicada Mediante Micro-Osteoperforaciones. *Int. J. Odontostomat*. vol.13 no.2 Temuco, jun. 2019.
26. Dos Santos CCO, Mecenas P, de Castro Aragón MLS, Normando D. Effects of micro-osteoperforations performed with Propel system on tooth movement, pain/quality of life, anchorage loss, and root resorption: a systematic review and meta-analysis. *Prog Orthod [Internet]*. 2020;21(1):27.
27. Aboalnaga AA, Salah Fayed MM, El-Ashmawi NA, Soliman SA. Effect of micro-osteoperforation on the rate of canine retraction: a split-mouth randomized controlled trial. *Prog Orthod [Internet]*. 2019;20(1):21.
28. Gulduren K, Tumer H, Oz U. Effects of micro-osteoperforations on intraoral miniscrew anchored maxillary molar distalization : A randomized clinical trial: A randomized clinical trial. *J Orofac Orthop [Internet]*. 2020;81(2):126-41.
29. Al-Khalifa KS, Baeshen HA. Micro-osteoperforations and its effect on the rate of tooth movement: A systematic review. *Eur J Dent [Internet]*. 2021;15(1):158-67.
30. Thomas S, Das SK, Barik AK, Raj SC, Rajasekaran A, Mishra M. Evaluation of physiodispenser assisted micro-osteoperforation on the rate of tooth movement and associated periodontal tissue status during individual canine retraction in first premolar extraction cases: A split-mouth randomized controlled clinical trial. *J World Fed Orthod*.
31. Alkebsi A, Al-Maaitah E, Al-Shorman H, Abu Alhaja E. Three-dimensional assessment of the effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement during canine retraction in adults with Class II malocclusion: A randomized controlled clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*.
32. Mittal R, Attri S, Batra P, Sonar S, Sharma K, Raghavan S. Comparison of orthodontic space closure using micro-osteoperforation and passive self-ligating appliances or conventional fixed appliances. *Angle Orthod*.
33. Shahabee M, Shafae H, Abtahi M, Rangrazi A, Bardideh E. Effect of micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement-a systematic review and a meta-analysis.