



UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

**Efectividad de la corticotomía y
osteoperforaciones con mini implantes en la
mecánica de cierre de espacios en ortodoncia:
Revisión Bibliográfica**

*Tesis que presenta la C.D. Alicia Alejandra Parga Quintana, para obtener el
Título Maestría en Estomatología opción Ortodoncia*



La Tesis: Efectividad de la corticotomía y osteoperforaciones con mini implantes en la mecánica de cierre de espacios en ortodoncia: Revisión Bibliográfica, presentada por la C. D. Alicia Alejandra Parga Quintana como requisito para obtener el Título Maestría en Estomatología opción Ortodoncia ha sido aprobada y aceptada por:



DR. GERARDO BUENO ACUÑA
Director



DR. GUILLERMO MARTÍNEZ MATA
Secretario de Investigación y Posgrado

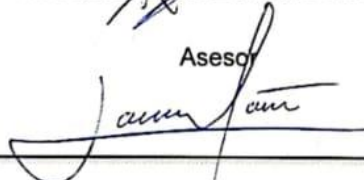


M.C.E.O. MARVIN ELCO ESTRADA MACÍAS
Director de tesis



C.D.E.O. ARIANEL AMADOR LARA

Asesor



M.E.O. JAVIER IVÁN MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

Asesor

RESUMEN

Introducción: El paciente ortodóncico busca tratamientos de menor duración y que sean efectivos, por lo en este estudio se realizó una búsqueda de la literatura para evaluar la efectividad de la corticotomía y de las micro-osteoperforaciones para disminuir el tiempo en la mecánica de cierre de espacios.

Objetivo: Documentar la efectividad de la corticotomía y micro osteoperforaciones, en la mecánica de cierre de espacios en ortodoncia acelerada.

Materiales y Métodos: Mediante la revisión de la literatura disponible se analizaron 301 artículos, de los cuales solo 13 cumplieron con los criterios de selección, los cuales se analizaron para la extracción de los datos y hacer la evaluación de la efectividad de la corticotomía y las micro-osteoperforaciones con microtornillos en la mecánica de cierre de espacios, dichos estudios fueron realizados a boca dividida.

Resultados: El Grupo 1 corticotomías reporto cambios significativos en la aceleración del movimiento en todos los estudios. El Grupo 2 micro-osteopreforaciones (MOPs), reportó variabilidad en los resultados de aceleración de movimiento, algunos de ellos sin diferencias significativas.

Discusión: El estudio coincide con los autores que han reportado la efectividad de la corticotomía en la aceleración del movimiento dental durante el tratamiento, mientras las MOPs no acelera el movimiento ya que el nivel de los marcadores inflamatorios al primer mes se empata con la respuesta biológica normal durante el tratamiento ortodóncico.

Conclusiones: La ortodoncia de aceleración tiene como resultado, además de acortar el tiempo de tratamiento, mejorar la evolución de la mecánica de cierres espacios.

Palabras claves: Micro-osteoperforaciones, corticotomía, tratamiento ortodóncico, cierre de espacios

Effectiveness of corticotomy and osteoperforations with mini-implants in the mechanics of closing spaces in orthodontics: Systematic Review.

SUMMARY

Introduction: The orthodontic patient seeks treatments of shorter duration and that are effective, so in this study a search of the literature was carried out to evaluate the effectiveness of corticotomy and micro-osteoperforations to reduce the time in the mechanics of space closure.

Objective: To document the effectiveness of corticotomy and micro-osteoperforations in the mechanics of space closure in accelerated orthodontics.

Materials and methods: Through the review of the available literature, 301 articles were analyzed, of which only 13 met the selection criteria, which were analyzed for data extraction and to evaluate the effectiveness of corticotomy and micro-osteoperforations with microscrews in the mechanics of space closure, these studies were performed with a split mouth.

Results: Group 1 corticotomies reported significant changes in acceleration of movement in all studies. Group 2 micro-osteopreforations (MOPs) reported variability in movement acceleration results, some of them without significant differences.

Discussion: The study coincides with the authors who have reported the effectiveness of corticotomy in accelerating tooth movement during treatment, while MOPs do not accelerate movement since the level of inflammatory markers in the first month is equal to the normal biological response during orthodontic treatment.

Conclusions: Acceleration orthodontics has as a result, in addition to shortening the treatment time, improving the evolution of the mechanics of space closures.

Keywords: Micro-osteoperforations, corticotomy, orthodontic treatment, space closure.



INDICE

INDICE DE TABLAS..... III

ÍNDICE DE FIGURASIV

1. GLOSARIO 1

2. INTRODUCCIÓN 2

2.1 Biología del movimiento dental en ortodoncia..... 3

2.1.1 Electricidad biológica..... 4

2.1.2 Presión- Tensión 4

2.2 Ortodoncia Acelerada Osteogenicamente..... 8

2.2.1 Antecedentes de la ortodoncia acelerada ostogenicamente 9

2.2.2 Fenómeno Aceleratorio Regional (RAP) 10

2.2.3 Corticotomía 11

2.2.4 PAOO..... ¡Error! Marcador no definido.

2.2.5 Micro-osteoperforaciones 13

2.3 Cierre de espacios 15

3. JUSTIFICACIÓN..... 17

4. OBJETIVO GENERAL 18

5. OBJETIVOS PARTICULARES 19

6. HIPÓTESIS 20

7. MATERIALES Y MÉTODOS 21

7.1 Tipo de estudio:..... 21

7.2 Periodo y lugar donde se desarrolla la investigación:..... 21



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

7.3	Universo:	21
7.4	Materiales	21
7.5	Instrumentos	21
7.6	Criterios para la selección de estudios	22
7.7	Método	23
7.8	Análisis de los datos	25
8.	RESULTADOS	26
9.	DISCUSIÓN	38
10.	CONCLUSIONES	42
11.	BIBLIOGRAFÍA	43
12.	ANEXOS	52



INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Respuesta fisiológica a la aplicación de una presión mantenida sobre un diente.	6
Tabla 2 Resultado neto de los marcadores en compresión-tensión	7
Tabla 3 Características generales de grupos de selección con corticotomía aplicada.....	25
Tabla 4 Características generales de grupos de selección con MOPs aplicadas	26
Tabla 5 Variaciones en técnica de corticotomía y biomecánica empleada.....	27
Tabla 6 Variación en técnica de MOPs y biomecánica aplicada.....	30
Tabla 7 Medición de cierre de espacios en aplicación de corticotomía.....	32
Tabla 8 Medición de cierre de espacios en aplicación de MOPs.....	34



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de la presión-tensión.....4

Figura 2 Esquematización de centro de resistencia respecto al área de presión-tensión.....5

Figura 3 Decorticación común.....12

Figure 4 Aplicación clínica de la técnica PAOO.....13

Figure 5 Efecto esquemático de las micro-osteoperforaciones.....14



1. GLOSARIO

Ortodoncia: Rama de la Odontología que se encarga de prevenir, diagnosticar, interceptar y tratar las malposiciones dentarias y trastornos máxilofaciales

Corticotomía: Maniobra quirúrgica en la cual se realiza un corte o una perforación en la porción cortical del hueso

MOPs: Micro-osteoperforaciones

LPD: Ligamento periodontal

RAP- Fenómeno de acelerador regional

EARR: Reabsorción radicular apical externa

PAOO- Ortodoncia osteogénica periodontalmente acelerada

RANKL: Receptor Activador de factor nuclear Kappa B Ligando

RANK- Receptor Activador de factor nuclear Kappa B (RANK)

OPG- Osteopregerina

COX- Ciclooxygenasa



2. INTRODUCCIÓN

La ortodoncia es una rama de la odontología la cual busca obtener una alta estética y corregir la función masticatoria para obtener una estabilidad articular y oclusal a través del movimiento dentario ortodónico, logrado con la aplicación de la biomecánica(1). El movimiento dental depende de la capacidad de los tejidos para remodelarse, controlados por la actividad celular de osteoclastos, osteoblastos y osteocitos, dando como resultado cambios en la forma, tamaño y posición del hueso, influenciando la velocidad del movimiento dental (2).

En ortodoncia el tratamiento es un proceso que requiere de varios meses, el cual puede durar varios años, lo que puede causar problemas secundarios dependientes de la duración del tratamiento, sobre todo en el caso del paciente adultos, ya que el envejecimiento disminuye la reacción inicial del movimiento ante la fuerza aplicada, alargando de esta manera el tiempo de tratamiento (3).

La ortodoncia acelerada, nace en la necesidad de disminuir la resistencia de hueso al movimiento dental; es una técnica más eficiente en el movimiento dentario, inducen a una respuesta inflamatoria en el hueso alveolar, conllevando a la aceleración de los movimientos dentales reduciendo el tiempo de tratamiento. A lo largo de la historia estos procedimientos han ido evolucionando, ya que existen procedimientos más complejos como es el caso de la corticotomía, donde es necesario realizar un colgajo de espesor total para exponer el hueso, para realizar cortes en el hueso cortical y llegar apenas al hueso medular para acelerar los movimientos dentales (4,5).

Se ha buscado acelerar el movimiento dentario a través de métodos con menor complejidad como son el láser, vitamina D, ultrasonido, piezocisión y las microosteoperforaciones, que son procedimientos que se han estudiado y probado en pacientes (1).



2.1 Biología del movimiento dental en ortodoncia

El movimiento ortodóncico se ha descrito como un fenómeno biológico que involucra reabsorción y formación ósea (6). La clave es la aplicación de una fuerza mecánica a través de un dispositivo, lo que desencadena un proceso biológico con cambios en el tejido dentario y periodontal (7).

Para que se produzca biológicamente el movimiento dentario se requiere de dos componentes esenciales:

- El ligamento periodontal
- El recambio óseo

A partir de estos componentes podemos hablar de una respuesta ante una fuerza ortodóncica, por lo que el ligamento modula la movilidad del diente en el alvéolo (7,8).

El ligamento periodontal (LPD) es una estructura de tejido conectivo fibroso denso que consta de haces de fibras de colágeno, células, componentes neurales, vasculares y líquidos tisulares. Su función principal es sostener los dientes en sus alvéolos mientras permite que los dientes resistan fuerzas de masticación considerables. En promedio, el LPD ocupa un espacio de aproximadamente 0.2 mm de ancho dependiendo de su localización y también influye la edad (7,9).

El movimiento dental de ortodoncia es un proceso que combina la adaptación fisiológica del hueso alveolar a las tensiones mecánicas con lesiones menores reversibles que recibe el periodonto (7,10).

Donde existen diversas teorías sobre como sucede este movimiento, algunas de ellas son la teoría eléctrica biológica y la de presión-tensión (7,10,11).

2.1.1 Electricidad biológica

El movimiento dental se debe a cambios en el metabolismo óseo controlados por señales eléctricas las cuales se generan cuando el hueso alveolar se flexiona y deforma. Los campos electromagnéticos también pueden influir en los cambios de polaridad y permeabilidad de la membrana celular, desencadenando cambios en la actividad celular, de esta manera se genera el movimiento dental, el cual también se le atribuye que el movimiento puede ser menos doloroso debido a las fuerzas magnéticas sostenidas (11,12).

2.1.2 Presión- Tensión

También conocida como teoría clásica, nos dice que el movimiento dental se atribuye a los cambios celulares producidos por los marcadores, los cuales generan por alteraciones en el flujo sanguíneo a través del ligamento periodontal, lo que desencadena en inflamación por lo que se inicia una remodelación ósea, permitiendo el movimiento dental, como se esquematiza en la Figura 1 (11,13).

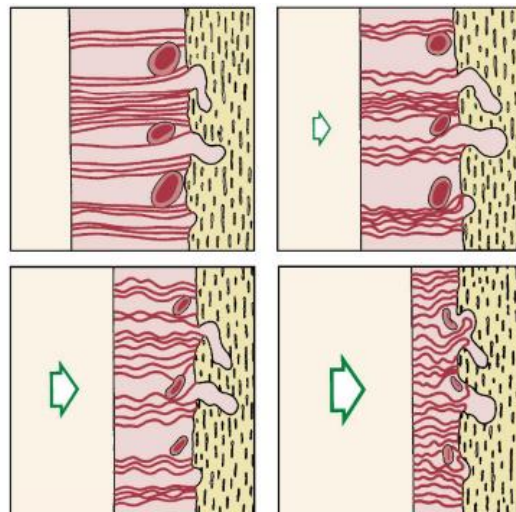


Figura 6 Esquema de la presión-tensión. Compresión de los vasos sanguíneos al aumentar la presión en el LPD, con una presión constante, lo que produce la necrosis aséptica del LPD. (Tomado de Proffit. W. *et al.*, 2013)



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Al momento de aplicar una fuerza sobre un diente, como podemos observar en la Tabla 1, se observa la respuesta fisiológica que se genera en ese momento, siendo la primera respuesta el aumento en el nivel de las prostaglandinas y de interleucinas -1β en el ligamento periodontal, también participa en este proceso los mensajeros químicos como es el óxido nítrico, los cuales van a regular la actividad celular. Es importante la formación de osteoclastos para la reabsorción ósea, como la importancia de la formación de los osteoblastos para la aposición (11). El período de hialinización significa una detención del movimiento. Para el desplazamiento dentario se distinguen dos fases. En la inicial, el diente se mueve hacia el lado de la presión comprimiendo el espacio periodontal hasta que aparece la hialinización (14,15). Donde ocurre se realiza una pausa durante la cual El hueso no se reabsorberá durante un tiempo, que va desde unos días a varias semanas (7 a 14 días), y la raíz dentaria permanece inmóvil. Tras la resorción indirecta se reanuda el movimiento y con ello la segunda fase del desplazamiento dentario. El nuevo ligamento periodontal es reconstruido por la actividad proliferativa de los fibroblastos, lo que crea nuevas fibrillas lo que facilita la unión de los haces dentales con el tejido óseo adyacentes, esté proceso sucede de diferente manera según la relación con el centro de resistencia donde se aplica la fuerza, como se observa en la Figura 2 (11,16).

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

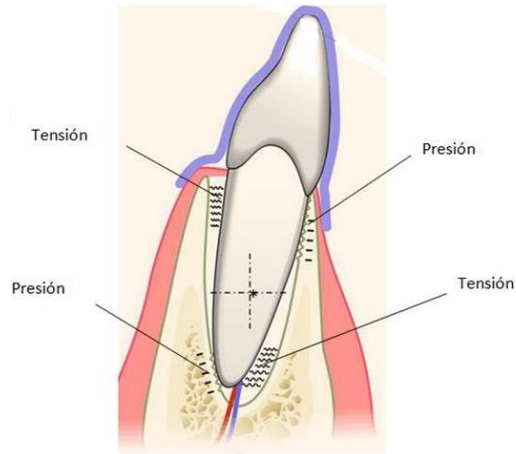


Figura 7 Esquematación de centro de resistencia respecto al área de presión-tensión
(tomado de internet)

Tabla 9 Respuesta fisiológica a la aplicación de una presión mantenida sobre un diente. (Tomada de Proffit W. et al. 2013)

Presión leve	Presión intensa	Respuesta
	<1 s	El líquido del LPD no se comprime, el hueso alveolar se flexiona, se genera una señal piezoeléctrica.
	1-2 s	Se exprime el líquido del LPD, el diente se mueve dentro del espacio del LPD
3-5 s		Los vasos sanguíneos del LPD quedan parcialmente comprimidos en el lado de la presión y dilatados en el lado de la tensión; distorsión mecánica de las fibras y células del LPD
Minutos		Se altera el flujo sanguíneo, empieza a cambiar la tensión del oxígeno, se liberan prostaglandinas y <u>citocinas</u> .
Horas		Se producen cambios metabólicos: mensajeros químicos modifican la actividad celular, cambian los niveles enzimáticos



-4 hrs		Aumentan los niveles detectables de $AMPc$, comienza la diferenciación celular en el LPD
-2días		Comienza el movimiento dental al remodelar los osteoblastos/osteoclastos el alvéolo óseo
	3-5 s	Los vasos sanguíneos del LPD quedan ocluidos en el lado de presión
	Minutos	Se interrumpe el flujo sanguíneo a la zona comprimida del LPD
	Horas	Muerte celular en la zona comprimida
	3-5 días	Diferenciación celular en los espacios medulares adyacentes, comienza la reabsorción basal
	7-14 días	La reabsorción basal elimina la lámina dura adyacente al LPD comprimido, se produce el movimiento del diente

Durante el movimiento dental, la actividad osteoclástica se caracteriza por cambio en los biomarcadores donde se da la expresión de RANKL (Ligando Receptor del Activador del Factor Nuclear Kappa-B) se incrementa como respuesta a las fuerzas compresivas y está mediado por la prostaglandina E2, OPG, y de esta manera se da la remodelación ósea; la expresión de los marcadores tanto en área de compresión como de tensión lo podemos observar en la Tabla 2 (7,17–20).

Tabla 10 expresión de los marcadores en área de compresión-tensión

	<i>Compresión</i>	<i>Tensión</i>
<i>Incrementa</i>	Cox2→PGE2 →RANKL	IL-10→OPG
	TNF α	TGF β
	MMPs	TIMPs
	eNOS→NO	iNOS→NO



	IL-1 β	
<i>Disminuye</i>	OPG	RANKL
<i>Resultado</i>	\uparrow Osteoclastos	\uparrow Osteoclastos
	\uparrow Resorción	\uparrow Resorción
	\uparrow Aposición	\uparrow Aposición

Por otra parte, la evolución en los sistemas de brackets ha permitido que lleguen sistemas de autoligado los cuales garantizan mejores abordajes biológicos, reduciendo la fricción, y dando como resultado que sea menor la fuerza aplicada durante el tratamiento (21).

2.2 Ortodoncia Acelerada Osteogenicamente

La ortodoncia acelerada nace como resultado del interés de acelerar el movimiento dental, mejorar y limitar daños periodontales entre otros efectos secundarios que se presentan en el tratamiento del paciente adulto, ya que el aumento de la población adulta que requiere este tipo de tratamientos ha crecido en gran manera desde el 2015 según lo reportado por AAO (Asociación Americana de Ortodoncia) (22), el paciente adulto se ve beneficiado ya que su tasa de regeneración y metabolismo de los tejidos es mucho más lenta en comparación al paciente adolescente, ya que estas técnicas aceleran y estimulan la actividad celular favoreciendo el movimiento dental (22,23), se conoce como ortodoncia acelerada osteogenicamente, como es la corticotomía, la cual incrementa el ritmo del metabolismo óseo ya que produce una osteopenia transitoria y reversible que permite que el movimiento sea más



rápido. Mientras el movimiento dental continúe, el RAP (fenómeno de aceleración regional) se prolonga y cuando el movimiento dental de ortodoncia es completado, inicia la remineralización alveolar de manera normal (24–27).

2.2.1 Antecedentes de la ortodoncia acelerada osteogenicamente

Cunningham en 1893, introdujo las técnicas quirúrgicas para acelerar el tratamiento de ortodoncia en caso quirúrgicos los procedimientos consistían en realizar osteotomías completas para corregir las maloclusiones (23,28).

Heinrich Köle, en 1959, pensaba que las corticales óseas representaban la principal resistencia para lograr que el diente se moviera y que al modificar las corticales, los movimientos dentales se llevarían a mayor velocidad y en menor tiempo por lo que popularizó el procedimiento en la literatura inglesa con su técnica de “bloque óseo”, donde el corte se extendía hasta apical para hacer la división del proceso alveolar y facilitar la expresión ortodóncica (11,23,29–31).

Bell y Levy publicaron el primer estudio experimental de la corticotomía alveolar en 49 monos en 1972. Ellos describieron un modelo de corticotomía interdental vertical que debería haber sido considerada una osteotomía, porque movilizaron en bloque los segmentos dentoóseos. Adicionalmente, realizaron la reflexión de los colgajos labial y palatino simultáneamente, lo que comprometió en gran manera el flujo sanguíneo de los dientes anteriores (11,23,32,33).

Duker utilizó la técnica básica de Köle en perros sabuesos para realizar los cortes y ver si afectaban la vitalidad dental, en lo que concluyó que no se afecta la vitalidad del diente, ni el periodonto, posterior al movimiento dental ortodóncico (23,34).

Frost en 1983, describe el RAP como la respuesta fisiológica local ante un estímulo nocivo, proceso por el cual se forma el tejido de manera más rápida que el proceso de regeneración regional normal. Este fenómeno hace que la cicatrización se produzca de 2 a 10 veces más rápido que el proceso de curación normal (11,23,25,35,36).



Yaffe *et al.*, también describieron el mismo fenómeno de aceleración regional en la mandíbula después de una cirugía de colgajo periodontal (37).

Wilcko *et al.* en el 2001, han informado que, los pacientes sometidos al procedimiento donde los bloques de hueso perfilados perdieron la integridad estructural, por lo que la desmineralización se produjo en las zonas de aproximación a los cortes verticales de la corticotomía, tanto en el lado de presión de los dientes como en el lado de tensión de los dientes. La desmineralización alveolar inicial y la remineralización posterior fueron consistentes con los eventos fisiológicos en cascada asociados con el RAP (27).

Mani Alikhani *et al.*, en 2013, establecen que es un procedimiento eficaz, seguro y cómodo que acelera el movimiento dental significativamente y podría resultar en tratamientos de ortodoncia más cortos (38).

2.2.2 Fenómeno Aceleración Regional (RAP)

El RAP es una reacción tisular a diferentes estímulos nocivos que fue descrita por primera vez por Harold Frost (25).

Consiste en la aceleración del proceso de curación o cicatrización donde existe un mayor recambio celular óseo y una disminución de las densidades óseas regionales, lo que se conoce como una desmineralización y remineralización ósea por la acción que ejercen los osteoclastos y osteoblastos (37). Este fenómeno permite que la remodelación ósea puede llegar a ser hasta 10 veces más rápida que la actividad fisiológica normal, acelerando de esta manera el movimiento dental. Generalmente alcanza su punto máximo en un periodo de 1–2 meses, generalmente dura 4 meses en el hueso y puede alcanzar hasta 6 y puede tardar más de 24 meses en desaparecer, es importante considerar que mientras exista una remodelación por el propio tratamiento el RAP puede continuar en menor intensidad (27,35). Cuando el RAP se disipa, la osteopenia desaparece y se puede observar a través de una imagen radiográfica donde se observará una densidad normal. En el momento que



se completa el movimiento dental durante la ortodoncia, se crea un ambiente que favorece la remineralización alveolar(39). Esta respuesta aumentada podría tener relación directa al tamaño del estímulo quirúrgico, por lo que técnicas más invasivas como la corticotomía tendrían mayores resultados en el movimiento dental acelerado (40).

2.2.3 Corticotomía

La técnica quirúrgica de la corticotomía la describió por primera vez Heinrich Köle, en 1959, donde él pensaba que las corticales óseas representaban la mayor resistencia para que el diente se moviera y que al momento de realizar los cortes de las corticales se favorecerían los movimientos dentales requiriendo menos tiempo de tratamiento (29,41). Buschang *et al.*, consideran a las corticotomías como fracturas estables, las cuales producen injuria lo que ocasiona la activación de los procesos asociados con la cicatrización normal de hueso, la cual consta de una fase reactiva, una fase reparativa y una fase de remodelación(5). Las tres fases del proceso de cicatrización son:

- Fase reactiva: da la primer respuesta inflamatoria con formación de tejido granulación.
- Fase reparativa: formación del callo y deposición ósea laminar.
- Fase remodeladora: reorganización-remodelación de hueso (5,42).

La corticotomía es una técnica quirúrgica que implica la realización de un colgajo mucoperióstico de espesor total, donde al hueso cortical se le realizan cortes por vestibular y/o lingual, en los espacios interradiculares los dientes que se desean mover, hasta tener contacto con el hueso esponjoso (43)(44). Los cortes se puede realizar con fresas quirúrgicas o bisturí piezoeléctrico(5) , es importante cuidar la extensión para cuidar la integridad interpapilar y el paquete vasculonervioso dental, por lo que la extensión debe ser entre 2 a 3 mm debajo la cresta ósea, con una

distancia de 2 mm al ápice del diente. El uso de plasma rico en plaquetas ayuda a estabilizar el injerto óseo aplicado (5,43). La corticotomía tiene como objetivo principal lograr estimular el RAP, lo que reduciría significativamente el tiempo de tratamiento, ya que disminuye la resistencia del hueso alveolar favoreciendo una aceleración del movimiento dental durante los primeros 4 meses posteriores al abordaje quirúrgico (45). No obstante, existen limitantes para poder realizar esta técnica una de ellas es el volumen de la tabla ósea, por lo que no es aplicable en biotipos periodontales delgados, ya que puede ocasionar dehiscencias por la falta de un grosor cortical adecuado(42,43), en casos donde el hueso tiene una cortical menor de 1 a 2 mm de grosor, no se recomienda realizar este procedimiento(46).

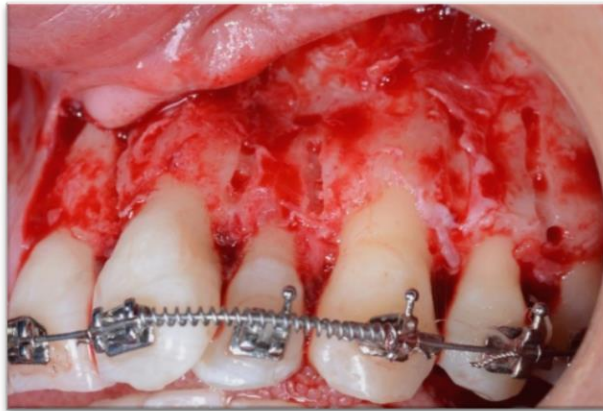


Figura 8 Decorticación común. Representación del corte respetando los 2 mm de la cresta alveolar

2.2.4 Ortodoncia osteogénica periodontalmente acelerada (PAOO)

Wilcko y col. combinaron la técnica de corticotomía con el aumento alveolar, esta estrategia fue innovadora y se le conoció como técnica de ortodoncia osteogénica acelerada (AOO) y, más recientemente, la técnica quirúrgica PAOO (11,23,43,47,48).

Esta técnica es segura, eficaz, extremadamente predecible, asociada con una menor reabsorción radicular y un tiempo de tratamiento reducido, y puede reducir la necesidad de cirugía ortognática en determinadas situaciones, ya que favorece el biotipo gingival, además de que limita la resistencia alveolar ante las fuerzas

ortodóncicas aplicadas, lo que se asocia con una menor reabsorción radicular y un tiempo de tratamiento reducido, y puede reducir la necesidad de cirugía ortognática en determinadas situaciones (2,11,27,36,41,43,47).

Por lo general, se realizan cortes verticales en el espacio interradicular en el hueso alveolar, el cual debe tener una extensión de 2 a 3 mm por debajo de la cresta del hueso hasta 2 mm más allá de los ápices de las raíces, estos cortes posteriormente se unen entre sí para crear bloques siempre cuidado no dañar el paquete vasculonervioso. Se pueden acompañar de perforaciones para estimular el sistema de Haver y la migración celular para favorecer la unión del injerto óseo, como se observa en la Figura 4 (27,36,41,43,47).

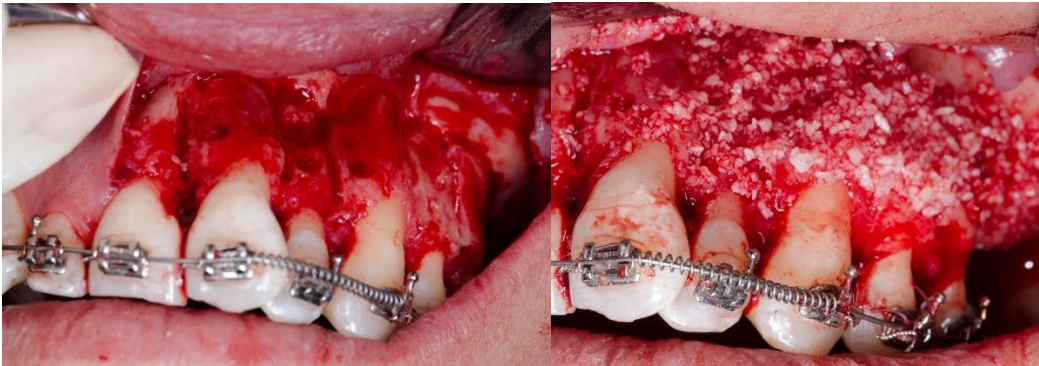


Figure 9 Aplicación clínica de la técnica PAOO

2.2.5 Micro-osteoperforaciones

Las micro-osteoperforaciones (MOPs) son procedimientos menos invasivos ya que permiten mantener la integridad de los tejidos tanto duros, como blandos (20), el cual consisten en realizar pequeñas perforaciones aproximadamente 1-2 mm de ancho y 2-3 mm de profundidad y de 1.5 mm de distancia entre ellas, casi siempre se realizan en número de 3 en vestibular, las cuales se realizan con un microtornillo o con el dispositivo Propel, El abordaje se realiza a nivel de la encía y cortical ósea del hueso alveolar en la zona específica que se desea estimular, (20,49), de esta forma se provoca una injuria lo que desencadena una respuesta inflamatoria y



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

cambios en el metabolismo óseo, dando como resultado un aumentando la velocidad del movimiento ortodóncico al momento de aplicar una fuerza, sin la necesidad de utilizar colgajos, con la comodidad de poder realizarlas el propio ortodoncista, además de ser procedimientos que son menos invasivos para el paciente (27,39).

Al momento de realizar una injuria sobre la tabla ósea, genera la expresión de los marcadores inflamatorios, generando un incremento en el número de osteoclastos, lo que a su vez se traduce en reabsorción ósea y mayor movimiento ortodóncico (19).

Según estudios realizados se logró un aumento significativamente el número de osteoclastos, pese que la injuria es menor, el aumento de la actividad los marcadores es suficiente para generar el aumento de la inflamación, por lo que determinaron que el tratamiento con MOPs disminuye el tiempo de tratamiento, además de disminuir la reabsorción radicular apical externa (EARR) a diferencia del tratamiento ortodóncico tradicional (38,49,50), por esta razón, un tratamiento ortodóncico con MOPs sería ideal su uso en casos de tratamientos de cierre espacios o donde se requiere mayor movimiento dental. En el caso del efecto que producen las MOPs como tasa de movimiento en los casos de retracción canina es de 2 a 3 más rápida que en casos de retracción convencional, además de que se pueden realizar en múltiples ocasiones para que permanezca la activación del RAP, sobre todo en casos de extracciones (38,50).

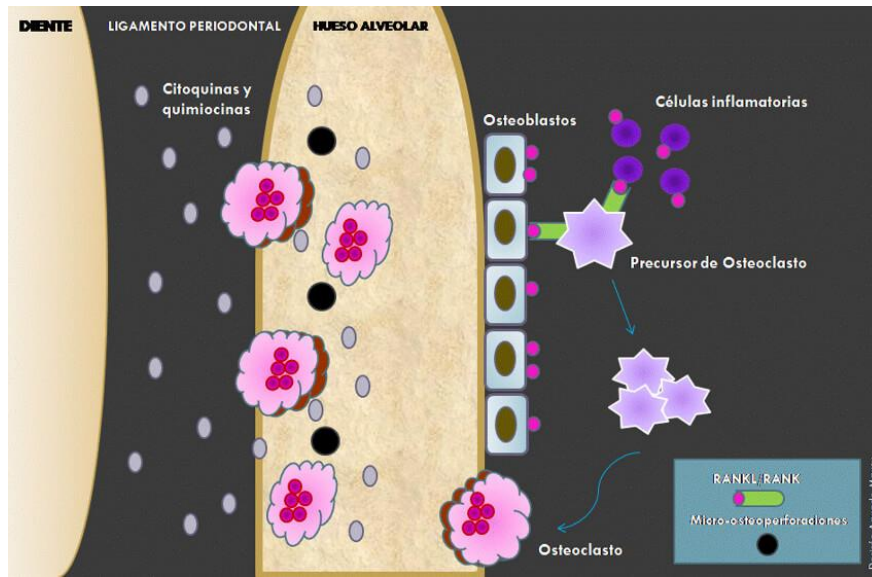


Figure 10 Efecto esquemático de las micro-osteoperforacione. Las células inflamatorias migran a los ligamentos periodontales del torrente sanguíneo debido a dichas fuerzas ortodóncicas, e inicia la reabsorción ósea (Tomado de Aguado D. *et al.* 2018).

2.3 Cierre de espacios

El cierre de espacios puede ser necesario en casos de extracciones o no extracciones, y se lleva de la misma manera en ambos casos. Este se puede llevar acabo con anclaje máximo, moderado y mínimo, dependiendo de la necesidad individualizada de cada paciente(11).

Dentro de la filosofía de MBT, existen diferentes métodos para realizar el cierre espacios, como son los arcos con ansas de cierre, mecánica de deslizamiento con fuerzas intensa, cadenas elásticas, mecánica de deslizamiento con fuerzas continuas. Siendo este último uno de los métodos más efectivos, en el cual se utilizan las ligaduras distales activas con muelles de níquel titanio, ya que estos sufren menor pérdida de fuerza. Samuels *et al.*, recomiendan aplicar 150 g como fuerza óptima para el cierre de espacios, los resortes no se deben estirar más allá



de lo recomendado ya que produciría un aumento de fuerza o una posible pérdida de recuperación elástica(11,51).

Natras *et al.*, confirman que el módulo elastomérico disminuye rápidamente su fuerza después de las primeras 24 horas y que la temperatura como el ambiente oral afectan en este proceso. Esta pérdida de propiedades no ocurre con los muelles de níquel titanio. Las tasas medias de cierre del espacio fueron 0.19 mm / semana para el módulo elástico, 0.16 mm / semana para el resorte de 100g, 0.26 mm / semana para el 150g, y 0.24 mm / semana para el 200g (11,51,52).



3. JUSTIFICACIÓN

El presente estudio nos permitirá conocer la literatura disponible y actual sobre la corticotomía y la osteoperforación como un tratamiento coadyuvante del tratamiento ortodóncico que facilita el movimiento dental, por lo que es necesario establecer parámetros que permitan determinar los beneficios en la reducción de la duración del tratamiento ortodóncico, ya que este suele ser uno de los limitantes para que los pacientes adultos inicien un tratamiento.



4. OBJETIVO GENERAL

Documentar la efectividad de la corticotomía y micro osteoperforaciones, en la mecánica de cierre de espacios en ortodoncia acelerada.



5. OBJETIVOS PARTICULARES

Conocer la eficacia de la corticotomía y micro osteoperforaciones en la ortodoncia acelerada.

Establecer de acuerdo a la literatura la eficacia en la mecánica de cierre de espacios.

Conocer los hallazgos recientes sobre la técnica de corticotomía y micro osteoperforaciones



6. HIPÓTESIS

La aplicación de la corticotomía y osteoperforaciones favorecen el movimiento ortodóncico y reducen el tiempo del tratamiento.



7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1 Tipo de estudio:

El diseño del estudio es documental, retrospectivo y transversal.

7.2 Periodo y lugar donde se desarrolla la investigación:

Se realizó en el periodo de enero a noviembre de 2021, en la ciudad de Chihuahua.

7.3 Universo:

- Libros y artículos publicados en base de datos PubMed, Cochrane Library y ScinceDirect en el periodo 2010 a 2020

7.4 Materiales

- Computadora Lenovo modelo ideapad 330S-14IKB, Intel(R) Core(TM) i3-8130U CPU 2.20 GHz, memoria RAM 4GB.
- Red inalámbrica TELMEX infinitum 2.4 GHz.
- Base de datos PubMed, Cochrane Library y ScinceDirect
- Correo institucional de la Universidad Autónoma de Chihuahua p199969@uach.mx
- Microsoft Office plus versión 16.0, paquete Excel 2016
- Microsoft Office plus version 16.0, paquete Word 2016

7.5 Instrumentos

El muestreo de bola de nieve se define como una técnica para encontrar lo necesario del tema investigado. En la cual, de un artículo se obtienen los nombres más investigadores que estudien sobre el tema, para llegar a una tercera



investigación y así sucesivamente. Este método puede utilizarse en investigaciones exploratorias, cualitativas y descriptivas, sobre todo en los estudios en los que los participantes son pocos en número y se requiere un nivel de confianza para la selección de muestreo por conveniencia, que incluya los criterios de selección de la investigación(53). En este sentido, es importante encontrar similitudes entre los artículos y poblaciones de selección para que exista una muestra que no sea sesgada. Los subgrupos son tratados como una muestra por área o similitud a investigar para reducir el sesgo de cobertura y por tanto, aumentar la representatividad de los estudios (54).

7.6 Criterios para la selección de estudios

Criterios de inclusión

- Estudios clínicos aleatorizados y controlados, diseño boca dividida
- Estudios realizados en pacientes sanos que requieran tratamiento de ortodoncia
- Tratamiento de ortodoncia combinado con corticotomía o micro osteoperforaciones comparadas con tratamiento de ortodoncia convencional
- Sistema de ortodoncia convencional
- Cierre de espacios
- Retracción de caninos
- Tasa de movimiento dental
- Mencionan la duración del tratamiento
- 2010 al 2020 en Idioma ingles

Criterios de exclusión

- Estudios in vitro, no clínicos
- Revisiones sistemáticas



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

- Intervenciones no asociadas (distracción ostogénica)
- Sistema de auto ligado, alienadores y brackets cerámicos
- Enfermedades sistémicas, problemas pulpares o periodontales en pacientes incluidos en los estudios
- Indicación de AINES
- Que no mencionen la duración del tratamiento
- Otro idioma

7.7 Método

La forma de recopilar la información fue a través de fuentes primarias las cuales comprenden libros base en esta área de conocimiento, como los son Ortodoncia contemporánea Proffit W. y Orthodontical driven corticotomy Brugnami F. y fuentes secundarias que fueron los artículos recopilados en bases de datos, publicados en el periodo 2010 a 2020, encontrando estudios actuales para el análisis documental.

La búsqueda se realizó en las tres bases de datos de manera selectiva bajo el uso de los términos mesh (medical subject headings) (títulos de temas médico) “Orthodontic appliance”, “Orthodontic treatment”, “Tooth movement”, “Corticotomy”, “Micro-osteoperforations”, “Regional acceleratory phenomenon”, “Canine retraction”, “Closing of spaces” y operadores booleanos “AND”, “OR” y “NOT”.

En la base de datos pubmed se utilizó la siguiente búsqueda: (*"orthodontic appliance"[Title/Abstract] OR "orthodontic treatment"[Title/Abstract] OR "space closure"[Title/Abstract] OR "canine retraction"[Title/Abstract] OR "tooth movement"[Title/Abstract] OR "tooth retraction"[Title/Abstract]) AND ("corticotom"[Title/Abstract] OR "micro-osteoperforation"[Title/Abstract] OR "accelerated orthodontic"[Title/Abstract] OR "regional acceleratory phenomenon"[Title/Abstract]) NOT ("photobiomodulation" [Title/Abstract] OR "laser therap* "[Title/Abstract])* Filtros utilizados en la base de datos: Clinical Trial, Randomized Controlled Trial, in the last 10 years. Se obtuvieron 34 resultados.



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

En la base de datos Cochrane se utilizó la siguiente búsqueda (*"orthodontic appliance*" OR "orthodontic treatment*" OR "space closure" OR "canine retraction" OR "tooth movement" OR "tooth retraction"*) AND (*"corticotom*" OR "microosteoperforation*" OR "accelerated orthodontic*" OR "regional acceleratory phenomenon"*) NOT (*"photobiomodulation" OR "laser"*) publicaciones de 2010 a 2020, in trials, con lo que se obtuvieron 89 resultados.

Science Direct se utilizó la siguiente búsqueda (*"orthodontic appliance*" OR "orthodontic treatment*" OR "space closure" OR "canine retraction" OR "tooth movement" OR "tooth retraction"*) AND (*"corticotom*" OR "microosteoperforation*" OR "accelerated orthodontic*" OR "regional acceleratory phenomenon"*) NOT (*"photobiomodulation" OR "laser"*) publicaciones de 2010 a 2020, con lo que se obtuvieron 183 artículos.

Esta búsqueda obtuvo 301 referencias y se eliminaron por duplicación entre las tres bases de datos 48 artículos, por lo que quedaron 253 disponibles, de los cuales 12 no se pudieron recuperar de las bases de datos, 241 se sometieron a los criterios de selección, durante la examinación, se excluyeron 226 debido que no cumplían con el diseño del estudio, ni con los criterios de inclusión, de los cuales 108 fueron eliminados ya que se combinaban los procedimientos con cirugía ortognática, 22 fueron eliminados ya que median el efecto en el trabeculado óseo, 20 fueron eliminados porque utilizaban otras técnicas de ortodoncia acelerada, 14 se eliminaron debido a la medición de la expresión de los marcadores, 10 se utilizó la técnica para liberar apiñamiento anterior, 9 median la percepción del dolor, 15 la técnica se aplicó en animales, 5 eran en pacientes con problemas hemifaciales, 6 eran para distalización de molares, 6 se eliminaron debido a que utilizaban una técnica de ortodoncia diferente, 3 estabilidad posterior al tratamiento de corticotomía, 1 se excluye por desórdenes articulares, 3 por el diseño del estudio (por ser reseñas o revisiones), 2 artículos en revisión, 2 se excluyeron ya que son en idioma español, quedando 15 artículos elegibles de las tres bases de datos.



Por lo tanto, los artículos con los cuales se trabajó la elaboración del manuscrito aplicando el método de bola de nieve, para encontrar las fuentes iniciales de los estudios incluidos y de esta manera se obtuvo una mayor muestra de artículos sobre el tema, fueron tomados como referencia los autores con mayor número de publicaciones en esta área de estudio.

7.8 Análisis de los datos

Se realizó una síntesis cualitativa no probabilística entre los datos que indican el cierre de espacios asistido con ortodoncia acelerada.

El grupo 1 con los artículos que utilizaron corticotomías con ortodoncia fija convencional como variable independiente y como variable dependiente la eficacia del cierre de espacios.

El grupo 2 con artículos que utilizaron MOPS con ortodoncia fija convencional siendo la variable independiente y como variable dependiente la eficacia del cierre de espacios.

Finalizando con la comparación entre los dos grupos con respecto al cierre de espacios de cada técnica.



8. RESULTADOS

La revisión de los artículos publicados muestra una clara mejora en la aceleración de la remodelación ósea, permitiendo un cierre de espacios más puro, sin menos efectos adversos.

Los 13 estudios de los últimos 10 años que se encuentran disponibles, nos permite conocer la variabilidad y la relación que existe entre ambos grupos, siendo el grupo 1 el de corticotomía y el grupo 2 MOPs en la mecánica de cierre de espacios.

En la tabla 3 y 4 observamos como dentro de los estudios clínicos se tiene una similitud entre la selección de grupos de pacientes, edades y la zona de intervención, todos ellos llevados a cabo con tratamiento de ortodoncia tradicional.

Tabla 11 Características generales de grupos de selección con corticotomía aplicada

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Grupo</i>	<i>Edad</i>	<i>Zona de intervención</i>	<i>Tipo de bracket</i>
<i>Al-Naouma F. et al.</i>	2014	15 hombres y 15 mujeres	20.4 años promedio	Espacio de primero premolares superiores	Brackets convencionales
<i>Aboul-Ela SMBED. et al.</i>	2011	5 hombres y 8 mujeres	19 años promedio	Espacio de primeros premolares superiores	Brackets convencionales
<i>Chandran M. et al.</i>	2018	10 hombres y 10 mujeres	14.5 años promedio	Espacio de primeros premolares superiores	Brackets convencionales



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

<i>Jahanbakhshi M. et al.</i>	2016	15 mujeres	25 años	Mesial- distal canino y mesial- distal segundo premolar	Brackets convencionales
-------------------------------	------	------------	---------	--	----------------------------

Tabla 12 Características generales de grupos de selección con MOPs aplicadas

<i>Autor</i>	<i>Año</i>	<i>Grupo</i>	<i>Edad</i>	<i>Zona de intervención</i>	<i>Tipo de bracket</i>
<i>Aboalnaga A. et al.</i>	2019	18 pacientes	Rango de 16 a 30 años	Espacio de primeros premolares superiores	Brackets convencional
<i>Alikhani M. et al.</i>	2013	20 Pacientes (10 grupo experimental)	Rango de 18 a 45 años	Espacio de primeros premolares superiores	Brackets convencional
<i>Alkebsi A. et al.</i>	2018	8 hombres y 24 mujeres	20 años promedio	Espacio de primeros premolares superiores	Brackets convencional
<i>Attr S. et al.</i>	2018	27 hombres y 33 mujeres	Rango 13 a 20 años	Espacio de primeros premolares superiores e inferiores	Brackets convencionales



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

<i>Babanouri N. et al.</i>	2020	28 pacientes	16.3 a 35.2 años	Espacio de primero premolares superiores	Brackets convencionales
<i>Fattoria L. et al.</i>	2020	7 hombres y 11 mujeres		Espacio de primeros premolares superiores	Brackets convencionales
<i>Feizbakhsh M. et al.</i>	2018	12 hombres y 8 mujeres	28 años promedio	Espacio de primeros premolar superiores	Brackets convencionales
<i>Sivarajana S. et al.</i>	2019	7 hombres y 23 mujeres	25 años promedio	Espacio de primero premolares superiores e inferiores	Brackets convencionales
<i>Teh N. et al.</i>	2020	30 pacientes	18 años	Espacio de primero premolares	Brackets convencionales

En la tabla 5 y 6, podemos encontrar la descripción de la biomecánica empleada para realizar el cierre de espacios, los autores en la gran mayoría se apoyan del anclaje máximo o esquelético para evitar la pérdida del mismo, ya que por las características de los pacientes en necesario la retracción del segmento anterior, utilizo la activación de las biomecánicas empleadas cada 2 semanas. El cierre de



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

espacios se apoyó de close coil de NiTi, Al-Naouma F. *et al.*, utilizó este resorte directamente al hook de canino y molar, con una fuerza de 120 gr, donde se buscaba un cierre de espacio recíproco, mientras que en las biomecánicas aplicadas al resorte con microtornillo se aplicaron fuerzas que iban de los 140 a 200 gr, lo que permitió un cierre de espacios más efectivo (30).

En la tabla 5, la variación en la técnica con la que se abordó la corticotomía fue diferente entre los autores, lo cual dificulta determinar la extensión del procedimiento, sin embargo, en ambos casos se obtuvieron buenos resultados en el aumento de la reacción de caninos, como Jahanbakhshi M. *et al.*, implementa una técnica haciendo solo cortes vestibulares lo cual provocó un aumento de la reabsorción ósea y una disminución de la densidad ósea(28), Badr S. *et al.* realiza un abordaje con un colgajo submarginal Luebke Ochsenbein con perforaciones en el hueso sin crear bloques, esto de igual manera genera una aceleración en reabsorción ósea, sin tener el riesgo de crear daños periodontales por no respetar el hueso marginal(55).

Tabla 13 Variaciones en técnica de corticotomía y biomecánica empleada

<i>Autor</i>	<i>Variación de la técnica</i>	<i>Tipo de anclaje</i>	<i>de Biomecánica</i>	<i>Fuerza aplicada</i>	<i>Método de medición</i>	<i>Hallazgos</i>
Al-Naouma F. <i>et al.</i>	Extendida	Moderado	Close coil a hook en arco .019x .025SS	120 gr	Vernier electrónico intraoral	2-4 veces más rápido en el grupo experimental



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

<i>Aboul-Ela SMBED et al.</i>	Extendida con solapa submarginal	Absoluto	Close coil a microtornillo	150 gr	Modelos y medición de Ziegler e Ingervall	Acorta de duración del tratamiento, ideal el diseño de la técnica y no existe perdida de anclaje
<i>Chandran M. et al.</i>	Localizada	Moderado	Tie back	100gr	Vernier electrónico en modelos de yeso	Aumento 40% la retracción de canina y un aumento en el metabolismo óseo
<i>Jahanbakhshi M. et al.</i>	Localizada	Moderado	loop vertical .016x.016 SS	200gr	Vernier y compas	La corticotomía selectiva en vestibular da un aumento de la reabsorción ósea y una disminución de la densidad ósea

En la tabla 6, la variación en la técnica de abordaje con MOPs vuelve a brindar varias opciones en cuanto a la localización de la zona intervenida sea extendida o localizada, Babanouri N. *et al.*, reporta mayor efectividad al realizar las MOPs tanto en vestibular como en palatino para tener un mayor efecto de movimiento dental en cuerpo al momento del cierre de espacios(56), Feizbakhsh M. *et al.*, presentan una variación en el protocoló realizando la técnica de MOPs post extracción permitiendo un inicio de cicatrización y después realizar MOPs para potencializar el RAP,



además de reportar que no existe diferencia significativa al momento de cierre espacios aplicando esta técnica en maxilar y mandíbula(57) .

Tabla 14 Variación en técnica de MOPs y biomecánica aplicada

<i>Autor</i>	<i>Variación de la técnica</i>	<i>Tipo de anclaje</i>	<i>de Biomecánica</i>	<i>Fuerza aplicada</i>	<i>Método de medición</i>	<i>Hallazgos</i>
<i>Aboalnaga A. et al..</i>	localizada	Absoluto	Microtornillo con close coil	150g	Modelos tomados con alginato escaneados	Movimiento en cuerpo al momento de cierre de espacios
<i>Alikhani M. et al.</i>	Localizada	Absoluto	Microtornillo y close coli	100g	Modelos con impresiones de alginato	Reducción del 62% del tiempo del tratamiento
<i>Alkebsi A. et al.</i>	Limitado	Absoluto	Microtornillo y close coli	150 g	Modelos escaneados y escaneos superpuestos	No se presenta pérdida de anclaje
<i>Attir S. et al..</i>	Localizada	Mínimo	Tie back	150g	Modelos 3d	considerar el uso de MOP como una herramienta mínimamente invasiva que acelera el movimiento



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

<i>Babanouri N. et al.</i>	Extendida	Absoluto	Microtornillo con close coli	150 g	Modelos cada 2 semanas	Variación de la técnica mejor movimiento corporal
<i>Fattori L. et al.</i>	Limitado	Absoluto	Microtornillo con close coil	200g	Modelos digitales y Q3DC	No acelera el cierre de espacios y afecto de manera inicial a los pacientes (dolor)
<i>Feizbakhsh M. et al.</i>	Limitado (modificado)	Mínimo	Close coli	200g	Modelos 3d	Los 28 días se presenta mayor movimiento y sin diferencia en maxilar y mandíbula
<i>Sivarajana S. et al.</i>	Limitado	Absoluto	Microtornillo con cadena elástica	140 a 200 g	Medición clínica directa	Distalización canina de 1.1mm en 16 semanas
<i>Teh N. et al.</i>	Limitado	Absoluto	microtornillo y cadena elástica	140 a 200 g	CBCT	Se redujo el grosor del hueso alveolar y aumento el movimiento



La medición del cierre de espacios durante el tratamiento y los procedimientos de ortodoncia acelerada es muy variada, esto se debe a la duración de los estudios, los cuales van de un mes después de los procedimientos quirúrgicos, la conclusión del cierre de espacios, como hasta la finalización del tratamiento. Jahanbakhshi M. *et al.* y Aboalnaga A. *et al.*, coinciden en que el cierre de espacios se obtiene en 4 meses (corticotomía y MOPs) (28,58).

En la Tabla 7 y 8 se muestra la tasa del movimiento dental para las corticotomías y MOPs respectivamente, demostrando el tiempo de duración y su efectividad.

Tabla 15 Medición de cierre de espacios en aplicación de corticotomía

<i>Autor</i>	<i>Tiempo de medición</i>	<i>Milímetros</i>	<i>Resultado</i>
<i>Al-Naouma F. et al.</i>	T1= 1 semana	GE=.74 mm/semana	2-4 veces más rápido en el grupo experimental
	T2= 2 semanas	GC=.20mm/semana	
	T3= 3 semanas		
	T4= 4 semanas		
	T5= 5 semanas		



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

<i>Aboul-Ela et al.</i>	T1= mes 1	T1:	Los primeros dos meses la tasa de movimiento es mayor posterior a la intervención y desciende a partir del tercer mes
	T2= mes 2	GE:1.89mm/mes	
	T3= mes 3	GC:0.75 mm/mes	
	T4= mes 4	T2: GE:1.83mm/mes	
<i>Chandran M. et al.</i>		GC:0.86 mm/mes	
		T3:	
		GE:1.07mm/mes	
		GC:0.93 mm/mes	
		T4:	
		GE:0.89mm/mes	
		GC:0.85 mm/mes	
		T0= pretratamiento	GE 1.5
	T1= mes 1	GC=.915	
<i>Jahanbakhshi M. et al.</i>	T1= mes 1	GE: 1.8 mm / mes	La retracción canina completa fue de aproximadamente 4 meses. 1ER Y 2DO mes mayor movimiento
	T2= mes 2	GC: 1.1 mm / mes	
	T3= mes 3		
	T4= mes 4		

La variabilidad del diseño de la técnica refleja diferentes resultados en cuanto a la efectividad en cierre de espacios como se observa en la tabla 8, ya que algunos



autores reportan que realizaron las MOPs en diferentes intervalos de tiempo, como es Feizbakhsh M. *et al.*, quien prefirió realizarlas después de un tiempo de ya realizadas las extracciones de los premolares buscando potencializar el efecto del RAP (57), Babanouri N. *et al.*, modifico la técnica al realizar MOPs tanto en vestibular como en palatino, donde encontró un mejor resultado en el movimiento al momento de realizar la retracción canina (56). Alikhani M. *et al.*, al ser pionero en la implementación de esta técnica reporta 2.3 veces mayor movimiento al momento de cierre de espacios que un cierre de espacios convencional, además de realizar en número de 6 perforaciones utilizando el Propel (38). En cambio otros autores nos hacen referencia que realmente no existe una aceleración del movimiento con las MOPs, si no que existe un movimiento más en cuerpo lo que permite un mejor manejo del cierre espacios evitando el tipping que muchas de estas maniobras tienen como efecto adverso (58–61). Autores como Attri S. *et al.* y Sivarajana S. *et al.*, realizan los abordajes en hueso mandibular además de maxilar por lo cual reportan que no existe diferencia significativa al momento de realizar el cierre de espacios entre ambos maxilares, aunque se esperaría por lo compacto del hueso mandibular que no respondiera de la misma manera ante el estímulo causado por las MOPs (59,62).

Tabla 16 Medición de cierre de espacios en aplicación de MOPs

<i>Autor</i>	<i>Tiempo</i>	<i>Milímetros</i>	<i>Resultado</i>
<i>Aboalnaga A. et al.</i>	T1= mes 1	GE: 0.99 ± 0.3 mm / mes	No acelero el cierre de espacios, pero se realizó un movimiento en cuerpo. 4 meses el cierre de espacios
	T2= mes 2	GC: 0.72 ± 0.06 mm/mes	
	T3= mes 3		
	T4= mes 4		



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

<i>Alikhani M. et al.</i>	T0= pretratamiento T1= mes 1	2.3 veces mayor movimiento en grupo experimental que el control GE= 1.4mm GC= .5mm	Acelero el tratamiento en un periodo activo de 3 meses y mayor activación de marcadores inflamatorios
<i>Alkebsi A. et al.</i>	T1: mes 1 T2= mes 2 T3= mes 3	GE:.1.36mm GC:1.28mm	No acorto el tiempo de tratamiento
<i>Attir S. et al.</i>	T0= pretratamiento T1= 24 hrs. T2:7 días T3: 28 días	Rango maxilar GE:0.89-0.88mm/mes GC:0.63-0.53 mm/mes Rango mandibular GE:0.80-0.73 mm/mes GC:0.53-0.49 mm/mes	MOPs mejora la tasa de movimiento
<i>Babanouri N. et al.</i>	T0= pretratamiento T1= 24 hrs T2:28 días T3: 56días T4:84 días	MOPs vestibular:.15mm MOPs vestibular y palatino:.49mm GC:.15mm	Diferencia significativa en la tasa de retracción canina entre los grupos de MOP y el control contralateral, así como entre los grupos MOP1 y MOP2
<i>Fattori L. et al.</i>		GE: 0.672 mm / mes GC: 0.614 mm / mes	No fueron significativos
<i>Feizbakhsh M. et al.</i>	T0= pretratamiento T1= 28 días	GE: 1.3 mm en 28 días. GC: 0.64 mm en 28 días	Modificación en la técnica es efectivo para aumentar la tasa de movimiento (2 perforaciones)



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Sivarajana S. et al.

MOP1:4 Semanas
(maxilar), 8 Semanas
(mandíbula)

GE1: .63mm/mes
GC:.28mm/mes

1.1mm de retracción
canina en un periodo de
16 semanas

MOP2: 8 Semanas
(maxilar) 12
Semanas
(mandíbula)

MOP3 12 Semanas
(maxilar) 4 semanas
(mandíbula)

Teh N. et al.

Realizaron en
intervalos

GE1: 1.49 mm a 4 semanas

Reducción del volumen
óseo y aumento de la
tasa de movimiento a las
4 semanas



9. DISCUSIÓN

Acorde con la revisión realizada sobre la efectividad de la corticotomía y MOPs en la aceleración del cierre de espacios, existen diferencias en la efectividad de cada técnica y en la manera de medir el cierre del espacio, así como en el protocolo de la técnica quirúrgica, haciendo hincapié en las modificaciones que existen para la aplicación de múltiples biomecánicas al momento de realizar un cierre de espacios.

La injuria realizada en el hueso en las técnicas de ortodoncia acelerada al momento de iniciar o acelerar el movimiento dental, permite mayor movimiento induciendo al RAP, como un proceso de cicatrización descrito por Frost en 1983 (20,25,63), al momento de realizar el abordaje quirúrgico es importante mantener una activación de biomecánica para el cierre de espacios, sugerida por diversos autores con un intervalo de 2 semanas teniendo en cuenta que la duración del proceso de reparación, tiene una tasa media de 4 a 6 meses, después de este tiempo el movimiento se da a una velocidad normal de 0.5 a 1mm por mes (23,25,46,47).

En el abordaje quirúrgico, en el caso de la corticotomía los autores Al-Naouma F. *et al.* y Aboul-Ela S *et al.* coinciden en realizar el procedimiento en bloque en toda a la sección maxilar con la técnica descrita por Köle en 1952 (29,30,55), mientras Chandran M. *et al.* y Jahanbakhshi M. *et al.* realizan el corte de manera localizada solo en la zona de la extracción (extensión de mesial del canino a distal del premolar)(28,64). En el caso de las MOPs la extensión se centra en el abordaje en la zona de extracción en este caso en zona de premolares, Alikhani M. *et al.*, Teh N. *et al.*, Fattori L. *et al.*, y Alkebsi A. *et al.*, siguen este patrón en la aplicación de las MOPs únicamente aplicado en hueso maxilar (38,60,61,65), mientras Sivarajana S. *et al.*, Attir S. *et al.*, aplican las MOPs en maxilar y mandíbula sin encontrar una diferencia significativa entre la respuesta del cierre de espacios, respecto a su lado control(59,62), Babanouri N. *et al.*, realiza una variación en el protocolo de en uno de sus grupos realizando las MOPs en área vestibular y platino, con lo que obtiene una mayor tasa de movimiento, sin efectos adversos (tiping)(56), Feizbakhsh M. *et*



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

al., realizó MOPs después un proceso de cicatrización de la extracción en donde encontró una potencialización del RAP(57).

Aun cuando la corticotomía acelera significativamente la tasa de movimiento en el tratamiento de ortodoncia, los datos aún son cuestionables, ya que existen autores que aseguran que el tratamiento se puede llevar a cabo en 4 a 9 meses cuando el tratamiento convencional demora entre 1.5 y 2.5 años(11,47,66).

En el presente estudio, el sitio de la corticotomía y MOPs presentó variaciones en la técnica de la medición del espacio, como el seguimiento del cierre del mismo, lo que sugiere una distalización en un periodo más corto en comparación con la ortodoncia convencional, con una mayor distancia recorrida por el canino en el sitio de la corticotomía en comparación con el sitio MOP(28,30,38,60,61,64,65). El aumento significativo en el movimiento dental en el sitio de la corticotomía podría deberse a los cortes verticales realizados en el hueso cortical, a diferencia de la dimensión de las MOPs, ya que los cortes verticales atravesaron el hueso cortical, lo cual disminuye la resistencia durante la aplicación de las fuerzas de ortodoncia, lo que no fue el caso en el sitio MOPs como referencian Fattori *et. al.* y Alkebsi *et.al.* Por ejemplo, Al-Naouma F. *et al.* obtuvo una retracción de 0.74mm/semana con la corticotomía, lo que representa de 2 a 4 veces mayor velocidad de cierre de espacio o retracción canina(30), lo que coincide con lo reportados por Abbas N. *et al.*, Aboul-Ela S. *et al.*, Jahanbakhshi M. *et al.* y Chandran M. *et al.* en su promedio mensual de 1.8 ± 0.2 mm en el caso de corticotomía(28,46,55,64). En el caso de MOPs los resultados obtenidos son muy variados, existiendo reportes de autores donde la retracción es similar a la obtenida con la corticotomía(4,38), mientras en otros estudios los reportes obtienen resultados donde no existe realmente una aceleración del movimiento, sino un mejor movimiento en cuerpo al momento de realizarlas en la zona de la extracción, esto puede asociarse una incapacidad para producir un efecto sobre la respuesta biológica mayor al mismo que ya provoca por si solo el tratamiento de ortodoncia, por lo que autores como Ozkan T. *et. al.* propone



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

que las MOPs tengan una profundidad verdadera de 4mm, para producir una verdadera respuesta biológica de aceleración(67).

Además de la técnica de ortodoncia acelerada, el movimiento dental depende de la biomecánica seleccionada, ya que existen muchas formas de alcanzar los objetivos, hoy en día muchos clínicos prefieren la utilización de los microtornillos, ya que se obtiene un anclaje esquelético y se pueden aplicar mayores fuerzas al momento de realizar la retracción de canino como del segmento anterior, la manera de activar esta biomecánica puede variar, como en el caso de los autores Teh N. *et al.*, Sivarajana S. *et al.* utilizan cadena elástica con 140 a 200 gr de fuerza, donde Teh N. obtuvo una mayor retracción 1.49mm en su grupo de aplicación de MOPs en 4 semanas y Sivarajana S. 1.1mm en 16 semanas, sin diferencia significativa entre hueso maxilar y mandíbula (62,65).

Unas de las consideraciones a tener durante el tratamiento de ortodoncia y que aumenta durante tratamientos de cierre de espacios es la reabsorción radicular externa como lo menciona Jiang F. *et. al.*, la cual se puede agravar o presentar con mayor probabilidad en pacientes que tengas una predisposición genética. Por lo que las aplicaciones de estas técnicas disminuyen la densidad del hueso alveolar adyacente, lo que permite que se realice el movimiento con menor resistencia alveolar, lo que evitaría la actividad prolongada de los osteoclastos adyacentes a las raíces de los dientes(11,68–71).

Hoy en día aun cuando las MOPs son realizadas por el ortodoncista y son más aceptadas por los pacientes, su tasa de movimiento no es significativa en cuanto a aceleración del cierre de espacios, lo cual puede estar relacionado a que falta una estandarización en la técnica, ya que por lo referido por autores al no tener MOPs de adecuada profundidad no perfora el hueso cortical no produce una aceleración, pero no se debe descartar su efecto en el que favorece un movimiento en cuerpo de los dientes adyacentes al espacio edéntulo, lo que facilita la finalización del



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

tratamiento ortodóncico. Por lo tanto, resulta ser más efectiva la corticotomía por el aumento de la actividad osteoclástica y la disminución de la densidad ósea que se asocian con la osteopenia y el RAP disminuyen la probabilidad de necrosis por hialinización y reabsorción radicular, la cual con las modificaciones dadas por Wilcko *et.al.* da como resultado una mejora tanto periodontal como de aceleración del tratamiento, técnica mejor conocida como PAOO, donde se realiza un aumento alveolar colocando injerto óseo, donde las matrices descalcificadas estimulan la actividad osteoblástica, lo que favorece a un aumento de volumen alveolar además de una reducción del tiempo total de finalización del tratamiento de ortodoncia, el cual se redujo en promedio de 6 a 8 meses, lo que sugiere una reducción de casi el 50% en el tiempo de tratamiento, además dicho tratamiento puede favorecer a los pacientes que presenten un fenotipo gingival delgado.(43,47,72).



10. CONCLUSIONES

La corticotomía es la técnica más efectiva en la aceleración del movimiento ya que produce mayor activación de los marcadores inflamatorios, lo que favorece a la disminución de la resistencia que ejerce el hueso; pero tiene desventaja de que requiere un mayor tiempo de recuperación para el paciente. Mientras las MOPs pueden ser realizadas por el Ortodoncista y son mayormente aceptadas por los pacientes, no se encontró una evidencia contundente entre los estudios que demuestre la aceleración del movimiento durante el tratamiento de ortodoncia, pero si el beneficio de un cierre de espacios puro evitando la inclinación radicular, el cual es uno de los principales efectos adversos que se presentan al momento de realizar esta fase de trabajo en ortodoncia. En ambas técnicas la activación debe ser cada 2 semanas y se obtendrá mejores resultados al evitar la fricción durante el deslizamiento.

La optimización de los resultados clínicos en cada paciente, exigen un enfoque multi e interdisciplinario en las diferentes ramas de la odontología, en el caso de la ortodoncia acelerada, que permite la interacción de la ortodoncia con la periodoncia para la creación de nuevas técnicas, que simplifican el tratamiento, además de ser una técnica quirúrgica que permite mejorar el fenotipo gingival, en las dehiscencias y resultados benéficos para pacientes con reabsorción radicular.



11. BIBLIOGRAFÍA

1. Andrade I, Sousa ABDS, Silva GDG. New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement. *Dental Press J Orthod*. 2014;19(6):123–33.
2. Kirschneck C, Fanghänel J, Wahlmann U, Wolf M, Roldán JC, Proff P. Interactive effects of periodontitis and orthodontic tooth movement on dental root resorption, tooth movement velocity and alveolar bone loss in a rat model. *Ann Anat* [Internet]. 2017;210:32–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aanat.2016.10.004>
3. Yi J, Xiao J, Li H, Li Y, Li X, Zhao Z. Effectiveness of adjunctive interventions for accelerating orthodontic tooth movement: a systematic review of systematic reviews. *J Oral Rehabil*. 2017;44(8):636–54.
4. Zamora Escobar Y, Murillo Samper FJ. Micro-oseoperforaciones para acelerar el movimiento ortodóncico en distalización canina, estudio en boca dividida. Reporte de un caso. *Rev Mex Ortod* [Internet]. 2017;5(4):205–13. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmo.2018.01.002>
5. Buschang P, Campbell PM, Ruso S. Accelerating Tooth Movement With Corticotomies: Is It Possible and Desirable? *Semin Orthod* [Internet]. 2012;18(4):286–94. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.sodo.2012.06.007>
6. Parfitt A. The cellular basis of bone remodeling: The quantum concept reexamined in light of recent advances in the cell biology of bone. *Calcif Tissue Int*. 1984;36(1 Supplement).
7. Li Y, Jacox LA, Little SH, Ko CC. Orthodontic tooth movement: The biology and clinical implications. *Kaohsiung J Med Sci*. 2018;34(4):207–14.
8. Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular, and tissue-level reactions to



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

- orthodontic force. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006;129(4):469.e1-469.e32.
9. Bartold P. Periodontal tissues in health and disease: Introduction. *Periodontol* 2000. 2006;40(1):7–10.
 10. Lee J-K, Kyu-Rim Chung. Mechanisms of Tooth Eruption and Orthodontic Tooth Movement. *Crit Rev ORAL Biol Med.* 2006;414–34.
 11. Proffit, W, HW Fields Jr DS. *Ortodoncia Contemporanea.* 5ta Edició. Mosby,Elsevier Inc; 2013.
 12. Hu Y, Gao Y, Singamaneni S, Tsukruk V V., Wang ZL. Converse piezoelectric effect induced transverse deflection of a free-standing ZnO microbelt. *Nano Lett.* 2009;9(7):2661–5.
 13. Yamaguchi M. Rank/Rankl-opg during tooth movement. *Orthod Craniofac.* 2009;12:113–9.
 14. Dandajena T, Ihnat MA, Disch B, Thorpe J, Currier GF. Hypoxia triggers a HIF-mediated differentiation of peripheral blood mononuclear cells into osteoclasts. *Orthod Craniofacial Res.* 2012;15(1):1–9.
 15. Park H, Baek KH, Lee HL, Kwon A, Hwang HR, Qadir AS, et al. Hypoxia inducible factor-1 α directly induces the expression of receptor activator of nuclear factor- κ B ligand in periodontal ligament fibroblasts. *Mol Cells.* 2011;31(6):573–8.
 16. Henneman S, Von Den Hoff JW, Maltha JC. Mechanobiology of tooth movement. *Eur J Orthod.* 2008;30(3):299–306.
 17. De Carlos F, Cobo J, Perillan C, Garcia MA, Arguelles J, Vijande M, et al. Orthodontic tooth movement after different coxib therapies. *Eur J Orthod.* 2007;29(6):596–9.



18. Leiker B, Nanda RS, Currier GF, Howes RI, Sinha PK. The effects of exogenous prostaglandins on orthodontic tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1995;108(4):380–8.
19. Teixeira C, Khoo E, Tran J, Chartres I, Liu Y, Thant LM, et al. Cytokine expression and accelerated tooth movement. *J Dent Res.* 2010;89(10):1135–41.
20. Huang H, Williams RC, Kyrkanides S. Accelerated orthodontic tooth movement: Molecular mechanisms. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2014;146(5):620–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2014.07.007>
21. Turnbull N, Birnie DJ. Treatment efficiency of conventional vs self-ligating brackets: Effects of archwire size and material. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2007;131(3):395–9.
22. AAO. Economics orthodontics survey indicates practice management data mostly stable growth [Internet]. Internet. 2015. Available from: <https://www.aaoinfo.org/news/2015/12/economics-orthodonticssurveyindicates-practice-management-data-mostly-stable-growth>
23. Cano J, Campo J, Bonilla E, Colmenero C. Corticotomy-assisted orthodontics. *J Clin Exp Dent.* 2012;4(1):54–9.
24. Goldie R, King GJ. Root resorption and tooth movement in orthodontically and lactating rats. *Am J Orthod.* 1984;85(5):424–30.
25. Frost H. The regional acceleratory phenomenon: A review. *Henry Ford Hosp Med J.* 1983;31(1):3–9.
26. Wilcko M, Wilcko WM, Pulver JJ, Bissada NF, Bouquot JE. Accelerated Osteogenic Orthodontics Technique: A 1-Stage Surgically Facilitated Rapid



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

- Orthodontic Technique With Alveolar Augmentation. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2009;67(10):2149–59. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2009.04.095>
27. Wilcko W, Wilcko T, Bouquot JE, Ferguson DJ. Rapid orthodontics with alveolar reshaping: two case reports of decrowding. *Int J Periodontics Restorative Dent* [Internet]. 2001;21(1):9–19. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11829041>
28. Jahanbakhshi M, Motamedi AMK, Feizbakhsh M, Mogharehabet A. The effect of buccal corticotomy on accelerating orthodontic tooth movement of maxillary canine. *Dent Res J (Isfahan)*. 2016;13(4):303–8.
29. Köle H. Surgical operations on the alveolar ridge to correct occlusal abnormalities. *Oral Surgery, Oral Med Oral Pathol*. 1959;12(5):515–29.
30. Al-Naoum F, Hajeer MY, Al-Jundi A. Does alveolar corticotomy accelerate orthodontic tooth movement when retracting upper canines? A split-mouth design randomized controlled trial. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2014;72(10):1880–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2014.05.003>
31. Kacprzak A, Strzecki A. Methods of accelerating orthodontic tooth movement: A review of contemporary literature. *Dent Med Probl*. 2018;55(2):197–206.
32. Bell W. Immediate surgical repositioning of one- and two-tooth dento-osseous segments. *Int J Oral Surg*. 1973;2(6):265–72.
33. Scheffler N, Proffit W, Phillips C. Outcomes and stability in patients with anterior open bite and long anterior face height treated with temporary anchorage devices and a maxillary intrusion splint. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2014;146(5):594–602.



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

34. Düker J. Experimental animal research into segmental alveolar movement after corticotomy. *J Maxillofac Surg.* 1975;3(C):81–4.
35. Schilling T, Müller M, Minne HW, Ziegler R. Influence of inflammation-mediated osteopenia on the regional acceleratory phenomenon and the systemic acceleratory phenomenon during healing of a bone defect in the rat. *Calcif Tissue Int.* 1998;63(2):160–6.
36. Adusumilli S, Yalamanchi L, Yalamanchili PS. Periodontally accelerated osteogenic orthodontics: An interdisciplinary approach for faster orthodontic therapy. *J Pharm Bioallied Sci.* 2014;6(SUPPL. 1).
37. Yaffe A, Fine N, Binderman I. Regional Accelerated Phenomenon in the Mandible Following Mucoperiosteal Flap Surgery. *J Periodontol.* 1994;65(1):79–83.
38. Alikhani M, Raptis M, Zoldan B, Sangsuwon C, Lee YB, Alyami B, et al. Effect of micro-osteoperforations on the rate of tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2013;144(5):639–48. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2013.06.017>
39. Shih M, Norrdin R. Regional acceleration of remodeling during healing of bone defects in beagles of various ages. *Bone.* 1985;6(5):377–9.
40. Viwattanatipa N, Charnchairerk S. The effectiveness of corticotomy and piezocision on canine retraction: A systematic review. *Korean J Orthod.* 2018;48(3):200–11.
41. Wilcko W., Ferguson D., Bouquot J. WT. Rapid Orthodontic Decrowding with alveolar augmentation. Case report. *World J Orthod.* 2003;4(3):197–205.
42. Saavedra Vargas J, Chahuara Ramírez Y, Quispe Prado A, Arieta Miranda J. Corticotomía: mayor rapidez en el tratamiento ortodóntico. *Odontol*



Sanmarquina. 2018;21(2):119.

43. Amit G, Kalra JPS, Pankaj B, Suchinder S, Parul B. Periodontally accelerated osteogenic orthodontics (PAOO) - A review. *J Clin Exp Dent*. 2012;4(5):292–6.
44. Arango J, Roldan C, Burgos L, Giraldo C, Gutiérrez CE, Sánchez LA, et al. Comparación Clínica entre el Tratamiento Ortodóncico Facilitado por Corticotomía y Ortodoncia Convencional (Estudio Piloto). *Int J Odontostomatol*. 2015;9(2):239–48.
45. Jofre J, Montenegro J, Arroyo R. Rapid Orthodontics with Flapless Piezoelectric Corticotomies: First Clinical Experiences. *Int J Odontostomatol*. 2013;7(1):79–85.
46. Abbas N, Sabet NE, Hassan IT. Evaluation of corticotomy-facilitated orthodontics and piezocision in rapid canine retraction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2016;149(4):473–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2015.09.029>
47. Murphy K, Wilcko MT, Wilcko WM, Ferguson DJ. Periodontal Accelerated Osteogenic Orthodontics: A Description of the Surgical Technique. *J Oral Maxillofac Surg* [Internet]. 2009;67(10):2160–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joms.2009.04.124>
48. Murphy N. Biological Mechanisms of Tooth Eruption, Resorption and Movement - In vivo tissue engineering for orthodontists : a modest first step. 2006;385–410.
49. Tsai C, Yang TK, Hsieh HY, Yang LY. Comparison of the effects of micro-osteoperforation and corticision on the rate of orthodontic tooth movement in rats. *Angle Orthod*. 2016;86(4):558–64.



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

50. Nicozisis J. Accelerated Orthodontics through Micro-osteoperforation. *Orthod Pract.* 2014;4(3):56–7.
51. Samuels R, Rudge SJ, Mair LH. A clinical study of space closure with nickel-titanium closed coil springs and an elastic module. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1998;114(1):73–9.
52. Nattrass C, Ireland AJ, Sherriff M. The effect of environmental factors on elastomeric chain and nickel titanium coil springs. *Eur J Orthod.* 1998;20(2):169–76.
53. Atkinson R, Flint J. Accessing hidden and hard-to-reach populations: Snowball research strategies. *Soc Res Updat [Internet].* 2001;33(April):1–4. Available from: <http://sru.soc.surrey.ac.uk/SRU33.html>
54. Cárdenas Castro JM, Yañez Yañez SE. Nuevas formas de muestreo para minorías y poblaciones ocultas: muestras por encuestado conducido en una población de inmigrantes sudamericanos. *Univ Psychol.* 2011;11(2):571–8.
55. Aboul-Ela S, El-Beialy AR, El-Sayed KMF, Selim EMN, El-Mangoury NH, Mostafa YA. Miniscrew implant-supported maxillary canine retraction with and without corticotomy-facilitated orthodontics. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2011;139(2):252–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2009.04.028>
56. Babanouri N, Ajami S, Salehi P. Effect of mini-screw-facilitated micro-osteoperforation on the rate of orthodontic tooth movement: a single-center, split-mouth, randomized, controlled trial. *Prog Orthod.* 2020;21(1).
57. Feizbakhsh M, Zandian D, Heidarpour M, Farhad SZ, Fallahi HR. The use of micro-osteoperforation concept for accelerating differential tooth movement. *J World Fed Orthod [Internet].* 2018;7(2):56–60. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2018.04.002>



58. Aboalnaga A, 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.* 2019;20(1).
59. Attri S, Mittal R, Batra P, Sonar S, Sharma K, Raghavan S, et al. 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. *J Orthod [Internet].* 2018;45(4):225–33. Available from: <https://doi.org/10.1080/14653125.2018.1528746>
60. Alkebsi A, Al-Maaitah E, Al-Shorman H, Abu Alhaija 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 Dentofac Orthop [Internet].* 2018;153(6):771–85. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.11.026>
61. Fattori L, Sendyk M, de Paiva JB, Normando D, Neto JR. Micro-osteoperforation effectiveness on tooth movement rate and impact on oral health related quality of life: A randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 2020;90(5):640–7.
62. Sivarajan S, Doss JG, Papageorgiou SN, Cobourne MT, Wey MC. Mini-implant supported canine retraction with micro-osteoperforation: A split-mouth randomized clinical trial. *Angle Orthod.* 2019;89(2):183–9.
63. Weinbaum S, Cowin SC, Zeng Y. A model for the excitation of osteocytes by mechanical loading-induced bone fluid shear stresses. *J Biomech.* 1994;27(3):339–60.
64. Chandran M, Muddaiah S, Nair S, Shetty B, Somaiah S, Reddy G, et al.



- Clinical and molecular-level comparison between conventional and corticotomy-assisted canine retraction techniques. *J World Fed Orthod* [Internet]. 2018;7(4):128–33. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.ejwf.2018.10.001>
65. Teh NHK, Sivarajan S, Asif MK, Ibrahim N, Wey MC. Distribution of mandibular trabeculae bone volume fraction in relation to different MOP intervals for accelerating orthodontic tooth movement: A randomized controlled trial. *Angle Orthod*. 2020;90(6):774–82.
66. Cho KW, Cho SW, Oh CO, Ryu YK, Ohshima H, Jung HS. The effect of cortical activation on orthodontic tooth movement. *Oral Dis*. 2007;13(3):314–9.
67. Ozkan TH, Arici S. The effect of different micro-osteoperforation depths on the rate of orthodontic tooth movement: A single-center, single-blind, randomized clinical trial. *Korean J Orthod*. 2021;51(3):157–65.
68. Jiang F, Chen J, Kula K, Gu H, Du Y, Eckert G. Root resorptions associated with canine retraction treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* [Internet]. 2017;152(3):348–54. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ajodo.2017.01.023>
69. Liou EJ, Huang CS. Rapid canine retraction through distraction of the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998;114(4):372–82.
70. Alikhani M, Alansari S, Sangsuwon C, Alikhani M, Chou MY, Alyami B, et al. Micro-osteoperforations: Minimally invasive accelerated tooth movement. *Semin Orthod* [Internet]. 2015;21(3):162–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.sodo.2015.06.002>
71. Nicozisis J. PROPEL: the fourth order of orthodontics. *Orthod Pract* [Internet]. 2014;5(3):24–8. Available from: https://princetonorthodontics.net/wp-content/u/PROPEL_and_the_Fourth_Order_of_Orthodontics.pdf



72. Agrawal AA, Kolte AP, Kolte RA, Vaswani V, Shenoy U, Rathi P. Comparative CBCT analysis of the changes in buccal bone morphology after corticotomy and micro-osteoperforations assisted orthodontic treatment – Case series with a split mouth design. *Saudi Dent J* [Internet]. 2019;31(1):58–65. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sdentj.2018.10.003>

12. ANEXOS