

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

**Facultad de Estomatología**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**TESINA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN  
ESTOMATOLOGÍA CON OPCIÓN TERMINAL EN ORTODONCIA**

**“ESTIMULACIÓN CON VIBRACIONES DE ALTA FRECUENCIA DURANTE EL  
TRATAMIENTO ORTODÓNICO”**

**PRESENTA:**

Paulina Itzel Vega Ramírez

**FECHA DE EXAMEN:** 25-06-2020

**DIRECTOR DE TESINA:**

Dr. Miguel Ángel Casillas Santana ID 10052648

**ASESOR DISCIPLINARIO:**

E.O. Alejandro Andrade Torres ID 100426177

**ASESOR METODOLÓGICO:**

M.O. Laura Mónica López Pérez Franco ID 100527897

**LECTOR:**

M.E.I Guillermo Franco Romero ID: 100294988

**ASESOR EXTERNO:**

Nasib Balut Chahin.





Oficio No. FESIEP/125/2020

**C. Paulina Itzel Vega Ramírez**  
**Matrícula: 218450007**  
**Alumno de la Maestría en Estomatología**  
**Con opción Terminal en Ortodoncia**  
**De la Facultad de Estomatología**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**P R E S E N T E.**

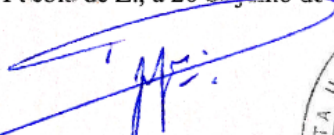
*El que suscribe, **MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez**, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por este medio me permito informar a usted que esta Secretaría **aprueba la impresión de la Tesina titulada “Estimulación con vibraciones de alta frecuencia durante el tratamiento ortodóncico”**, misma que presentará para realizar su examen profesional y obtener el grado de **Maestro en Estomatología con Opción Terminal en Ortodoncia**.*

*Sin más por el momento, deseándole lo mejor, le reitero mi distinguida consideración.*

Atentamente

“Pensar bien, para vivir mejor”

H. Puebla de Z., a 20 de junio de 2020.

  
MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez  
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado  
Facultad de Estomatología



Facultad  
de Estomatología

31 Poniente 1304, Col. Volcanes,  
Puebla, Pue. C. P. 72410  
01 (222) 229 55 00 Ext. 6400

**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**  
**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA**  
**SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN DE TESIS RECEPCIONAL**

Para obtener el Grado de: **Maestro(a) en Estomatología con opción terminal en Ortodoncia**  
**Registro CIFE: 2020019 Fecha: 10 de junio 2020**

**Título de la Tesina: ESTIMULACIÓN CON VIBRACIONES DE ALTA FRECUENCIA DURANTE EL TRATAMIENTO ORTODÓNCICO**

**Nombre del alumno:** Paulina Itzel Vega Ramírez **Matrícula:** 218450007

**Domicilio:** 35 poniente 507 col. Chulavista, Puebla, Puebla.

**Tel:** 5559451502 **Fecha de ingreso a la Facultad:** 8 de enero 2018

Firma: \_\_\_\_\_ 

**Director de tesis:** D.C MIGUEL ÀNGEL CASILLAS SANTANA **Doctor en Ciencias Odontológicas.**  
**Adscripción:** Facultad de Estomatología ID: 100526485 TEL: 4448467645

Firma: \_\_\_\_\_ 

**Director disciplinario:** E.O. ALEJANDRO ANDRADE TORRES **Grado académico: Especialista en Ortodoncia.** Adscripción: Facultad de Estomatología ID: 100426177 Tel: 2224719676

Firma: \_\_\_\_\_ 

**Director metodológico:** M.O LAURA MÓNICA LÓPEZ PÉREZ FRANCO **Grado académico: Maestría en Ortodoncia.** Adscripción: ID: 100527897 Tel: 2225180320

Firma: \_\_\_\_\_ 

**Lector:** M.E.I GUILLERMO FRANCO ROMERO **Grado Académico: Maestría en Estomatología Integral**  
**Adscripción:** Facultad de Estomatología ID: 100294988 Tel: 2222295500

Firma \_\_\_\_\_ 

**Nombre y firma de aprobación de la responsable de la Maestría en Estomatología con opción terminal en Ortodoncia**

**M.O. Laura Mónica López Pérez Franco**

Firma: \_\_\_\_\_ 

**La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado de la Facultad de Estomatología, autoriza la impresión de la Tesis.**

**MO. Farid Alfonso Dipp Velázquez**

**Fecha: 10 de junio 2020**



## AGRADECIMIENTOS:

Es difícil encontrar las palabras exactas para poder expresar lo agradecida que estoy con todas las personas que hicieron que este proyecto hoy lo vea hecho realidad.

Gracias a mis maestros por compartir con paciencia y disciplina sus conocimientos día a día.

Gracias a mis asesores y mi director de tesina por guiar este proyecto; por su apoyo incondicional; tanto académico y emocional, desde el inicio de este proyecto hasta el día de hoy viéndolo terminado; pese a todos los retos que se presentaron en el camino.

A mi asesor externo, por ser un ejemplo de admiración y motivación; gracias por guiarme en esta etapa, aportando tantas enseñanzas a mi formación profesional y; como ser humano.

A mis amigos; con los que compartí tantos momentos inolvidables, durante este camino que recorrimos juntos.

Y por supuesto a la parte fundamental de mi vida; mi familia.

Sin ustedes nada sería posible.

Gracias Papá, Mamá, Hermanos y Tías.

# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO I :</b>	<b>5</b>
<b>MARCO CONTEXTUAL</b>	<b>5</b>
<b>CAPITULO II.</b>	<b>8</b>
<b>MARCO REFERENCIAL</b>	<b>8</b>
<b>VIBRACIONES EN ORTODONCIA</b>	<b>8</b>
<b>CAPITULO III</b>	<b>16</b>
<b>METODOLOGÍA Y ANÁLISIS</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>17</b>
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>17</b>
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>19</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA:</b>	<b>20</b>

## RESUMEN

En los últimos años, la investigación en Ortodoncia ha cambiado dando mayor énfasis a la respuesta biológica ante las fuerzas ortodóncicas aplicadas; el conocimiento actual plantea la posibilidad de utilizar nuevos métodos terapéuticos para la aceleración del movimiento dental ortodóncico.

El tiempo promedio en un tratamiento de ortodoncia es de 2 años; tratamientos prolongados aumenta la incidencia de caries, enfermedad periodontal y reabsorción radicular; además que la cooperación del paciente disminuye con el paso del tiempo. Por lo tanto, la posibilidad de acelerar la respuesta biológica periodontal; la remodelación del ligamento y alveolo es de gran interés, ya que podría permitir un movimiento dental más rápido y tiempos de tratamiento más cortos.

Dichos métodos pueden clasificarse como **quirúrgicos** y **no quirúrgicos**.

Dentro de los métodos no quirúrgicos la aplicación de terapia con vibraciones de alta frecuencia (120 Hz) ha demostrado que produce de manera predecible cambios catabólicos o anabólicos dentro del hueso alveolar según la presencia o ausencia de fuerza de ortodoncia respectivamente.

Se reporta que los osteocitos son sensibles a vibraciones de alta frecuencia y responden produciendo factores solubles que inhiben formación de osteoclastos; además acelera el movimiento en ortodoncia a través de una mejor expresión de RANKL en el ligamento periodontal sin daño adicional a los tejidos periodontales.

El propósito de ésta tesina es analizar la efectividad que tiene las vibraciones de alta frecuencia desde el aspecto biológico y mecánico, con el objetivo de acelerar el movimiento dental evitando los efectos adversos que conlleva un tratamiento de ortodoncia prolongado.

Se realizó una búsqueda donde se incluyeron; estudios animales, estudios en modelos celulares, en ensayos controlados aleatorios y ensayos clínicos controlados que evaluaron la eficacia de la vibración en la aceleración OTM mediante búsqueda electrónica y manual.

Fuentes de búsqueda utilizada: Medigraphic, scholar google, pubmed, SciELO, revistas como JCO, AJO-DO y búsqueda manual.

## INTRODUCCIÓN

Ortodoncia es la especialidad dentro de la odontología que tiene por objetivo crear un perfil facial equilibrado con dientes alineados y una oclusión dental óptima que conduzca a una mejor estética y función.

El tratamiento ortodóncico está orientado a la corrección de la maloclusión; que es un estado patológico de la cavidad oral que se caracteriza por la alteración en la posición dental, ya sea de la misma arcada o de la arcada opuesta, una característica frecuente de la mal oclusión dentaria es el apiñamiento dental lo que se refiere a la carencia de espacio o discrepancia entre el tamaño del marco óseo y la masa dentaria, lo cual impide la correcta alineación de los dientes.(1)

Robert M. Little propuso un método cuantitativo para evaluar la cantidad de apiñamiento, y lo clasifica de la siguiente manera: 0 mm: alineación perfecta, 1-3 mm: apiñamiento mínimo, 4-6 mm: apiñamiento moderado, 7-9 mm: apiñamiento severo y 10 mm: apiñamiento muy severo; actualmente se sigue utilizando esta técnica como uno de los métodos para evaluar el grado de apiñamiento dental.(2)

Sin embargo, la cooperación del paciente disminuye a medida que se prolonga el tratamiento principalmente porque éste repercute en su estética, higiene bucal y comodidad; el dolor es el principal efecto negativo referido por los pacientes; seguido del tiempo de tratamiento.

Actualmente se estudia detenidamente la biología del movimiento dental, para el desarrollo y aplicación de nuevos métodos terapéuticos no quirúrgicos que promuevan la modulación del mismo, tales como: terapia láser, inyecciones locales de biomoduladores y vibraciones con el propósito de acortar el tiempo de tratamiento, aumentar la estabilidad y disminuir el dolor ocasionado durante el tratamiento de ortodoncia.

La estimulación del movimiento dental con vibraciones de alta frecuencia ha tenido particular interés ya que es una alternativa mínimamente invasiva de fácil uso para el paciente provocando un efecto catabólico el cual estimula el movimiento dental por un aumento en la expresión del RANKL (Ligando del receptor activador para el factor nuclear  $\kappa$  B) en los sitios de presión, en este proceso se ha demostrado altos niveles de biomarcadores del metabolismo óseo como citocinas, quimiocinas; factores de crecimiento, neurotransmisores y hormonas; en sitios de compresión y tensión durante movimientos ortodóncicos; lo que amplifica la respuesta celular

de osteoblastos-osteoclastos causando resorción y formación ósea cuando el diente está bajo fuerza, mejorando el movimiento dental de 2-3 mm/mes sin cambios importantes en la longitud radicular. (3)

Además, la estimulación vibratoria del ligamento periodontal (PDL) se ha utilizado para ayudar a aliviar el dolor que surge al comenzar el tratamiento de ortodoncia ya que aumenta la vascularización, reduciendo áreas de isquemia y activando las fibras nerviosas sensoriales de gran diámetro. (35)

Se sugiere que las vibraciones de alta frecuencia tienen 4 aplicaciones benéficas en ortodoncia:

**1)** Mejora del asentamiento de alineadores, lo cual hace más eficiente la acción de estos.

**2)** Modulación del movimiento dental ortodóncico, aumentando la velocidad de éste y, por lo tanto, acortando el tiempo total de tratamiento.

**3)** Mejora de la retención para minimizar la recidiva al término del tratamiento de ortodoncia.

**4)** Alivio del dolor e incomodidad asociada con el tratamiento de ortodoncia, disminuyendo así la necesidad del empleo de fármacos.

Actualmente existen en el mercado 2 productos usados para transmitir vibraciones a la dentición y los tejidos de soporte dental, tal es el caso de AcceleDent (OrthoAccel Technologic) y VPro5 (PROPEL Orthodontics), los cuales, se diferencian en la intensidad de vibraciones que transmiten cada uno a los tejidos; AcceleDent libera vibraciones a una frecuencia de 30 Hz, siendo necesaria una aplicación de 20 min por día, mientras que VPro5, produce vibraciones a una frecuencia de 120 Hz, siendo necesario su uso durante 5 minutos por día.

La investigación preclínica de la vibración complementaria al movimiento dental ha demostrado el potencial de cambiar la química y la cantidad de hueso alveolar alrededor del diente en movimiento. Alikhani et al., identificaron que, la fuerza de ortodoncia estimula la liberación de citocinas y quimiocinas inflamatorias en el periodonto, que recluta células precursoras de osteoclastos que experimentan diferenciación a través de vías de señalización, especialmente la activación de

RANK-RANKL, lo que resulta en una región localizada de actividad catabólica (pérdida ósea) y el posterior movimiento de los dientes; demostrando una aceleración significativa del movimiento de los dientes a 120 Hz HFV en comparación con las frecuencias más bajas. (38)

Un estudio reciente en humanos con un dispositivo de alta frecuencia de 120 Hz calibrado de manera similar confirmó patrones de regulación por aumento de citocinas inflamatorias (TNF, IL-1 IL-6) que nuevamente se correlacionaron con una mayor tasa de movimiento, además de reportar niveles de dolor de ortodoncia disminuido.(3)

En los últimos años, ha sido un tema de investigación recurrente acelerar el movimiento dental durante el tratamiento de ortodoncia(OTM) a través de la vibración. Sin embargo, la metodología llevada a cabo y los resultados no concluyentes de dichos estudios podrían causar dificultades para comprender la efectividad del estímulo.

Por lo tanto, esta revisión tiene como objetivo evaluar las evidencias disponibles sobre la eficacia del estímulo vibratorio para acelerar la OTM.

## CAPITULO I :

### MARCO CONTEXTUAL

Las dos preocupaciones mas frecuentes citadas por los pacientes son, en primer lugar, el temor al dolor asociado con la terapéutica y segundo, la duración del tratamiento; siendo las barreras principales para la aceptación del tratamiento. Una de las desventajas en ortodoncia es la duración del tratamiento que son en promedio de 21 a 24 meses en tratamientos sin extracciones y de 25 a 35 meses si se requiere extraer órganos dentarios; se ha estimado que los dientes se mueven entre 0.8 y 1.2 mm al mes aplicando fuerzas continuas (1); Burstone, explica tres fases del movimiento del diente: fase 1; de 24 horas a 2 días después de que la aplicación de fuerza provocando movimiento rápido del diente dentro de su cavidad ósea; durante la fase 2 entre los 20 y 30 días, no hay movimiento, ya que la cavidad se remodela mediante la eliminación de tejido comprimido que puede ser necrótico o hialinizado, en la fase 3 hay una aceleración del movimiento dental, con sitios de tensión que muestran deposición ósea y eliminación de material necrótico en sitios comprimidos; repitiéndose éste ciclo cada vez que se estimula el órgano dentario mediante una fuerza aplicada. (4)

Un tratamiento de mayor duración, incrementa la probabilidad de descalcificación del esmalte, recesión gingival y reabsorción radicular, por lo cual, la modulación de la tasa de movimiento dental, se ha convertido en el foco central de diversas investigaciones. (5)

Al provocar un estímulo mecánico (tratamiento de ortodoncia) hacia el ligamento periodontal desencadena un proceso de inflamación e isquemia interrumpiendo el aporte sanguíneo al ligamento periodontal lo cual se refleja en el paciente como dolor e incomodidad. Por esta razón es benéfico tanto para el paciente como para el ortodoncista conocer y aplicar nuevas alternativas y tecnología que permitan realizar tratamientos de alta calidad en tiempos razonables y con menos efectos secundarios. (6)

Las alternativas para acelerar el tratamiento de ortodoncia se basan en el estudio de la biología del movimiento dental, con un enfoque en promover y estimular las células responsables de la remodelación tisular y ósea, se han utilizado diversas

aproximaciones, las cuales incluso se pueden combinar, son clasificadas en esta revisión según el mecanismo de acción por medio del cual facilitan el tratamiento de ortodoncia. (Figura 1) (7)

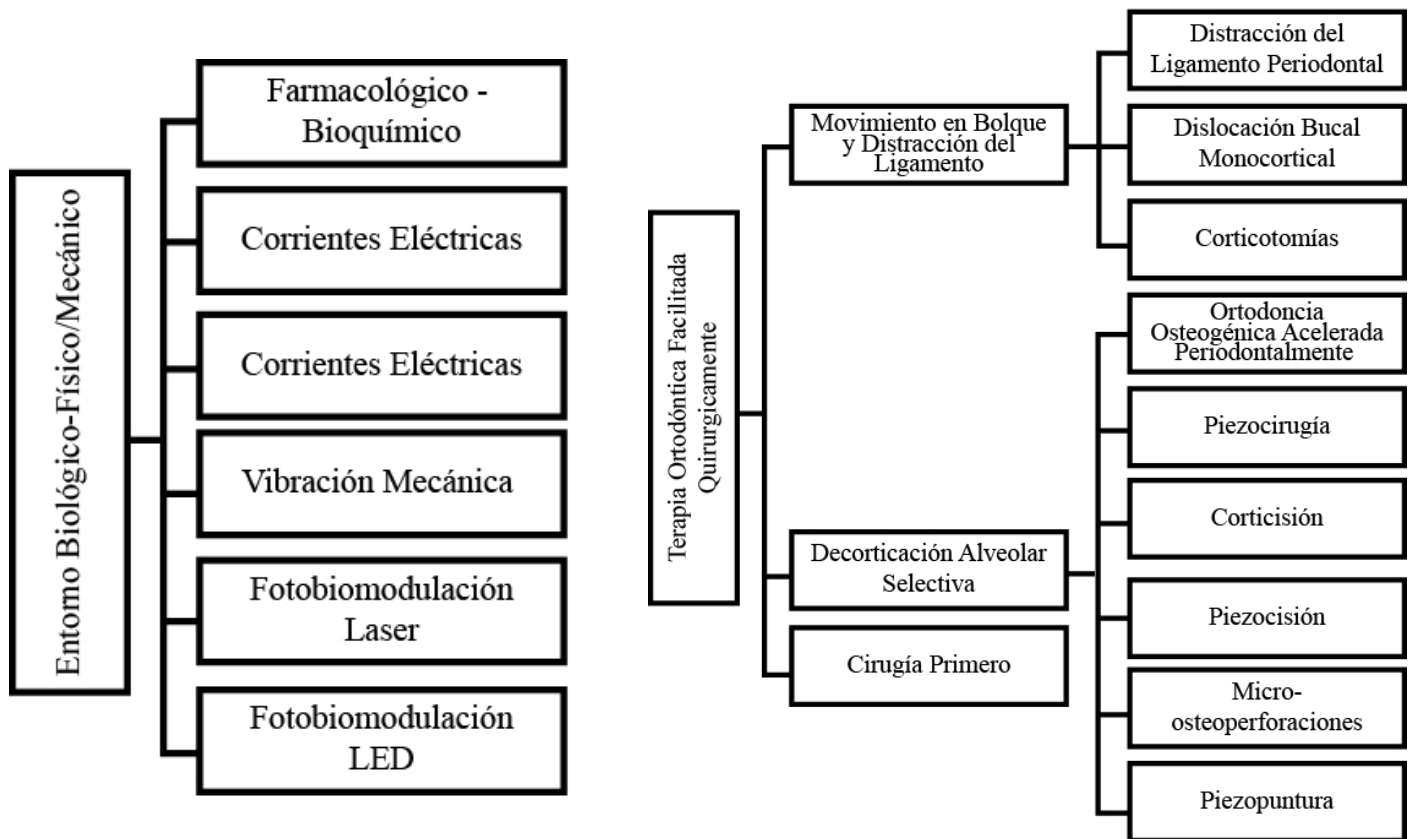


FIGURA 1 Métodos para Acelerar el movimiento en ortodoncia; procedimientos no quirúrgicos (biológicos, físicos / mecánicos) y quirúrgicos

Resultados de estudios previos que ponen a prueba la efectividad de las vibraciones durante el proceso de remodelación ósea, no son contundentes, la evidencia científica que respalda la eficacia del uso de vibraciones en la aceleración del movimiento dental es controversial y dividida en conclusiones.

Estudios recientes, con modelos tanto animales como humanos, han descrito que la estimulación mecánica por medio de vibraciones, amplifica la respuesta celular de osteoblastos-osteoclastos causando resorción y aposición ósea cuando el diente está bajo una fuerza ortodóntica lo que acelera el movimiento dental.

(8)

Sin embargo se ha demostrado que no todas las vibraciones son iguales, y que las células óseas son altamente sensibles y responden a los cambios en la frecuencia y magnitud de la vibración.

Judex et al., realizó un estudio donde fueron sometidas ratas Dawley a vibraciones diarias de 45 Hz o 90 Hz y las comparó con controles sin vibración después de 28 días. La formación de hueso entre el grupo de frecuencia más baja (45 Hz) no fue significativamente diferente de los controles, mientras que el grupo de frecuencia más alta (90 Hz) demostró una mayor sensibilidad y tasas de formación ósea 159% mayores que los controles.(9)

Por otro lado, sigue siendo tema de discusión si su efecto es más bien mecánico ayudando a reducir la fricción entre la aparatología utilizada, o biológico, promoviendo una mayor expresión de biomarcadores que juegan un papel importante en el movimiento dental durante el tratamiento de ortodoncia (citoquinas, quimiocinas, factores de crecimiento, Interleucinas).

Existe muy poca investigación clínica que respalde la eficacia del uso de vibraciones en la aceleración del movimiento dental; la mayoría de las investigaciones, se han realizado con vibraciones de baja frecuencia (menores o igual a 45 Hz) obteniendo resultados favorables, sin embargo, algunos autores como Lala (2016) sugieren realizar estudios con vibraciones de alta frecuencia (90 Hz o superior) para mejorar los resultados obtenidos (10)

## CAPITULO II.

### MARCO REFERENCIAL

#### VIBRACIONES EN ORTODONCIA

El movimiento del diente en ortodoncia depende de la tasa de resorción ósea, que a su vez depende de la actividad osteoclástica; los osteoclastos no son células residentes en el ligamento periodontal (PDL) o el hueso alveolar; la fuerza de ortodoncia estimula la liberación de citocinas y quimiocinas inflamatorias en el periodonto, que recluta células precursoras de osteoclastos que experimentan diferenciación a través de vías de señalización, especialmente la activación de RANK-RANKL,(8-(11)

La fuerza aplicada sobre los dientes trae como consecuencia alteraciones en el flujo sanguíneo, inflamación y reclutamiento de leucocitos polimorfonucleares, queratinocitos, monocitos, macrófagos, fibroblastos y células mesenquimales; las cuales son capaces de responder a factores de crecimiento y citoquinas, incluyendo la interleucina-1 (IL-1), factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) y factor de crecimiento transformante alfa (TGF- $\alpha$ ) (12)

Las vibraciones constan de tres componentes; frecuencia (número de oscilaciones por segundo expresadas en Hertz), amplitud y aceleración. Las vibraciones en primera instancia actúan sobre el sistema sensorial táctil, el cual, está mediado por mecanorreceptores cutáneos que participan en la sensibilidad al tacto, presión, sentido de posición y vibración(13). La percepción vibro-táctil depende principalmente de mecanorreceptores de adaptación rápida (corpúsculos de Pacini y Meissner) y lenta (discos de Merkel). (14)

En cuanto a la respuesta celular a la aplicación de vibraciones, éstas, se perciben como fuerzas mecánicas extracelulares, las cuales, son recibidas por la membrana, para posteriormente traducirse en señales intracelulares eléctricas y/o bioquímicas que inducen una respuesta del periodonto, aumentando la actividad celular presente durante la osteogénesis.

Estudios previos indican que las vibraciones aceleran la vía de diferenciación de células madre mesenquimales en el linaje osteogénico mediante la fosforilación activada de las vías MAPK (mitogen-activated protein kinase), la regulación de la

ciclooxigenasa 2 (COX-2), la prostaglandina E2 (PGE2) alterando la relación OPG/RANKL y estimulando la producción de proteínas morfogenéticas óseas.(15) Varias investigaciones, en huesos largos y tejido craneofacial, han tenido como objetivo responder a la pregunta de qué *frecuencia de vibración* es más efectiva. Los resultados sugieren que las células tienden a ser más sensibles a frecuencias más altas (> 60 Hz) en lugar de más bajas (frecuencias <45 Hz). La vibración mecánica de alta frecuencia (HFMV) causa una respuesta anabólica en el esqueleto craneofacial en ausencia de inflamación y en conjunto con las fuerzas ortodoncias desencadenan una cascada catabólica dependiente de la inflamación que es crucial para el movimiento de los dientes, incrementando los mediadores inflamatorios y la osteoclastogénesis.(16)

La vibración de alta frecuencia podría mejorar sinérgicamente la osteoclastogénesis y la función osteoclástica a través de la activación de NF-κB, ya que interviene como mediador del estrés celular lo que lleva a la resorción ósea alveolar y, finalmente, al movimiento acelerado de los dientes, pero solo cuando el estímulo se aplica continuamente.(17) (18)

Desde el desarrollo del primer dispositivo vibratorio propuesto por Kurz en 1982 la eficacia de estos dispositivos ha sido probada por un número limitado de estudios in vitro, en animales y muy pocos estudios clínicos (19)

Lala clasifica los dispositivos pulsátiles en baja y alta frecuencia, describe a los de baja frecuencia como aquellos que generan vibraciones menores o iguales a 45 Hz, mientras que los de alta frecuencia vibran con valores mayores o iguales a 90Hz (10)

Existen 2 productos usados para transmitir vibraciones a la dentición y los tejidos de soporte dental, tal es el caso de AcceleDent (OrthoAccel Technologic) y VPro 5 (PROPEL Orthodontics), los cuales se diferencian en la intensidad de vibraciones que transmiten cada uno a los tejidos; AcceleDent libera vibraciones a una frecuencia de 30 Hz, siendo necesaria una aplicación de 20 min de uso por día(13), mientras que VPro5 produce vibraciones a una frecuencia de 120 Hz, siendo necesario su uso durante 5 minutos por día. (20) (16)

Stefan Judex y Suphanee Pongkitwitoon en 2018 compararon ambos dispositivos; mediante un modelo de estudio celular; cultivaron células osteoblasticas, fibroblastos y osteoclastos los cuales se sometieron a vibraciones divididas en dos grupos; esto cuantificado por un acelerómetro. Ambos dispositivos (V-Pro 5 y Acceledent) fueron capaces de aumentar significativamente la proliferación celular durante 3 días en osteoblastos humanos y fibroblastos del ligamento periodontal. Sin embargo, el dispositivo VPro5 inició una proliferación celular significativamente mayor que el dispositivo AcceleDent en los días 1 a 3 después de comenzar el tratamiento de vibración.(16)

Se sabe que los osteocitos son el principal mecanosensor en el hueso, responsable de enviar señales a las células efectoras (osteoblastos y osteoclastos) que llevan a cabo la formación y resorción ósea. De acuerdo con esta hipótesis, Lau E; Al-Dujali S, (2010) realizaron un estudio donde demostrado que los osteocitos liberan varios factores solubles (p. Ej., Factor de crecimiento transformante  $\beta$ , óxido nítrico y prostaglandinas) que influyen en las actividades osteoblásticas y osteoclásticas cuando se someten a un estímulo mecánico (LMHF). Éste estudio, aplicó vibraciones a las células similares a los osteocitos a varias frecuencias (30, 60, 90 Hz) durante 1 hora. Reportando que los osteocitos eran sensibles a este estímulo de vibración a nivel transcripcional: COX-2 aumentó al máximo un 344% a 90Hz, mientras que RANKL disminuyó significativamente a 60Hz. Concluyendo que los osteocitos son capaces de detectar la vibración de LMHF y responden produciendo factores solubles que inhiben la formación de osteoclastos.(21)

La estimulación vibratoria del movimiento dental también se ha investigado en una variedad de estudios en animales, algunos de los cuales han encontrado un aumento de las respuestas suturales y un movimiento más rápido de los dientes. Liu describió un aumento del 40% en el movimiento del diente murino durante un período experimental de cuatro semanas.(22)

Nishimura et al, utilizaron un resorte de expansión Ni- Ti sobre el primer molar en ratas, aplicando una vibración de 60 Hz/1m/s<sup>2</sup>; afirmaron que las ratas que recibieron vibraciones mostraron un aumento en el movimiento dental y una mayor expresión de RANKL en los osteoclastos y fibroblastos del LPD (25). Liu et al, realizaron un estudio con 30 ratas, en los que utilizaron un expansor de Ni-Ti que

liberaba una fuerza de 20 gr sobre el primer molar; aplicaron una vibración mecánica (4 Hz durante 20 minutos/día); reportaron que la vibración aceleró hasta un 40% más el movimiento dentario. (23)

Takano – Yamamoto (2017) desarrolló un nuevo dispositivo de vibración para un modelo de movimiento de dientes en ratas, probando la eficacia y seguridad del dispositivo. El nivel más efectivo de vibración para acelerar el movimiento del diente estimulado fue de 70 Hz durante 3 minutos. Estos hallazgos contribuyen a una mejor comprensión del mecanismo por el cual la vibración de alta frecuencia y magnitud óptima acelera el movimiento de los dientes, y puede conducir enfoques novedosos para el tratamiento seguro y efectivo de la maloclusión. (25) Basándose en las investigaciones previas que aseguran que el uso de vibraciones aumenta el metabolismo óseo y mejora el movimiento dental, se introdujo para la aplicación clínica Acceledent y V-PRO5 con el objetivo de mejorar la calidad de tratamientos en ortodoncia utilizándose como complemento con aparatos ortodónticos fijos o tratamiento de alineadores.

Sin embargo, no todos los resultados son favorables o coinciden; otras investigaciones reportan resultados contradictorios.

Yadav et al, investigaron el uso de vibraciones mecánicas de baja frecuencia en sesenta y cuatro ratones. Los ratones se dividieron en 2 grupos; en los grupos control y experimental, se aplicó la vibración a 5, 10 o 20 Hz. Las mediciones de movimiento dental se llevaron a cabo mediante tomografías. En este estudio los resultados reportados no encontraron aceleración significativa en el movimiento a frecuencias de 5, 10 y 20 Hz. (24)

Por otra parte, estudios clínicos han sido evaluados para comprobar la efectividad de la terapia con vibraciones observada en los anteriores estudios celulares y animales.

Kau et al, estudió un dispositivo generador de fuerza cíclica sobre el movimiento de los dientes y el tiempo total de tratamiento de ortodoncia. Utilizando un prototipo de AcceleDent en 14 pacientes, informaron un movimiento dental de 2.1 mm por mes en el arco mandibular (dos veces la frecuencia habitual) y 3 mm por mes en

el arco maxilar (3). Mientras que Bowman observó una reducción del 30% en el tiempo de tratamiento durante la fase de alineación y nivelación en 30 pacientes adolescentes tratados con AcceleDent (19). Ambos estudios concluyeron que existe un aumento en la velocidad del movimiento debido a las vibraciones aplicadas. Sin embargo, otros estudios más recientes, no han logrado establecer las ventajas de la misma terapia. Woodhouse et al. (2015) analizaron el dispositivo AcceleDent para demostrar su efecto sobre OTM en casos de extracciones con 81 sujetos (40 hombres, 41 mujeres; edad media, 14.1 años) que se sometieron al tratamiento basado en extracción de premolares asignándose aleatoriamente a un tratamiento complementado con el uso diario (20 min) de un dispositivo vibratorio (AcceleDent) y descubrieron que la fuerza vibratoria suplementaria no aumentaba significativamente las tasas de alineación ortodóncica (26), Coincidiendo con los resultados encontrados por Yadav et al. Ambos concluyeron que la vibración mecánica de baja frecuencia no tuvo un efecto significativo en la aceleración del movimiento dental (19,15,20).

Estudios actuales sugieren que la aplicación de vibraciones a mayor frecuencia generan efectos potenciales sobre el hueso, por lo que han surgido nuevos métodos para la aplicación de vibraciones de alta frecuencia en el mercado; uno de ellos es el VPro5 (Propel Orthodontics), el cual es un dispositivo que vibra a una frecuencia de 120 Hz, y requiere un tiempo de aplicación de 5 minutos al día, presenta un arranque gradual que va aumentando hasta llegar a la frecuencia establecida. (27)

Leethanakul et al. (2015), investigaron el impacto de la vibración en el movimiento acelerado de dientes, así como en la actividad de citoquinas relacionadas con la diferenciación de osteoblastos y osteoclastos (específicamente los niveles de interleucina  $1\beta$  (IL- $1\beta$ ) en el fluido crevicular gingival). Los pacientes aplicaron vibraciones al canino utilizando un cepillo de dientes eléctrico (Colgate®, Motion-Multi Action) que operaba a alta frecuencia (125 Hz). Este estudio encontró un aumento significativo del movimiento dentario, acompañado de un aumento de tres veces el nivel de la IL- $1\beta$  (6). La supervivencia, fusión y activación de los osteoclastos se correlaciona con el nivel de IL- $1\beta$ , la cual, también determina la cantidad de movimiento dental y regula la remodelación del hueso alveolar . (8)

Sarah Aalansari (2018) realizó un estudio con la hipótesis de que la aplicación diaria de la vibración aumentaría la eficiencia del tratamiento con alineadores estimulando las citoquinas y los factores de remodelación ósea en el ligamento periodontal sin aumentar el dolor o la incomodidad. Se llevó a cabo en sesenta pacientes cambiando los alineadores en diferentes intervalos de tiempo. Después del cuarto alineador y con la aplicación diaria de vibración mediante el dispositivo VPRO-5, se superponían las imágenes intraorales escaneadas y el ClinCheck, se midió la velocidad del movimiento anterior-posterior de un diente anterior inferior. Se evaluó el nivel de citoquinas en el líquido cervical gingival al final del segundo alineador, y evaluó el dolor usando una escala de clasificación numérica en los días 1 y 3 después de cada cambio del alineador. Se demostró que el tratamiento de vibración por medio de VPRO-5 redujo significativamente los intervalos de tiempo entre los alineadores y el movimiento del diente seguido más de cerca a la predicción ClinCheck. Este efecto fue acompañado por mayores niveles de citoquinas y marcadores de remodelación ósea en el GCF. Los marcadores, evaluados a través de MILLIPLEX@MAP, mostraron un patrón de expresión muy llamativo para las citoquinas (interleucina [IL]-1b, factor de necrosis tumoral alfa, IL-6, IL-1; además los pacientes expresaron niveles más bajos de dolor y malestar.(28)

Además de producir efectos biológicos, la vibración también puede funcionar en un nivel biomecánico para acentuar el movimiento dental ortodóncico. Investigadores de la Universidad de Missouri-Kansas City encontraron que el factor más importante era la amplitud de las vibraciones con los arcos de ortodoncia; en consecuencia, parece que la vibración podría afectar la velocidad del movimiento dental ortodóncico de dos maneras: reduciendo la fase de "retraso" mediante la estimulación de los cambios en el ligamento periodontal, o empleando vibraciones mecánicas dentro de la interfaz del aparato disminuyendo la fricción entre bracket y arco. (29) (30)

Otra ventaja de la terapia con vibraciones para los pacientes; es su asociación con menos dolor e incomodidad. Aunque el dolor se percibe de manera diferente de un individuo a otro, la literatura ha reportado resultados analgésicos favorables. (31)

La causa del dolor resultante en el movimiento ortodóncico no es del todo clara. Furstman y Bernik sugirieron que el dolor periodontal es causado por un proceso de presión, isquemia, inflamación y edema. (32) Burstone observa una gama muy amplia de respuestas dependiendo el individuo, pero identifica una respuesta inmediata que se relaciona con la compresión del PDL; otra retardada; que es relacionada a hiperalgesia a las pocas horas. (33) Al utilizar un sistema de vibración aumentando el riego sanguíneo el cual es necesario para los movimientos dentales en ortodoncia, dando como consecuencia la disminución de dicha isquemia y por lo tanto alivio.

En un estudio aceptado en septiembre de 2016 de Lobre et al. se encontró en un ensayo clínico aleatorizado que la terapia de vibración resultó en una disminución significativa a la percepción del dolor, así como, un menor uso de medicamentos de venta libre, esto es benéfico ya que se ha demostrado que el uso de AINEs para controlar el dolor durante el movimiento dental ortodóncico disminuye la síntesis de prostaglandinas, disminuyendo citocinas y quimocinas inflamatorias que promueven el proceso de reabsorción ósea y, por lo tanto, pueden afectar negativamente la velocidad de movimiento de los dientes. (31)

La teoría es que la vibración restaura la circulación normal al PDL, que de otro modo está restringida por las fuerzas compresivas. El aumento del flujo sanguíneo intercepta la respuesta isquémica y limita la inflamación. (34)

Shiple y Nicozisis realizaron un estudio clínico, los resultados de esta investigación muestran que las HFMV proporcionan un alivio significativo del dolor "compresivo". Los pacientes con el estímulo de vibración demostraron una rápida reducción del dolor dentro de los 5 minutos posteriores a la aplicación del estímulo con vibraciones, mientras que los sujetos control demostraron un dolor moderado con un alivio mínimo; el 60% de los pacientes tratados con vibraciones informaron una eliminación completa o casi completa de las molestias detectables. (35)

Dentro de las ventajas de las vibraciones, se reporta mejoría en calidad ósea; algunos de los estudios que respaldan esto fueron los siguientes.

Christiansen y Silva estudiaron el efecto de este tipo de estímulos vibratorios en cuarenta ratones adultos usando una frecuencia de 45 Hz con diferentes magnitudes de fuerza durante 15 minutos al día por un total de 5 semanas.

Pudieron encontrar un aumento en el volumen óseo en el grupo experimental (36). Rubin et al. dirigieron su investigación a humanos, llevando a cabo un estudio prospectivo de un año; se trató de un ensayo clínico aleatorizado doble ciego controlado con placebo en 60 mujeres post menopáusicas, a quienes les aplicaron vibraciones en todo el cuerpo a una frecuencia de 30 Hz con 0.2 gramos de magnitud de fuerza durante 20 minutos al día. Encontraron una inhibición de pérdida ósea tanto en la columna vertebral como en el fémur (37).

En un estudio realizado en el 2010 por Judex y Rubin, en ratas ovariectomizadas que fueron sometidas a vibraciones de baja y alta frecuencia se encontró que las tasas de formación de hueso para el grupo tratado con alta frecuencia fueron 159% mayores en comparación con los controles, mientras que la formación de hueso para el grupo de baja frecuencia no fue significativamente diferente. A su vez, en las ratas tratadas con alta frecuencia, se observó un aumento del volumen y grosor del hueso trabecular (16)

De forma similar, Alikhani et al, encontraron una tasa estadísticamente más alta de formación de hueso alveolar (+190%) con el uso de frecuencias más altas, con una aplicación de 5 min/día(38)

Con referencia a éstos estudios se observa , que la baja magnitud de fuerza, en conjunto con la aplicación de vibraciones, tienen un potencial anabólico para el hueso. Siendo de gran beneficio para mejorar la retención y minimizar la recidiva al término del tratamiento de ortodoncia; como lo sugiere Lala en su estudio. (10)

Lo cual puede sugerir otra alternativa de investigación donde se compruebe los beneficios de las vibraciones de alta frecuencia en la fase de retención post tratamiento de ortodoncia.

En resumen , la evidencia actual plantea que la aplicación de vibraciones puede mejorar el reclutamiento, diferenciación y activación de células óseas, y es una terapia analgésica efectiva.

La literatura reportada evidencia que las células óseas y del ligamento periodontal son más susceptibles a vibraciones de alta frecuencia en comparación con las de baja frecuencia, ofreciendo mejores resultados durante el movimiento dental, sin embargo, se requiere mayor investigación clínica para comprobar lo previamente reportado.

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA Y ANÁLISIS

Se realizó una búsqueda donde se incluyeron; estudios animales, estudios en modelos celulares, ensayos controlados aleatorios y ensayos clínicos controlados que evaluaron la eficacia de la vibración en la aceleración OTM mediante búsqueda electrónica y manual.

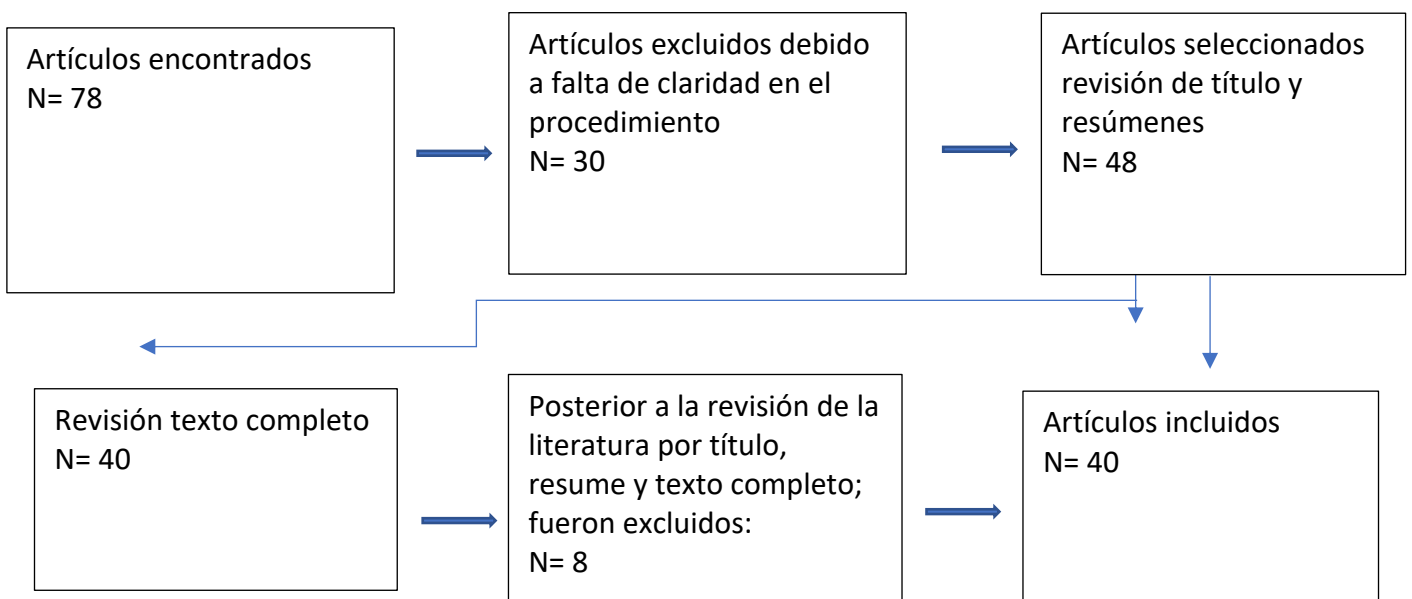
Se encontraron las referencias más representativas utilizando palabras clave como aceleración de movimiento ortodóncico, terapia de vibración en ortodoncia, ortodoncia acelerada; V-PRO 5, vibraciones de alta frecuencia; vibraciones y dolor; vibraciones y estabilidad en ortodoncia. Todas estas combinadas entre sí, para encontrar la literatura publicada sobre cada tema.

Fuentes de búsqueda utilizada: Medigraphic, scholar google, pubmed, SciElo, revistas como JCO, AJO-DO y búsqueda manual.

Los criterios de elegibilidad fueron:

- Artículos en modelos celulares animales o humanos.
- Ensayos clínicos en cualquiera de sus fases.
- Estudios sobre técnicas de aceleración en ortodoncia.
- Estudios sobre alternativas analgésicas con vibración
- Publicaciones en español o inglés.
- 

Se procedió a realizar una lectura crítica y extracción de los resultados de los artículos encontrados



## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN

Después de realizar la búsqueda y análisis de literatura los resultados muestran que se puede aumentar aproximadamente el doble la velocidad del movimiento al aplicar un estímulo como son las vibraciones, sin embargo, el tiempo de acción de las mismas debe ser analizado cuidadosamente, pues si bien es cierto los estudios en animales muestran un aumento en el de recambio óseo estimulando el sistema RANK – RANK-L/OPG, éste fenómeno en modelos animales es mayor que en el humano.

Hay una carencia de estudios clínicos, en su mayoría emplean tratamiento con alineadores y no existen reportes sobre la eficacia de las vibraciones durante tratamiento con brackets. Dentro de los pocos estudios reportados como el de Kau et al. y Bowman, los datos son insuficientes para establecer que la metodología empleada fue la adecuada, lo cual hace suponer que pudieran presentar múltiples sesgos, por lo tanto, no son considerados como evidencia científica concluyente.

Es importante mencionar, que parte de la literatura que se excluyó fueron reportes que se encontraban dentro de la página comercial de la marca V-pro 5; que se encontraban en una base de datos poco confiable y reportaban experiencias de los clínicos con un solo caso clínico y falta de sustento biológico.

Las terapias con vibraciones han mostrado en la literatura resultados prometedores, aumentando el movimiento dental durante el tratamiento de ortodoncia, sin embargo, es necesario diseñar ensayos clínicos controlados que permitan responder muchos de los interrogantes existentes. Cabe mencionar que, la vibración mecánica presenta reportes de literatura contradictorios lo cual hace indispensable profundizar en la investigación de este método como alternativa de aceleración del movimiento ortodóncico

Es importante reconocer si la aceleración encontrada con estas terapias podría tener un real valor clínico respecto al tiempo total del tratamiento, ya que los periodos reportados del uso de la vibración han sido solamente en la primera fase de tratamiento de ortodoncia (alineación) o bien en los primeros recambios de alineadores. Sin embargo, algunos estudios no encontraron ningún cambio en la tasa de movimiento de los dientes, al usar ciertos dispositivos vibratorios debido a la baja frecuencia a la que vibran. Lala concluye, que la baja efectividad del

Acceledent (dispositivo de baja frecuencia) , se debe a la frecuencia insuficiente a la cual vibra; por lo cual , sugiere realizar estudios posteriores aplicando vibraciones con una mayor frecuencia. (10)

Se ha demostrado que la aceleración y la frecuencia de los dispositivos vibratorios alteran significativamente la velocidad del movimiento del diente; dependiendo de esto su efectividad o no.

En el estudio respaldado por Stefan Judex en 2018 donde se compara la efectividad de ambos dispositivos ( Acceledent y V-Pro5) se observó que los dos dispositivos causaron una mayor proliferación celular y expresión génica en osteoblastos y fibroblastos, pero la respuesta al tratamiento con VPro5 fue mayor que para AcceleDent; junto con la literatura publicada, sugiere que las células favorecen frecuencias de vibración más altas que frecuencias más bajas.

Alikhani y col. (2018), investigaron sistemáticamente la vibración en presencia de fuerza de ortodoncia, a 30 Hz, 60 Hz y 120 Hz. Los resultados demostraron una correlación directa entre la frecuencia y el movimiento del diente. A medida que aumentaba la frecuencia, el movimiento de los dientes aumentaba observando que a 120 Hz produciendo la mayor magnitud de movimiento de los dientes, estadísticamente significativo en comparación con los sujetos control y 30 Hz (39)

En ésta revisión se encontró que el uso de vibración de alta frecuencia y el dispositivos VPro5; estuvo acompañado por niveles más altos de marcadores inflamatorios y de remodelación ósea, así como una mejora en la velocidad del movimiento dental.

Se ha demostrado que las estimulaciones vibratorias reducen las percepciones del dolor en diferentes campos (40), según lo reportado por Lobre et al. en ortodoncia; es efectiva después del ajuste ortodóncico para disminuir la sintomatología; se piensa, que ésta actúa al restablecer el suministro de sangre e interceptar la respuesta isquémica; (40) sin embargo, la fiabilidad de estos resultados es cuestionable ya que la percepción del dolor es reportada mediante la escala VAS ; el nivel de dolor es muy subjetiva y depende de cada paciente.

Basados en la literatura actual, no se podría extraer ninguna conclusión sobre los efectos de la vibración sobre el dolor y la incomodidad

## CONCLUSIÓN

Acercar un tratamiento de Ortodoncia permite disminuir los riesgos naturales de desmineralización del esmalte, compromiso periodontal además de tener un efecto analgésico durante el tratamiento, como resultado permite a los profesionales brindar al paciente consultas mas eficientes.

Han tomado popularidad alternativas no quirurgicas para estimular el movimiento dental; sin embargo; entender el mecanismo de acción de las vibraciones en un entorno biológico , físico y mecánico es controvertido, si bien se reportan resultados prometedores y exitosos, el efecto de la vibración al acelerar la tasa de movimiento del diente sigue siendo contradictorio.

Ya que aún no queda claro por completo si el éxito de la terapia con vibraciones se debe a la estimulación biológica del metabolismo óseo o es meramente mecánico; disminuyendo la fricción entre el arco y bracket y ayudando a mejorar el asentamiento de los alineadores

Según lo reportado, las vibraciones de alta frecuencia son más efectivas que las de baja frecuencia mejorando la proliferación y diferenciación de osteoblastos humanos y fibroblastos de ligamento periodontal; se ha descrito y comprobado los beneficios de la terapia con vibraciones en diversos estudios con modelos celulares y animales y; en distintos campos de la medicina no solamente para uso odontológico.

Por lo antes mencionado y ya que durante la revisión de literatura fue evidente la falta de estudios clínicos que pusieran a prueba la efectividad de las vibraciones se sugiere plantear un protocolo para la aplicación clínica; mejorado la metodología de los estudios ya existentes, enfocándose en vibraciones de alta frecuencia ya que reportan mejores resultados en comparación a frecuencias bajas.

## BIBLIOGRAFÍA:

1. David Arango J, María Roldan C, María Burgos L, Giraldo C, Efraín Gutiérrez C, Alejandro Sánchez L, et al. Comparación Clínica entre el Tratamiento Ortodóncico Facilitado por Corticotomía y Ortodoncia Convencional (Estudio Piloto) Clinical Comparison of Orthodontic Treatment Facilitated by Corticotomy and Conventional Orthodontics (Pilot Study). Vol. 9, Int. J. Odontostomat. 2015.
2. Little RM. The Irregularity Index: A quantitative score of mandibular anterior alignment. Am J Orthod. 1975;68(5):554–63.
3. Kau CH, Nguyen JT, English JD. The clinical evaluation of a novel cyclical force generating device in orthodontics. Orthodontic Pract US. 2011;1(1):10–5.
4. Smith RJ, Burstone CJ. Mechanics of tooth movement. Am J Orthod . 1984 Apr 1 [cited 2019 May 18];85(4):294–307.
5. Andrade Jr I, Sousa AB dos S, Silva GG da, Andrade Jr I, Sousa AB dos S, Silva GG da. New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement. Dental Press J Orthod [Internet]. 2014 Dec [cited 2019 May 16];19(6):123–33.
6. Miles P. Accelerated orthodontic treatment - what's the evidence? Aust Dent J. 2017 Mar 1;62:63–70.
7. Aristizábal J. Accelerated orthodontics and express transit orthodontics (ETO)®, a contemporary concept of high efficiency. Rev CES Odont. 2014;27(1):56–73.
8. Leethanakul C, Suamphan S, Jitpukdeebodindra S, Thongudomporn U, Charoemratrote C. Vibratory stimulation increases interleukin-1 beta secretion during orthodontic tooth movement. Angle Orthod. 2016 Jan 26

9. The future of vibration therapy: Expanded application, multiple benefits. [cited 2019 May 19]
10. Lala AA, Lundeberg T, Nordemar R, Ottoson D, Claudia Angélica P-M, Alma Rosa R-G, et al. Vibration therapy in orthodontics: Realizing the benefits. 205–8.
11. Alikhani M, Khoo E, Alyami B, Raptis M, Salgueiro JM, Oliveira SM, et al. Osteogenic effect of high-frequency acceleration on alveolar bone. *J Dent Res*. 2012;91(4):413–9.
12. Yamazaki S, Banes AJ, Weinhold PS, Tsuzaki M, Kawakami M, Minchew JT. Vibratory loading decreases extracellular matrix and matrix metalloproteinase gene expression in rabbit annulus cells. *Spine J*. 2002 Nov 1;2(6):415–20.
13. Shah A. Use of Vibration in Orthodontics A Review [Internet]. *International Journal of Advance Research and Development*. 2017.
14. Malamud-Kessler C, Estañol-Vidal B, Ayala-Anaya S, Senties-Madrid H, Hernández-Camacho MA. ANATOMÍA Y FISIOLOGÍA DE LOS MECANORRECEPTORES CUTÁNEOS RESPONSABLES DE LA PERCEPCIÓN VIBRO-TÁCTIL. Vol. 15, *Revista Mexicana de Neurociencia*. 2014.
15. Andrade Jr I, Sousa AB dos S, Silva GG da, Andrade Jr I, Sousa AB dos S, Silva GG da. New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement. *Dental Press J Orthod* [Internet]. 2014 Dec 123–33.
16. Judex S, Pongkitwitoon S. Differential efficacy of 2 vibrating orthodontic devices to alter the cellular response in osteoblasts, fibroblasts, and osteoclasts. *Dose-Response*. 2018;16(3):1–8.
17. Novack DV. Role of NF- $\kappa$ B in the skeleton. Vol. 21, *Cell Research*. Nature Publishing Group; 2011. p. 169–82.

18. Agarwal S, Long P, Seyedain A, Piesco N, Shree A, Gassner R. A central role for the nuclear factor-kappaB pathway in anti-inflammatory and proinflammatory actions of mechanical strain. *FASEB J.* 2003;17(8):899–901.
19. Bowman SJ. The effect of vibration on molar distalization. *Jco.* 2016;31(3):367–86.
20. Guía del usuario del paciente VPro + <sup>TM</sup> | Propel Ortodoncia [Internet]. [cited 2020 Jun 11].
21. Lau E, Al-Dujaili S, Guenther A, Liu D, Wang L, You L. Effect of low-magnitude, high-frequency vibration on osteocytes in the regulation of osteoclasts. *Bone* [Internet]. 2010 Jun [cited 2019 May 9];46(6):1508–15.
22. Bosio JA, Liu D. Moving Teeth Faster, Better and Painless. Is It Possible? Vol. 15, *Dental Press Journal of Orthodontics*. Permalink; 2010.
23. Nishimura M, Chiba M, Ohashi T, Sato M, Shimizu Y, Igarashi K, et al. Periodontal tissue activation by vibration: Intermittent stimulation by resonance vibration accelerates experimental tooth movement in rats. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008 Apr;133(4):572–83.
24. Yadav S, Dobie T, Assefnia A, Gupta H, Kalajzic Z, Nanda R. Effect of low-frequency mechanical vibration on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2015 Sep 1;148(3):440–9.
25. Takano-Yamamoto T, Sasaki K, Fatemeh G, Fukunaga T, Seiryu M, Daimaruya T, et al. Synergistic acceleration of experimental tooth movement by supplementary high-frequency vibration applied with a static force in rats. 2017 (1):13969.
26. Woodhouse NR, Dibiase AT, Johnson N, Slipper C, Grant J, Alsaleh M, et al. Supplemental vibrational force during orthodontic alignment: A randomized trial. *J Dent Res.* 2015 May 9;94(5):682–9.

27. Dobie TG. The Effect of Varying Frequencies of Mechanical Vibration on the Rate of Orthodontic Tooth Movement in Mice Recommended Citation. 2013
28. Alansari S, Atique MI, Gomez JP, Hamidaddin M, Thirumoorthy SN, Sangsuwon C, et al. The effects of brief daily vibration on clear aligner orthodontic treatment. *J World Fed Orthod*. 2018 Dec 1;7(4):134–40.
29. Kau CH, Nguyen JT, English JD. The clinical evaluation of a novel cyclical force generating device in orthodontics. [cited 2019 May 13].
30. Olson JE, Liu Y, Nickel JC, Walker MP, Iwasaki LR. Archwire vibration and stick-slip behavior at the bracket-archwire interface. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2012 Sep 1;142(3):314–22.
31. Strydom H, Pandis N, Katsaros C, Curatolo M, Fudalej P. Non-pharmacological interventions for alleviating pain during orthodontic treatment. In: Fudalej P, editor. *Cochrane Database of Systematic Reviews* [Internet]. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2012.
32. Furstman L, Bernick S. Clinical considerations of the periodontium. *Am J Orthod*. 1972 Feb 1;61(2):138–55.
33. Ellingson L. The effect of mechanical vibration on pain and rate of tooth movement during initial orthodontic alignment. 2017
34. Lobre WD, Callegari BJ, Gardner G, Marsh CM, Bush AC, Dunn WJ. Pain control in orthodontics using a micropulse vibration device: *A randomized clinical trial*. *Angle Orthod*. 2016 Jul 23 72115-492.1
35. Shipley T, Nicozisis J, Brigham G, Sparaga J. Reduction in Pain to Orthodontic Forces Using a High Frequency Acceleration Device : A Clinical Trial. :12–5.
36. Christiansen BA, Silva MJ. The effect of varying magnitudes of whole-body vibration on several skeletal sites in mice. *Ann Biomed Eng*. 2006

Jul;34(7):1149–56.

37. Rubin CT, Recker R, Cullen D, Ryaby J, McCabe J, McLeod K. Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: A clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety. *J Bone Miner Res.* 2004 Mar;19(3):343–51.
38. Alikhani M, Alansari S, Hamidaddin MA, Sangsuwon C, Alyami B, Thirumoorthy SN, et al. Vibration paradox in orthodontics: Anabolic and catabolic effects. *PLoS One.* 2018;13(5):e0196540.
39. Alansari S, Teixeira CC, Alyami B, Oliveira SM, Thirumoorthy SN, Sangsuwon C, et al. Vibration paradox in orthodontics: Anabolic and catabolic effects. *PLoS One.* 2018;13(5):e0196540.
40. Lundeberg T, Nordemar R, Ottoson D. Pain alleviation by vibratory stimulation. *Pain.* 1984;20(1):25–44.