



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE PUEBLA**

**FACULTAD DE ESTOMATOLOGÍA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**Maestría en Estomatología con Opción
Terminal en ortodoncia**

TESIS

**“USO DE VIBRACIONES MECÁNICAS DE ALTA FRECUENCIA EN EL
CIERRE DE ESPACIOS DURANTE EL TRATAMIENTO ORTODÓNICO”**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

Maestra en Estomatología con Opción Terminal en Ortodoncia

PRESENTA

L.E. Beatriz García Vallejo

216450007

DIRECTOR DE TESIS:

Dr. Miguel Angel Casillas Santana ID 10052648

ASESOR DISCIPLINARIO:

E.O. Alejandro Andrade Torres ID 100426177

ASESOR METODOLOGICO:

M.O. Laura Mónica López Pérez Franco ID 100527897

ASESOR EXTERNO:

Dr. Nasib Balut Chahin

ASESOR EXTERNO:

Dra. Jacqueline Adelina Rodríguez Chávez

Puebla, Pue. Junio 2018



BUAP

L.E. BEATRIZ GARCÍA VALLEJO
MAT. 216450007
ALUMNA DE LA MAESTRÍA EN ESTOMATOLOGÍA
CON OPCIÓN TERMINAL EN ORTODONCIA
DE LA FE-B.U.A.P.
PRESENTE.

El que suscribe, MTRO. GABRIEL MUÑOZ QUINTANA, Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado de la F.E.B.U.A.P., por este medio me permito informar que esta Secretaría aprueba la impresión de la Tesis titulada **“USO DE VIBRACIONES MECÁNICAS DE ALTA FRECUENCIA EN EL CIERRE DE ESPACIOS DURANTE EL TRATAMIENTO ORTODÓNICO”** misma que presentará para realizar su examen profesional y obtener de grado de **Maestra 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 18 DE JUNIO DE 2018.

M. en C. GABRIEL MUÑOZ QUINTANA



Nota: Este documento tiene validez de 90 días posteriores a la fecha.



BUAP

OFICIO NÚM.FE/CIFE/105/2017

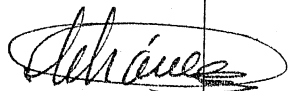
ASUNTO: **Constancia de Registro**
A QUIEN CORRESPONDA.
P R E S E N T E

La Secretaria de Investigación y Estudios de Posgrado con base a lo estipulado por el Comité de Investigación de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, por este medio hace **CONSTAR** que:

El Proyecto de Investigación (colectivo) presentado por la Alumna de la Maestría en Estomatología con opción terminal en Ortodoncia **Beatriz García Vallejo con número de matrícula 216450007** titulado : *“Uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia en el cierre de espacios durante el tratamiento ortodóncico”* y siendo Responsable del Proyecto el **Dr. Miguel Ángel Casillas Santana con ID. 100526485**, ha sido aceptado y queda registrado en esta secretaría en el libro de registros 02 en la hoja 05 con No. de registro **2017050** de fecha 16-11-2017 mismo en el cual participan como: Directora Metodológica la M.O. Laura Mónica López Pérez Franco ID 100527897, Director Disciplinario el E.O. Alejandro Andrade Torres ID 100426177, Asesores Externos: Dr. Nasib Balut Chahin y Dra. Jacqueline Adelina Rodríguez Chávez

Se extiende la presente constancia, en la Heroica Puebla de Zaragoza a los dieciséis días del mes de noviembre del año dos mil diecisiete.

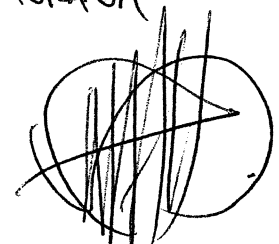
ATENTAMENTE
“PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR”

 P.A

M.C. ALEJANDRO DIB KANAN
Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado



RECIBI ORIGINAL
MIGUEL ANGEL CASILLAS
SANTANA



c.e.p. archivo
MC/ADK*1qa

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: **Maestra en Estomatología con Opción Terminal en Ortodoncia**
Registro: 2017050 Fecha: 14-junio-2018

Título de la Tesis (anexarlo impreso y CD): Uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia en el cierre de espacios durante el tratamiento ortodóncico.

Nombre del alumno: Beatriz García Vallejo. Matrícula: 216450007

Domicilio: Miguel Nájera 101-B Col. Centro, San Martín Texmelucan, Puebla.

Tel: 2225165516.

Fecha de ingreso a la Facultad: 2015

Firma: 

Director de Tesis: Miguel Ángel Casillas Santana

Grado Académico: Doctor en Ciencias Odontológicas Adscripción: Facultad de Estomatología BUAP

ID: 100526485

Tel.: 4448467645

Firma: 

Director disciplinario: Alejandro Andrade Torres

Grado académico: Especialista en Ortodoncia Adscripción: Posgrado Ortodoncia BUAP

ID: 100426177

Tel: 2224719676

Firma: 

Director Metodológico: Laura Mónica López Pérez Franco

Grado académico: Maestra en Ortodoncia Adscripción: Posgrado Ortodoncia BUAP

ID: 100527897

Tel: 2225180320

Lector: Carolina Sámano Valencia

Grado académico: Doctora en Ciencias Adscripción: Laboratorio de Materiales Dentales BUAP

ID: 100526470

Tel: 4448191822

Fecha de Aceptación: 13 de junio de 2018

Firma: 

Nombre y firma de aprobación del presidente de la academia/Coordinador de la Maestría en Estomatología Opción Terminal en Ortodoncia

La Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado, autoriza la impresión de la Tesis

M. en C. Gabriel Muñoz Quintana

Fecha: 14 de junio de 2018

Sello



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES GENERALES	2
ANTECEDENTES ESPECIFICOS.....	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	10
JUSTIFICACIÓN.....	11
OBJETIVO GENERAL	12
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	12
HIPOTESIS.....	13
MATERIAL Y MÉTODOS	14
DISEÑO DEL ESTUDIO.....	14
GRUPO DE ESTUDIO	14
CRITERIOS DE INCLUSIÒN	14
CRITERIOS DE EXCLUSIÒN	14
CRITERIOS DE ELIMINACIÒN	14
TAMAÑO DE LA MUESTRA Y MUESTREO	14
TABLA DE VARIABLES	15
PROCEDIMIENTOS.....	16
RECURSOS HUMANOS.....	18
RECURSOS MATERIALES.....	18
RECURSOS FINANCIEROS.....	18
ASPECTOS ÉTICOS	18
ANÁLISIS ESTADÍSTICO	18
RESULTADOS	19
DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIÓN	29
ANEXOS	30
Anexo 2	32
Anexo 3	33
Anexo 4	33
Anexo 5	34
Anexo 6	34
BIBLIOGRAFÌA	35

INTRODUCCIÓN

La duración prolongada del tratamiento ortodóncico pone en riesgo la integridad bucal del paciente, debido a que la aparatología fija permite la retención de placa dentobacteriana e impide realizar una higiene bucal adecuada, favoreciendo la desmineralización, caries dental e hiperplasia gingival.

Así mismo, la aplicación de fuerzas prolongadas favorece la resorción radicular, lo cual es un factor importante e irreversible que se debe considerar durante el tratamiento ortodóncico.

Al mismo tiempo, la duración del tratamiento ortodóncico se prolonga aún más si se realizan extracciones; estudios previos reportan que el cierre de espacios se realiza en promedio de 1 mm/mes, finalizando el tratamiento en un periodo de 25-35 meses, lo que a diferencia de un caso sin extracciones se realiza de 21 a 27 meses.

De acuerdo a lo anterior, resulta benéfico para el paciente y ortodoncista reducir el tiempo de tratamiento; por lo que actualmente existen varias alternativas para acelerar el movimiento dental, sin embargo, se requiere de procedimientos quirúrgicos y/o la administración de fármacos; además de que la mayoría están en investigación y no existe clara evidencia de su uso y efecto a largo plazo.

Por otro lado, estudios previos reportan que las vibraciones mecánicas son una alternativa segura, mínimamente invasiva; que acelera el movimiento dental por un aumento en la expresión del RANKL (Ligando del receptor activador para el factor nuclear κ B) en los sitios de presión, 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.

De acuerdo a lo anterior, este estudio tiene como propósito determinar si el uso de vibraciones de alta frecuencia (120 Hz) acelera el movimiento dental durante el cierre de espacios; lo que disminuye en gran medida la duración del tratamiento ortodóncico; permitiendo ofrecer al paciente una opción que mantiene la integridad de las estructuras dentales, sin necesidad de realizar procedimientos quirúrgicos o la administración de fármacos para acelerar el movimiento dental.

ANTECEDENTES GENERALES

El tratamiento ortodóncico está orientado a la corrección de la maloclusión y mejoría de la estética facial; por ello la evaluación del paciente incluye varios parámetros, como el perfil facial, posición e inclinación del incisivo inferior, relaciones caninas en clase I, apiñamiento, discrepancia y cantidad de espacio; todos estos factores contribuyen de manera significativa, a tomar la decisión de realizar o no la extracción de órganos dentarios para alcanzar los objetivos de tratamiento. (1)

Proffit, señala que en discrepancias menores de 4 mm, no se deben realizar extracciones, salvo si existe una protrusión pronunciada de los incisivos; en discrepancias entre 5-9 mm, la decisión de realizar extracciones dependerá de las características de los tejidos duros y blandos del paciente, así como también, de la posición de los incisivos en su base ósea; mientras que en discrepancias de 10 mm o mayores, se debe considerar la extracción de órganos dentarios (2); y de existir, relaciones caninas Clase II o III, se deberá distalizar o mesializar los sectores posteriores para conseguir relaciones oclusales de Clase I. (1)

Asimismo, la extracción de órganos dentarios genera mayor desplazamiento de los dientes y con ello un aumento en la duración del tratamiento; aproximadamente en casos sin extracciones, la duración es de 21-27 meses y de 25-35 meses con extracciones (3); esto se debe a que el cierre de espacios es un procedimiento complejo, que se lleva a cabo en dos fases, la primera consiste en la retracción individual de los caninos maxilares y mandibulares, cuando sea necesario llevarlos a clase I y aliviar el apiñamiento en la región anterior; y en la segunda fase se cierran los espacios en masa, ya sea por retracción, atracción o protracción del segmento anterior o de los posteriores, de acuerdo a las necesidades de tratamiento (4); la duración de esta fase depende en gran medida de la velocidad del movimiento dental, que en promedio es de 0.8 mm/mes. (3)

Sin embargo, se ha reportado que la velocidad máxima de traslación del molar en el maxilar es de aproximadamente 2 mm por mes en el cierre de espacio en un niño y 1 mm por mes en el cierre de espacios en un paciente adulto (5); lo anterior se debe a que el niño presenta un hueso alveolar esponjoso, con espacios medulares grandes y numerosos; el flujo vascular es abundante y presenta un máximo potencial de remodelación; además, el ligamento periodontal presenta una alta tasa de renovación fibrilar, lo que hace que los tejidos periodontales en individuos jóvenes reaccionen más rápidamente a la carga ortodóncica. (6)

Por lo anterior se espera que en pacientes adultos la duración del tratamiento ortodóncico sea mayor; lo que en términos generales tiene un gran impacto en la salud bucal del paciente, ya que la colocación de aparatología fija se ha asociado a inflamación gingival, caries dental y resorción radicular (3).

Después de la erupción dental, el cementado de brackets es considerado el segundo momento de cambio del medio ambiente intraoral, generando cambios cualitativos y cuantitativos en la microbiota oral, lo que aumenta la cantidad de microorganismos no solo en la saliva, sino también en la placa dental. La placa dentobacteriana (PDB) es el primer factor etiológico en el desarrollo de gingivitis e hiperplasia gingival, en adición a ser el factor más importante en la iniciación,

progresión y recurrencia de enfermedad periodontal. (7) Clínicamente, la formación de PDB es particularmente favorecida sobre la superficie de los brackets, debajo del arco de nivelación, y su acumulación se exagera por la dificultad para limpiar estos sitios, lo que con el tiempo produce la disolución localizada y destrucción del tejido calcificado de los dientes (caries dental). (7)

Asimismo, la resorción radicular es un efecto importante e irreversible provocado por el tratamiento ortodóncico; esta se define como la pérdida de cemento y dentina en la superficie lateral o apical de la raíz de un diente (4); es causada por fuerzas ortodóncicas excesivas que comprimen el ligamento periodontal (LPD); algunos factores etiológicos asociados al tratamiento biomecánico son la magnitud, duración, dirección y tipo de fuerza. (Ejem. Intermitente, interrumpida y continua). (5)

Actualmente, uno de los objetivos en ortodoncia ha sido reducir la duración del tratamiento ortodóncico y con ello disminuir los efectos adversos mencionados; clínica y experimentalmente se han realizado numerosos intentos por acelerar la velocidad del movimiento ortodóncico, por medio de la inyección de biomoduladores o terapias hormonales, terapia laser, vibración mecánica y corticotomías. (3)

Las coticotomías son un procedimiento quirúrgico donde el hueso de la cortical es cortado, perforado o alterado mecánicamente y el hueso medular permanece intacto. El daño intencional al hueso cortical resulta en una modificación del metabolismo óseo, guiando a un estado transitorio de osteopenia, descrito como un fenómeno de aceleración regional (RAP). El RAP es una reacción local natural de los tejidos blandos y duros en respuesta a un daño y está asociado con una disminución y aumento de la densidad ósea (3) lo que permite el movimiento rápido del diente (8), sin embargo, la aceleración del movimiento dental está limitada a 2-3 meses, periodo en el cual pueden esperarse de 4-6 mm de movimiento dental. (3)

La principal ventaja es que disminuye el tiempo de tratamiento ortodóncico y la probabilidad de reabsorción radicular; la desventaja es que es un procedimiento costoso e invasivo que requiere la elevación de un colgajo extenso y cirugía ósea (3); está contraindicado en pacientes con enfermedad periodontal, pacientes bajo la prescripción de algún fármaco como bifosfonatos o antiinflamatorios no esteroideos durante periodos prolongados, debido a que alteran la remodelación ósea. (8)

Otra alternativa en ortodoncia para acelerar el movimiento dental es el uso de terapia laser de baja intensidad (TLBI); se realiza con un dispositivo que emite luz a través de un proceso de amplificación óptica, basado en la emisión estimulada de radiación electromagnética, su mecanismo de acción de fotobiomodulación penetra en el tejido y estimula el metabolismo celular y remodelación ósea, por lo tanto acelera el movimiento dental, sin embargo, estudios previos han reportado que el uso de TLBI inhibe significativamente la producción de prostaglandina E (PGE-2) y que la interleucina 1B (IL-1B) se incrementa por estrés mecánico *in vitro*, por lo tanto, si la TLBI inhibe estas citoquinas pro-inflamatorias, el movimiento dental podría ser lento. (3)

Por otro lado, investigaciones recientes han sugerido que los moduladores biológicos mejoran el reclutamiento, diferenciación y activación de osteoclastos. La inyección local de biomoduladores como vitamina D, administración de prostaglandina E, osteocalcina y hormona paratiroidea (PTH) podrían ser usadas para acelerar el movimiento dental, sin embargo, es necesaria la administración diaria y se han encontrado efectos adversos como dolor local y resorción radicular severa asociada a estos tratamientos ⁽⁹⁾, por lo tanto, el uso clínico de estos biomoduladores en ortodoncia requiere de más investigaciones a determinar la dosis correcta, frecuencia de administración y los posibles efectos colaterales de su uso a largo plazo. ⁽³⁾

ANTECEDENTES ESPECIFICOS

El movimiento dental es un proceso biológico caracterizado por remodelación del ligamento periodontal (LPD) y hueso alveolar en respuesta a una fuerza ortodóncica, la cual promoverá extensos cambios moleculares y celulares en el periodonto. (3)

El proceso de remodelación ósea comienza cuando se aplica una fuerza ortodóncica sobre el periodonto, este genera una respuesta inflamatoria aséptica que altera la homeostasis y la microcirculación del LPD, por lo tanto, crea áreas de isquemia y vasodilatación, lo que resulta en la liberación de varios mediadores biológicos, como citoquinas, quimiocinas, factores de crecimiento, neurotransmisores, metabolitos de ácido araquidónico y hormonas; estas moléculas desencadenan una respuesta celular que promoverá la resorción ósea por osteoclastos en el sitio de presión y formación ósea por osteoblastos en el sitio de tensión. (3)

La osteoclastogénesis comienza con la división de las células madre y proliferación de células precursoras de osteoclastos en tejidos hematopoyéticos (medula ósea, bazo, hígado y sangre periférica). El segundo paso es la migración de las células a los sitios de resorción ósea, donde serán diferenciados y activados; la eficiencia del movimiento dental está directamente relacionada, cuantitativa y cualitativamente, al reclutamiento, diferenciación, activación y mantenimiento de las células en estos sitios. La diferenciación específica de los osteoclastos se debe a la activación de RANK (Activador del receptor del factor nuclear-KB) por RANKL (Ligando del receptor activador para el factor nuclear K B) expresado por células estromales en medula ósea y osteoblastos. (3)

En ortodoncia, la formación ósea comienza 40-48 horas después de la aplicación de la fuerza en los sitios de tensión del LPD. Los osteocitos, son osteoblastos que se insertan en su propia matriz ósea, participan en el proceso de osteogénesis, siendo agudamente sensibles a las fuerzas ortodóncicas de tracción aplicadas; sus proyecciones celulares favorecen la comunicación con osteocitos vecinos, así como con células de revestimiento superficial del hueso alveolar y células de la cavidad de la medula ósea. Los osteoblastos, mantienen contacto directo con los osteocitos, quienes responden a estas señales e inician la aposición ósea. Además, el estrechamiento de las fibras del LPD estimulan la replicación celular. Las células madre (pericitos) que migran de las paredes de los vasos sanguíneos y las células madre mesenquimales se diferencian en células pre-osteoblásticas 10 horas después de la aplicación de la fuerza. Quimiocinas, citoquinas y factores de crecimiento están directamente involucrados en este proceso. Los osteoblastos también regulan positivamente la actividad osteoclástica por la expresión de citoquinas tales como RANKL, un activador clave en la diferenciación de los osteoclastos y negativamente por la expresión de osteoprotegerina (OPG), un receptor decodificador soluble que inhibe el RANKL. Otras citoquinas juegan un papel importante en la remodelación ósea inducida por fuerzas ortodóncicas: factor de necrosis tumoral (TNF)- α , interleucina (IL), IL-1B, IL-2, IL-3, IL-4, IL-5, IL-6, IL-10, interferón- γ (INF- γ), biomarcadores de tejido (matriz metaloproteínasa (MMP), MMP-1, MMP-2, MMP-9, inhibidores de tejido de MMP (TIMP-1 y 2), y quimiocinas (CCL2, CCL3, CCL5, CCL7, CCL9, CXCL-8, CXCL9, CXCL10, CXCL12 y CXCL-

13), todos los cuales, juegan un papel central en la búsqueda de leucocitos, células inmunes y células estromales. Las cargas mecánicas también estimulan la expresión local de muchos factores de crecimiento (GFs) involucrados en la remodelación del LPD y hueso en las etapas tempranas del movimiento dental ortodóncico en ambos sitios de tensión y presión. (3)

En general, todos juntos, quimiocinas, citoquinas y factores de crecimiento (Gfs) son las principales moléculas involucradas en el reclutamiento, activación, proliferación, diferenciación y supervivencia de células óseas. Estas moléculas estimulan al LPD y a células óseas a dirigir una respuesta inflamatoria seguida de la osteoclastogénesis y resorción ósea en sitios de presión, y neoformación ósea por osteoblastos en los sitios de tensión del LPD. (3)

La estimulación con vibraciones mecánicas incrementa la remodelación del ligamento periodontal y hueso alveolar, por lo que ha aumentado el interés de la aplicación de las mismas durante el tratamiento ortodóncico para acelerar el movimiento dental y con ello reducir la duración del tratamiento. (10)

La vibración es una onda de presión alterna que se traduce en una fuerza mecánica extracelular a la membrana celular, donde se transduce en señales intracelulares eléctricas y bioquímicas (3); la percepción vibro-táctil depende principalmente de los mecano receptores de adaptación rápida (corpúsculos de Pacini y Meissner) y lenta (discos de Merkel) (11); se caracteriza por un movimiento oscilatorio y las principales descripciones de la vibración son frecuencia, la cual es medida en Hz (Hertz), equivalente a un ciclo por segundo; amplitud, que se refiere a la extensión de los movimientos oscilatorios medidos en milímetros (mm) y finalmente la dirección del movimiento de vibración. (5)

Estudios previos indican que la vibración acelera la vía de diferenciación de las células madre mesenquimales en el linaje osteogénico mediante la fosforilación activada de las vías MAPK (Proteína Cinasa activada por mitógenos), regulación de la ciclo-oxigenasa-2 (COX-2), prostaglandina E2 (PGE2), alterando la proporción de OPG/RANKL en el microambiente y estimulando la producción de proteínas morfogenéticas óseas. (3)

Como el hueso, el ligamento periodontal (LPD) es un tejido dinámico que se remodela constantemente para adaptarse a las cargas mecánicas. Por lo tanto, se espera que un nivel apropiado de estrés mecánico sea capaz de inducir una respuesta anabólica del periodonto (3) tal como crecimiento óseo y cambios en la densidad mineral ósea en respuesta a la vibración. (12)

El LPD es el medio de transferencia de fuerzas y el medio por el cual el hueso alveolar se remodela por sí mismo en respuesta a la fuerza aplicada. Sin embargo, las células del LPD juegan un papel importante no solo en el mantenimiento del periodonto, sino también en promover la regeneración periodontal durante o después del movimiento dental ortodóncico. Las vibraciones mecánicas pueden afectar la osteogénesis por el aumento concomitante de las células del LPD al linaje osteogénico. (3)

Estudios previos han demostrado que la estimulación con vibración acelera el movimiento dental por un aumento en el número y actividad de los osteoclastos, probablemente por un aumento en la expresión del RANKL en el ligamento periodontal (13), lo que amplifica la respuesta celular de osteoblastos-osteoclastos

causando resorción y formación ósea cuando el diente está bajo fuerza ⁽¹²⁾ mejorando el movimiento dental de 2-3 mm/mes sin cambios importantes en la longitud radicular ⁽¹⁰⁾.

Por otra parte, la vibración restaura la circulación normal del LPD, lo que de otra manera está restringido por fuerzas de compresión; el aumento del flujo sanguíneo intercepta la respuesta de isquemia y limita la inflamación, lo que genera un efecto analgésico, disminuyendo la incomodidad asociada con la colocación de aparatología fija y ajustes posteriores de la misma ⁽¹²⁾.

Además, en ausencia de fuerza, la vibración genera aposición ósea, aumento de la densidad ósea y reorganización de las fibras de colágeno, lo que mejora la retención y minimiza la recidiva. ⁽¹²⁾

Por lo anterior, se ha aumentado el interés en el uso de vibraciones durante el tratamiento ortodóncico para acelerar la velocidad de movimiento dental y con ello reducir la duración del tratamiento; actualmente existen dispositivos de alta y baja frecuencia; Lala clasifica los dispositivos de baja frecuencia en vibraciones menores o igual a 45 Hz, y alta frecuencia en vibraciones igual o mayor a 90 Hz. ⁽¹²⁾, aunque estudios han demostrado que mientras la vibración (30, 45 y 90 Hz) sea aplicada en cuerpo, es decir, lo más cerca del centro de resistencia, estos pueden generar una respuesta anabólica sobre la masa ósea y su arquitectura. ⁽¹⁴⁾

Los resultados de algunas investigaciones sugieren que la vibración pulsada de baja frecuencia (5, 10 y 20 Hz) aumenta el volumen óseo y la densidad de colágeno en los ligamentos periodontales. ⁽¹⁵⁾

Yadav, et al., investigaron el uso de vibración mecánica de baja frecuencia en el movimiento dental en ratones y no encontraron aceleración significativa en el movimiento a frecuencias de 5, 10 y 20 Hz. ⁽¹⁴⁾

Nishimura et al., usaron un resorte de expansión Ni-Ti sobre el primer molar de ratas, aplicaron una vibración de 60 Hz y afirmaron que las ratas que recibieron vibración mostraron un aumento en el movimiento dental y mayor expresión de RANKL en los osteoclastos y fibroblastos del ligamento periodontal de las ratas que recibieron vibración. ⁽¹³⁾

Comercialmente, uno de los dispositivos de baja frecuencia es AcceleDent, manufacturado por OrthoAccel Technologies, este dispositivo delibera vibraciones a una frecuencia de 30 Hz y requiere 20 minutos de uso por día ⁽¹²⁾, clínicamente mejora el alineamiento hasta un 50%. AcceleDent es un dispositivo médico aprobado por la FDA (Food and Drug Administration) destinado a ser usado durante el tratamiento ortodóncico para facilitar el movimiento menor de los incisivos; está contraindicado en pacientes con higiene bucal deficiente, enfermedad periodontal que no esté totalmente controlada durante al menos 3 a 4 meses antes del inicio del tratamiento y administración de medicamentos para la osteoporosis. Este dispositivo está conformado por un activador que genera micropulsos suaves para acelerar la remodelación ósea; incluye una interfaz USB, que se puede conectar directamente a una computadora para ver el historial de uso del paciente; una boquilla que proporciona un ajuste cómodo y se encaja fácilmente en y fuera del activador para el transporte y limpieza. ⁽¹⁶⁾

Woodhouse et al., realizaron un ensayo clínico aleatorizado; estudiaron el efecto de AcceleDent en la alineación dental de pacientes con extracción de premolares y aparatología fija; este estudio no encontró evidencia de aceleración en la alineación dental en comparación con el grupo control. (17)

Así mismo, en una revisión sobre los efectos del uso de vibración en el movimiento dental, Lala planteó la hipótesis de que la vibración puede requerir una frecuencia significativamente mayor para producir un movimiento acelerado en los dientes. (12)

Por lo tanto, la tecnología apunta hacia los beneficios de la alta frecuencia en la modulación ósea; investigaciones recientes indican que la terapia de vibración de alta frecuencia aplicada al tratamiento de ortodoncia puede tener múltiples beneficios. (12)

En el 2010 en un estudio realizado por Judex y Rubin, se sometieron a ratas ovariectomizadas a vibraciones de baja y alta frecuencia. La velocidad de formación de hueso para los tratados con alta frecuencia (90 Hz) fue de 159% mayor en comparación al grupo control; en la formación ósea del grupo sometido a baja frecuencia (45 Hz) no hubo diferencia significativa con el grupo control. Además, el volumen y grosor del hueso trabecular aumento significativamente en el grupo tratado con alta frecuencia. (17)

Alikhani et al. Encontraron estadísticamente mayor velocidad de formación ósea alveolar (+190%) a mayor frecuencia, con una aplicación de 5 minutos por día. (18)

Leethanakul et al. en el 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 IL-1 β en el fluido crevicular gingival). Realizaron extracción bilateral de primeros premolares y distalización de caninos. Los pacientes aplicaron vibración al canino experimental utilizando un cepillo de dientes eléctrico disponible comercialmente que operaba a alta frecuencia (125 Hz). Este estudio encontró un aumento significativo del movimiento dentario (~ + 61%) acompañado de un aumento de tres veces el nivel de la IL-1 β . (19)

La IL-1 β es secretada por osteoblastos como una respuesta inmediata al estrés mecánico durante la etapa inicial del tratamiento ortodóncico y en las etapas tardías por macrófagos, la cual se acumula en áreas de compresión. La supervivencia, fusión y activación de los osteoclastos se correlaciona con el nivel de IL-1 β , la cual también determina la cantidad de movimiento dental y regula la remodelación del hueso alveolar. (19)

Por otra parte, de acuerdo a estudios previos, los efectos osteogénicos más pronunciados de la vibración ocurren por encima del AcceleDent (vibración de baja frecuencia) (12), por lo que han surgido dispositivos de alta frecuencia, uno de ellos es VibraPro5 (VPro5), el cual requiere un tiempo de aplicación de 5 minutos al día; inicialmente comienza con baja frecuencia y rápidamente aumenta a 120 Hz para mayor comodidad, además, mejora la alineación, alivia

el dolor causado por las activaciones de la aparatología fija, mejora la retención, estimula el crecimiento y remodelación ósea. (20)

El dispositivo VPro5 está compuesto de una boquilla, una unidad USB con software de uso y un cargador. El paciente muerde fuertemente la boquilla sin rechinar los dientes y presiona el botón para activar el oscilador; durante el ciclo de 5 minutos una luz azul parpadea de manera regular, al final del ciclo la luz verde parpadea 3 veces con señales luminosas intuitivas para una fácil utilización (Anexo 2) (20).

VPro5 es un dispositivo de estimulación con vibraciones mecánicas de alta frecuencia (120 Hz) que promete tener mejores resultados que los dispositivos de baja frecuencia, sin embargo, hasta el momento solo se han realizado estudios en ratas y la evidencia de casos clínicos de algunos autores que aseguran el uso de este dispositivo utilizado durante el tratamiento ortodóncico acelera el movimiento dental, mejora la alineación, alivia el dolor causado por las activaciones de la aparatología fija, mejora la retención y estimula el crecimiento y remodelación ósea (20)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La colocación de aparatología fija durante el tratamiento ortodóncico, dificulta la higiene oral y favorece la acumulación de placa dentobacteriana, agente causal de desmineralización, caries y enfermedad periodontal; así mismo, la aplicación de fuerzas prolongadas sobre los órganos dentarios genera resorción radicular; de acuerdo a la literatura el cierre de espacios es la fase que prolonga en gran medida la duración del tratamiento, por lo anterior, surge la siguiente pregunta:

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿El uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia acelera el movimiento durante el cierre de espacios?

JUSTIFICACIÓN

La duración del tratamiento ortodóncico es una de las principales preocupaciones del paciente y ortodoncista; ya que el incremento en la duración del mismo se asocia a mayor riesgo a caries, problemas periodontales y aumento en la resorción radicular, debido a que la aparatología fija permite la acumulación de placa dentobacteriana y así mismo, dificulta la higiene por parte del paciente, generando desmineralización del esmalte e hiperplasia gingival principalmente, por lo tanto, uno de los objetivos en ortodoncia ha sido crear alternativas para acelerar el movimiento ortodóncico y con ello disminuir la duración del tratamiento.

La vibración mecánica es una alternativa que permite acelerar el movimiento dental de 2-3 mm/mes; la estimulación mecánica por medio de vibraciones en el ligamento periodontal, amplifica la respuesta celular de osteoblastos-osteoclastos causando resorción y aposición ósea cuando el diente está bajo una fuerza, lo que favorece el movimiento dentario; además, es un procedimiento no invasivo, con efecto analgésico no farmacológico lo que permite la aceptación del paciente.

Actualmente existe poca evidencia científica 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 durante la fase de alineación y nivelación del tratamiento ortodóncico, sin embargo, algunos autores como Lala (2016) sugieren realizar estudios con vibraciones de alta frecuencia (90 Hz o superior) para mejorar los resultados respecto al movimiento dental. La mayoría de los estudios reportados hasta el momento, han aplicado vibraciones mecánicas de baja frecuencia en la primera fase del tratamiento (alineación y nivelación), fase en la que el movimiento dental puede ser de intrusión, extrusión, hacia vestibular, lingual o palatino dependiendo de la severidad del apiñamiento y posición inicial de los órganos dentarios, razón por la cual, las mediciones no podrían ser tan precisas, ya que no son en una dirección única, además, de acuerdo a la literatura, el cierre de espacios es la fase que prolonga considerablemente la duración del tratamiento de 21-27 meses hasta 27-35 meses en casos con extracciones.

Por lo tanto, el presente estudio tiene la finalidad de determinar si el uso de vibraciones de alta frecuencia acelera el movimiento dental, y cuantificar la velocidad del mismo, además, podría dar pautas para determinar si la utilización de vibraciones mecánicas tiene mejores resultados al ser aplicado en la segunda fase (cierre de espacios), fase en la que existe menor fricción debido a que los dientes se encuentran alineados y nivelados y el deslizamiento podría ser más rápido, por otro lado, al utilizar vibraciones de alta frecuencia, permitiría probar la efectividad del dispositivo VPro5 ya que hasta el momento solo se han reportado casos clínicos en los que se asegura su uso ha disminuido la duración del tratamiento durante la fase de alineación; y al ser comparado con los resultados de los dispositivos de baja frecuencia permitiría orientar la estandarización en cuanto a la magnitud de las vibraciones empleadas durante el tratamiento ortodóncico para obtener resultados más favorables en cuanto al aumento en la velocidad del movimiento.

OBJETIVO GENERAL

Determinar si el uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia acelera el movimiento en el cierre de espacios durante el tratamiento ortodóncico.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 1.- Determinar el tiempo del cierre de espacios con el uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia.
- 2.- Identificar la probabilidad de resorción radicular con el uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia.
- 3.- Cuantificar la velocidad del movimiento dental en el maxilar con el uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia.
- 4.- Determinar la velocidad del movimiento dental en la mandíbula con el uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia.

HIPÓTESIS

Hi: El uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia acelera el movimiento durante el cierre de espacios.

Ho: El uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia no acelera el movimiento durante el cierre de espacios.

MATERIAL Y MÉTODOS

DISEÑO DEL ESTUDIO

Se trata de un estudio:

- **Cuasi-experimental**, ya que su principal característica es que el equipo de investigación es el que decide quienes recibieron la intervención en evaluación y quienes la estándar o placebo. (No hay asignación aleatoria).
- **Longitudinal**, se realizó más de una medición.
- **Prospectivo**, debido a que la recolección de datos y seguimiento de desplazo por el eje longitudinal del tiempo hacia el futuro.
- **Analítico**, presento más de una variable y requirió de comparaciones.

GRUPO DE ESTUDIO

Pacientes de la clínica de ortodoncia de la FEBUAP que estuvieron en tratamiento ortodónico, a los que se les realizaron extracción de primeros premolares como parte del mismo, y que, además, estuvieron por iniciar el cierre de espacios.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Pacientes a los que se les realizaron extracción de premolares como parte del tratamiento ortodónico.
- Pacientes que concluyeron la fase de alineación y nivelación (Primera fase del tratamiento ortodónico) y que estaban por iniciar el cierre de espacios en grupo.
- Pacientes de sexo indistinto.
- Pacientes de 15-35 años de edad.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Pacientes con espacios que no fueron originados por extracción de premolares.
- Pacientes con enfermedades sistémicas.
- Pacientes que estuvieron bajo la prescripción de algún fármaco que inhibiera el movimiento dental.
- Pacientes que presentaron órganos dentarios con reabsorción radicular previa.
- Pacientes embarazadas.
- Pacientes con enfermedad periodontal.

CRITERIOS DE ELIMINACIÓN

- Pacientes que no fueron constantes en las citas.
- Pacientes que no se apegaron al protocolo de aplicación de las vibraciones.
- Pacientes que no aceptaron participar en el estudio.
- Pacientes que en el transcurso del estudio se embarazaron.

TAMAÑO DE LA MUESTRA Y MUESTREO

El estudio incluyó 8 pacientes en el grupo control y 8 pacientes en el grupo experimental.

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, por secuencia de pacientes que cumplieron los criterios de inclusión.

TABLA DE VARIABLES

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Escala y categoría	Unidad de Medición	Propuesta Estadística	Nivel de Dependencia
Edad	Tiempo que ha vivido una persona hasta el día en que se realiza el estudio.	Se considerará la que informe el paciente en años cumplidos.	Cuantitativa Razón Discreta	Años	Estadística descriptiva, medidas de tendencia central y de dispersión.	Independiente
Vibraciones	Onda de presión alterna que se traduce en una fuerza mecánica.	Estimulo mecánico sobre el ligamento periodontal para acelerar el movimiento dental.	Cuantitativa Razón Continua	Hertz (Hz)	Estadística descriptiva	Independiente
Género	Distingue los aspectos atribuidos a hombres y mujeres desde un punto de vista social determinados biológicamente.	Se considerará la que represente el paciente de acuerdo a su naturaleza.	Cualitativa Nominal Dicotómica	Masculino Femenino	Estadística descriptiva, porcentajes.	Independiente
Cierre de espacios	Segunda fase del tratamiento ortodóncico.	Medir la disminución de la longitud entre dos dientes.	Cuantitativa Razón Continua	Milímetros mm/mes	Estadística descriptiva, t Student pareada. t de Student grupos independientes.	Dependiente
Resorción radicular	Perdida de cemento y dentina en la superficie lateral o apical de la raíz de un diente.	Disminución de la raíz en sentido vertical y transversal.	Cuantitativa Razón Continua	Milímetros (mm)	Estadística descriptiva, t de Student pareada. t de Student para grupos independientes.	Dependiente

PROCEDIMIENTOS

Fuentes primarias: Radiovisiografías.

Fuentes secundarias: Estudios previos.

Se tomaron una serie de 30 radiovisiografías de pacientes seleccionados al azar, como prueba piloto, para garantizar la confiabilidad en la toma de radiovisiografías, procesamiento de las imágenes y trazado de líneas sobre las mismas ⁽²¹⁾; así como también la medición de las radiovisiografías, que fue evaluado por medio del Coeficiente R^2 de Pearson.

Previa estandarización intra e interobservador se realizó un estudio cuasi-experimental en pacientes de 15-35 años de edad, de sexo indistinto en tratamiento ortodóncico con sistema de brackets de McLaughlin, Bennett y Trevisi (MBT) con ranura 0.022" (3M Unitek™ Gemini MBT™ Slot 0.022") que cumplieron con los criterios de inclusión antes mencionados. El muestreo fue no probabilístico por conveniencia. El estudio estuvo comprendido de un grupo control y un grupo experimental con el mismo número de integrantes, en los que no hubo asignación aleatoria y el muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

Previo consentimiento informado (Anexo 1), para el cierre de espacios en el grupo control y experimental se utilizó un arco pre-posteado de acero inoxidable de 0.019" X0.025" (3M UNITEK™) y un muelle de Níquel Titanio (NITI) cerrado de 12 mm de longitud (Nitinol Closed Coil Springs Light 3M UNITEK™), el cual de acuerdo al fabricante libera una fuerza de 150g. La fuerza aplicada fue verificada en cada cuadrante. El muelle de NITI se colocó del gancho del arco pre-posteado ubicado entre lateral y canino al gancho de la banda del primer molar en cada arcada.

A cada uno de los participantes del grupo experimental se les proporciono un dispositivo VibraPro5 (Anexo 2) y se le dieron indicaciones de aplicarlo todos los días durante 5 minutos (recomendación del fabricante).

Previo a iniciar el cierre de espacios en ambos grupos se tomó una radiovisiografía con equipo Carestream Dental RVG5100 y a los 30 días se repitieron para evaluar el cierre de espacios, periodo necesario para que se llevara a cabo la remodelación ósea después de aplicar la fuerza ortodóncica.

Se utilizó técnica de paralelismo (XCP), conservando la misma distancia entre el cono y el sensor en todas las tomas radiográficas. Para determinar la magnificación de las imágenes se midió el tamaño del bracket y la longitud del órgano dentario a nivel la unión cemento-esmalte (Segmento Ce) del premolar verificando que fuera el mismo tamaño. (Anexo 3)

Las imágenes obtenidas fueron importadas al programa PowerPoint donde se trazaron los siguientes puntos de referencia ⁽²¹⁾: (Anexo 4)

- Línea 1: Vertical sobre el eje longitudinal del órgano dentario.
- Línea 2: Perpendicular a la línea 1 a nivel de la unión cemento-esmalte.
- Segmento Ce: Longitud del órgano dentario a nivel de la unión cemento-esmalte.
- Punto A: Intersección de una vertical sobre eje longitudinal del premolar (línea 1) con una horizontal a la altura de la unión cemento-esmalte (línea 2) del mismo órgano dentario.
- Punto B: Intersección de una vertical sobre el eje longitudinal del canino (Línea 1) con una horizontal a nivel de la unión cemento-esmalte (Línea 2) del mismo órgano dentario.
- Punto C: Ápice de la raíz del premolar.
- Punto D: Ápice de la raíz del canino.
- Punto E: Intersección de una perpendicular a la línea 2 pasando por la parte más mesial de la corona del premolar.
- Punto F: Intersección de una perpendicular a la línea 2 pasando por la parte más distal de la corona del canino.
- Tc: Tercio cervical de la raíz.
- Tm: Tercio medio de la raíz.
- Ta: Tercio apical de la raíz.

Una vez establecidos los puntos las imágenes se importaron al programa ImageJ, donde se realizaron las mediciones del cierre de espacios y reabsorción radicular.

Para establecer las distancias reales, se utilizó una medida conocida (mm).

Cierre de espacios:

La longitud del punto E al punto F, determinara la longitud del espacio a cerrar. En cada radiografía se tomaron estos puntos de referencia para cuantificar el avance del cierre de espacios a los 30 días. (Anexo 5)

Los espacios presentes en cada paciente, sean, 1, 2, 3 o 4, fueron sumados y manejados como un total único.

Reabsorción radicular:

Para determinar la reabsorción radicular en el premolar se midió la distancia del punto A al punto C; así mismo, para el canino se midió la distancia del punto B al punto D.

Una vez establecida la longitud radicular de los órganos dentarios (Punto A-C y B-D) la raíz de cada órgano dentario se dividió en tercios; la división se inició desde la unión cemento-esmalte, quedando: tercio apical (Ta), tercio medio (Tm) y tercio cervical (Tc). (Anexo 6)

Una vez establecida la medición de los tercios radiculares las imágenes fueron importadas al programa ImageJ para medir cada tercio radicular de premolar y canino, respectivamente. (Anexo 6)

RECURSOS HUMANOS

- Pacientes de la clínica de ortodoncia.
- Una tesista

RECURSOS MATERIALES

- Brackets MBT Ranura 0.22"
- Arcos pre-posteados 19x25.
- Muelle de 12 mmm de longitud.
- Ligadura metálica 0.010
- Vernier digital
- Regla
- Radiovisiografo
- Computadora
- XCP

RECURSOS FINANCIEROS

Los dispositivos VibraPro5 (VPro5) fueron proporcionados por el fabricante. Los materiales fueron proporcionados por la clínica de ortodoncia, como parte de los materiales empleados durante el tratamiento de cada paciente.

ASPECTOS ÉTICOS

Esta investigación se realizó conforme a los principios éticos del Consejo de Organizaciones Internacionales de Ciencias Médicas en colaboración con la Organización Mundial de la Salud: CIOMS/OMS (2002); y a parámetros de investigación médica manifestados por la Asociación Médica Mundial (World Medical Association: WMA por sus siglas en inglés), WMA (2009). Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial sobre principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, así como también se apega a la Ley General de Salud (Artículo XI). La presente investigación no represento ningún riesgo; además, se ajusta a los lineamientos establecidos por el comité de Investigación Facultad de Estomatología de la BUAP. (CIFE)

ANALISIS ESTADISTICO

Los datos fueron vaciados en el procesador de datos Excel 2016. Se utilizó estadística descriptiva; para variables numéricas se utilizaron medidas de tendencia central y de dispersión, prueba t de Student pareada para cada medición y t de Student para grupos independientes, ambas pruebas, con su respectiva significancia estadística, esto es: $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Para garantizar la confiabilidad en la toma de radiovisiografías, procesamiento de las imágenes, trazado de líneas y medición de las mismas, las mediciones fueron evaluadas intra e inter observador por medio del Coeficiente R^2 de Pearson, con el cual se obtuvo un R^2 de 0.94.

De acuerdo a la estadística descriptiva el promedio de edad en el grupo control fue de $17,25 \pm 4,2$ años, en el que el 62.5% fue de sexo femenino y el 37.5% masculino; en el grupo experimental la edad promedio fue de $21,75 \pm 4,2$ años; el 87,5% corresponde al sexo femenino y el 12,5% al sexo masculino.

Para el análisis del cierre de espacios se utilizó la prueba estadística t de Student pareada para cada medición y t de Student para grupos independientes. En la Tabla 1, se observa la comparativa del promedio de cierre de espacios en ambos grupos. En el grupo control se observó un promedio de cierre de espacio de 0,76 mm, mientras que en el grupo experimental el promedio fue de 1,28 mm, siendo el cuadrante III del grupo experimental el que presento mayor cierre de espacios con una diferencia de 2,2 mm y el de mayor cierre del grupo control fue el cuadrante I con una diferencia de 0,91 mm. Grafico 1.

TABLA 1. TABLA COMPARATIVA DE PROMEDIOS DE CIERRE DE ESPACIO POR CUADRANTE ENTRE GRUPOS EXPERIMENTAL Y CONTROL								
CUADRANTE	GRUPO EXPERIMENTAL				GRUPO CONTROL			
	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VALOR DE P	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VALOR DE P
1	3,79	2,84	0,95	0,009	4,16	3,25	0,91	0,02
2	3,85	3	0,85	0,008	4,25	3,37	0,88	0,04
3	4,72	2,52	2,2	0,002	3,51	2,96	0,55	0,01
4	5,35	4,2	1,15	0,003	5,49	4,78	0,71	0,15
TOTAL	4,42	3,14	1,28	0,0055	4,35	3,59	0,76	0,055
p=0,15 La diferencia no es estadísticamente significativa								

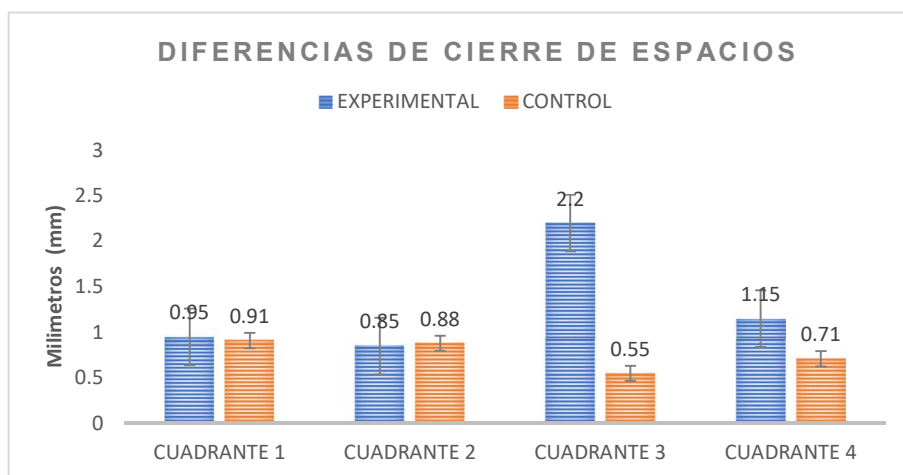


Grafico 1. Diferencia de cierre de espacios en grupo experimental y grupo control (p= 0.15).

Respecto al cierre de espacios total por paciente, en el grupo experimental se dio un promedio de cierre del 25,65%, mientras que en el grupo control se obtuvo un promedio de 21,12%, sin diferencia estadísticamente significativa. Tabla 2 y gráfico 2.

TABLA 2. COMPARATIVA DE CIERRE DE ESPACIO EN GRUPO EXPERIMENTAL Y CONTROL					
GRUPO EXPERIMENTAL			GRUPO CONTROL		
INICIAL	FINAL	PORCENTAJE	INICIAL	FINAL	PORCENTAJE
7,03	4,76	32,2	6,81	5,08	25,4
19,99	18,27	8,6	7,39	6,20	16,1
8,37	6,50	22,3	11,65	10,40	10,72
9,19	6,40	30,35	4,27	3,59	15,92
9,04	4,40	51,32	8,36	4,34	48,08
4,49	3,15	29,84	3,72	3,29	11,55
9,32	6,76	27,46	17,95	16,24	9,52
3,12	3,02	3,2	2,49	1,70	31,72
8,81	6,66	25,65	7,83	6,35	21,12
p= 0,53 La diferencia no es estadísticamente significativa					

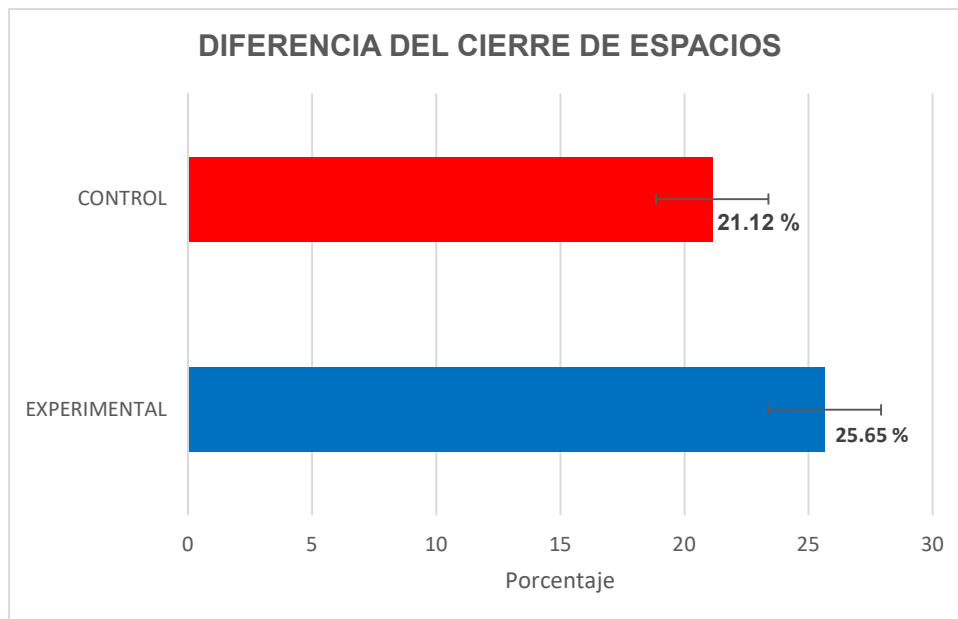


Gráfico 2. Diferencia del cierre de espacios entre el grupo control y experimental ($p= 0.53$).

En la tabla y grafico 3 se observa que el cierre de espacios en la mandíbula fue mayor en el grupo experimental con 1,67 mm, mientras que en el grupo control se observó mayor cierre en el maxilar con 0,89 mm.

TABLA 3. TABLA COMPARATIVA DE LOS PROMEDIOS DE CIERRE DE ESPACIO EN MAXILAR Y MANDIBULA								
	GRUPO EXPERIMENTAL				GRUPO CONTROL			
	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VALOR DE P	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VALOR DE P
MAXILAR	3,82	2,92	0,9	0,008	4,2	3,31	0,89	0,03
MANDIBULA	5,03	3,36	1,67	0,002	4,5	3,87	0,63	0,08
TOTAL	4,42	3,14	1,28	0,005	4,35	3,59	0,76	0,055
p=0,32 La diferencia no es estadísticamente significativa								

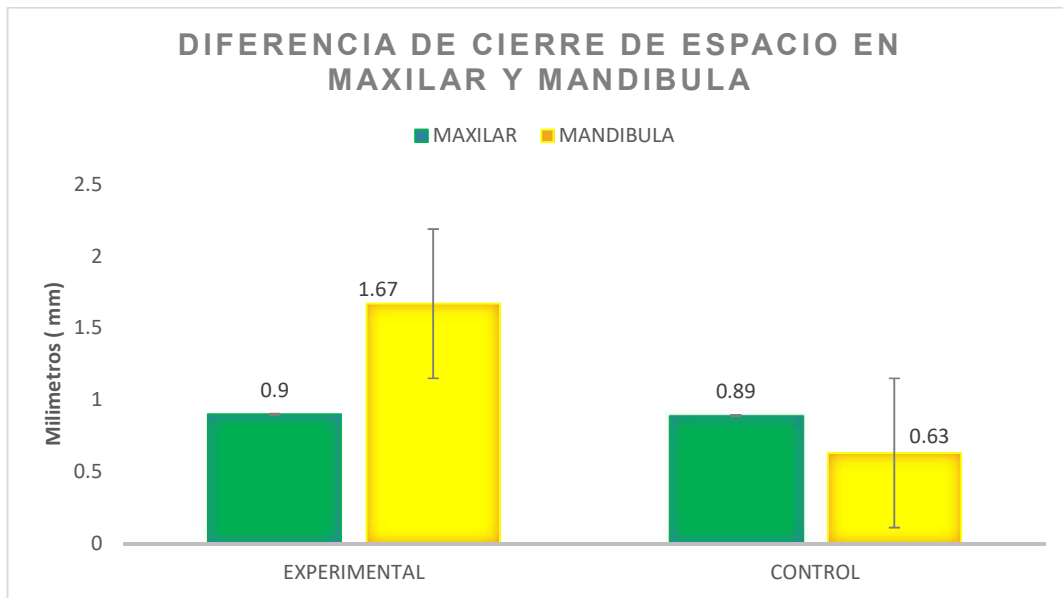


Grafico 3. Diferencia de cierre de espacio en maxilar y mandíbula en grupo control y experimental (p= 0,32).

En la tabla y grafico 4 se describe la reabsorción radicular del canino, el grupo control presento mayor reabsorción con un promedio de 0,97 mm. Sin diferencia estadísticamente significativa entre grupo experimental y control.

TABLA 4. TABLA COMPARATIVA DE REABSORCION RADICULAR EN CANINO ENTRE GRUPO EXPERIMENTAL Y GRUPO CONTROL

CUADRANTE	GRUPO EXPERIMENTAL				GRUPO CONTROL			
	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VALOR DE P	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VALOR DE P
1	21,36	20,72	0,64	1,55	20,99	20,72	0,27	0,000004
2	18,91	18,06	0,85	0,00004	20,66	19,73	0,93	0,29
3	26	25,36	0,64	0,001	21,9	20,82	1,08	0,00005
4	24,73	23,53	1,2	0,00003	23,32	21,69	1,63	0,001
TOTAL	22,75	21,91	0,84	0,38	21,71	20,74	0,97	0,07

P=0,50 La diferencia no es estadísticamente significativa

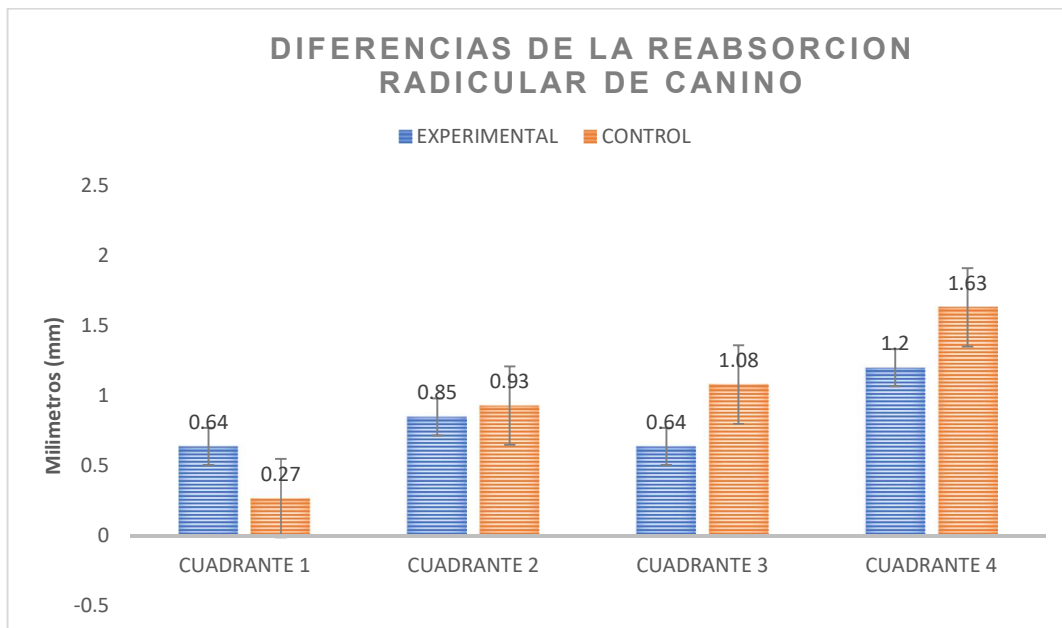


Grafico 4. Diferencias de la reabsorción radicular de canino entre grupo experimental y control (p =0,50).

La reabsorción radicular en premolar fue mayor en el cuadrante 3 en ambos grupos, siendo mayor en el grupo control con un promedio de 1,63 mm. Tabla y grafico 5.

TABLA 5. TABLA COMPARATIVA DE REABSORCION RADICULAR EN PREMOLAR EN GRUPO EXPERIMENTAL Y GRUPO CONTROL								
CUADRANTE	GRUPO EXPERIMENTAL				GRUPO CONTROL			
	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VALOR DE P	INICIAL	FINAL	DIFERENCIA	VALOR DE P
1	11,98	11,19	0,79	0,00004	14,71	14,61	0,1	0,000008
2	12,9	12,24	0,66	0,0017	12,87	12,8	0,07	0,00005
3	20,93	19,56	1,37	0,13	16,1	14,06	2,04	0,021
4	18,42	17,56	0,86	0,000003	17,16	16,18	0,98	0,0007
TOTAL	16,05	15,13	0,92	0,03	15,21	14,41	0,8	0,005
p= 0,38 La diferencia no es estadísticamente significativa								

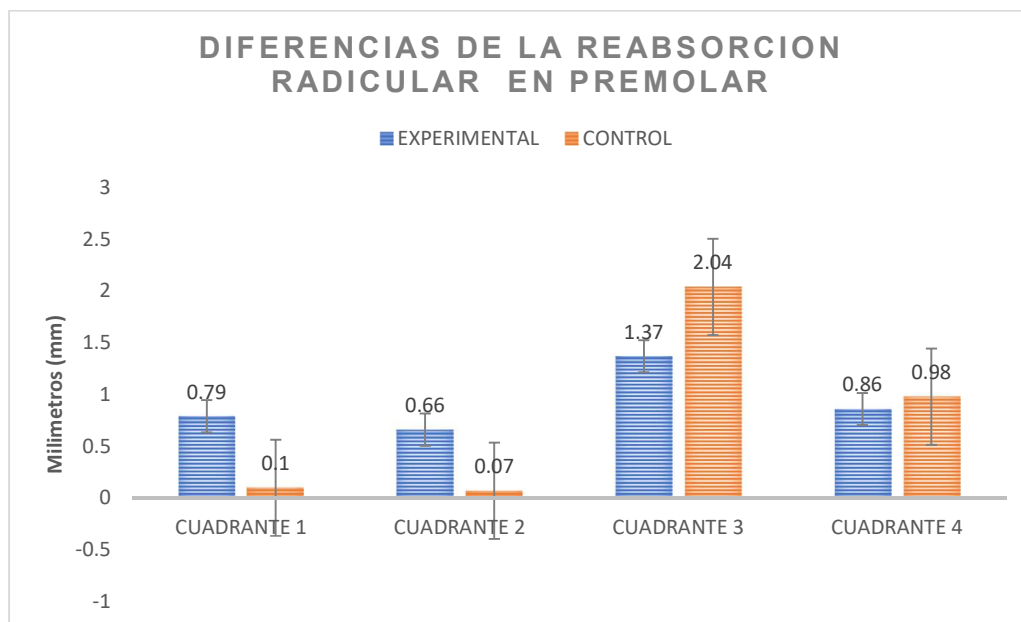


Grafico 5. Diferencias de la reabsorción radicular en premolar en grupo experimental y control (p= 0.38)

A continuación, se presentan algunas imágenes comparativas del grupo control y grupo experimental, donde se puede apreciar el cierre de espacios y reabsorción radicular en canino y premolar. Figura 1 y 2.

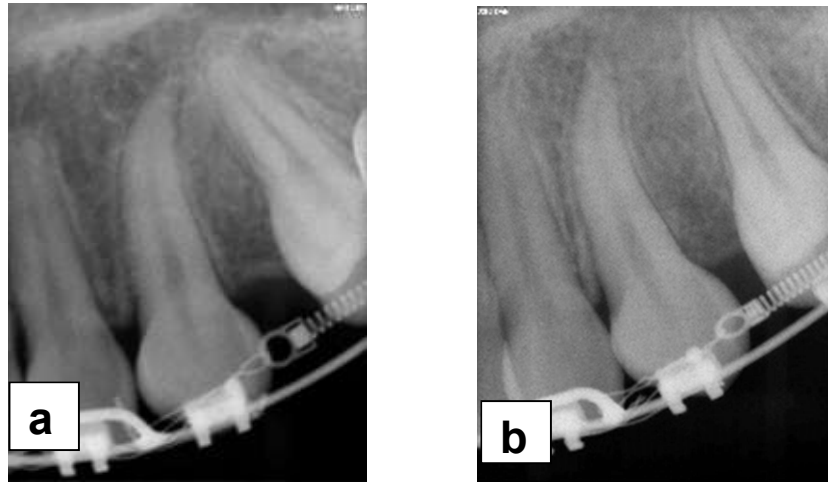


Figura 1. Imágenes tomadas del grupo experimental. a) Radiovisiografía inicial, b) Radiovisiografía final, donde se aprecia que no hubo cambios en la estructura radicular de premolar y canino, se aprecia disminución de la distancia del espacio entre premolar y canino.

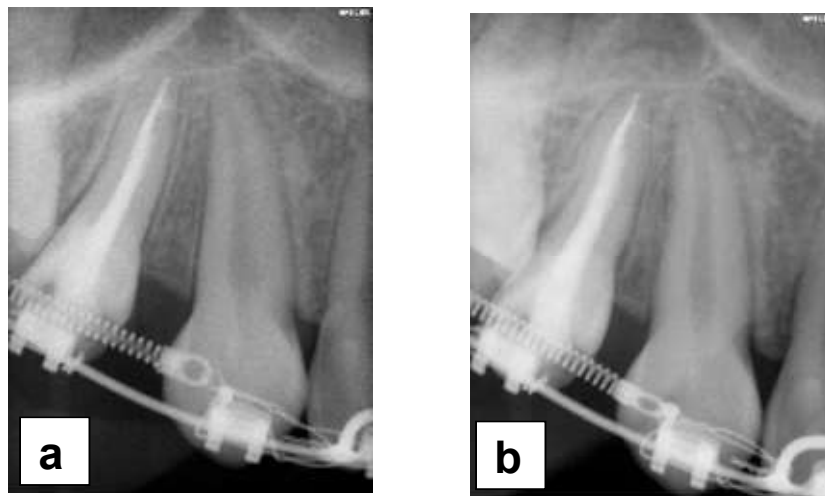


Figura 1. Imágenes tomadas del grupo control. a) Radiovisiografía inicial, b) Radiovisiografía final, donde se aprecia que no hubo cambios en la estructura radicular de premolar y canino, se observa disminución de la distancia del espacio entre premolar y canino.

DISCUSIÓN

En casos en los que se realizan extracciones como parte del tratamiento ortodóncico, el cierre de espacios, es la fase que prolonga la duración del mismo de 21-25 hasta 25-35 meses, por lo tanto, el presente estudio se realizó con el objetivo de establecer, si el uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia acelera el movimiento durante el cierre de espacios y, determinar si existe algún efecto de reabsorción radicular.

En el presente estudio, el resultado obtenido en el cierre de espacios para el grupo experimental (VPro5, 120 Hz) fue de 1.28 mm y en el grupo control 0.76 mm, sin diferencia estadísticamente significativa ($p=0.15$); de acuerdo a lo reportado por Uribe et al. 2010, el cierre de espacios se lleva a cabo de 0.8 mm por mes (4), lo que coincide con los resultados obtenidos en el grupo control de este estudio, mientras que en el grupo experimental el resultado fue de 1,28 mm, lo que sugiere que podría existir un aumento en el cierre de espacios hasta de un 60% más con el uso de VPro5; y que a largo plazo, una reducción importante del espacio en menor tiempo.

Nishimura et al. 2008, realizaron un estudio en ratas en el que colocaron un resorte transpalatino elaborado con alambre NiTi 0.012 fijado con resina al primer molar derecho e izquierdo, posteriormente, aplicaron vibraciones de baja frecuencia (60 Hz) durante 5 minutos, al final, realizaron cortes de las raíces de los molares para analizar el efecto de las vibraciones en el ligamento periodontal; los resultados obtenidos, reportaron diferencias estadísticamente significativas a los 21 días ($p<0.05$), donde el movimiento de los molares en el grupo experimental fue 15% mayor en comparación con el grupo control, además, concluyen que la estimulación a base de vibraciones, acelera el movimiento dental sin causar daños adicionales en el ligamento periodontal como reabsorción radicular (13); los resultados del presente estudio, coinciden en que la aplicación de vibraciones podrían mejorar el movimiento dental sin la probabilidad de reabsorción radicular, ya que para esta variable no existió diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y experimental; cabe mencionar, que el aumento del 15% en el grupo control de Nishimura et al. 2008 probablemente fue mayor, debido a que el movimiento realizado fue hacia vestibular (movimiento de primer orden) donde el grosor del hueso es menor, con lo cual, se esperaría una disminución en la resistencia al desplazamiento de los dientes, lo que a diferencia de este estudio, el movimiento hacia mesial o distal (segundo orden) para el cierre de espacios sugiere aumento en la resistencia al desplazamiento, debido a que existe mayor masa ósea y dental al realizarlo en bloque, con lo cual supone que aunque no existe diferencia estadísticamente significativa entre grupo control y experimental, se considera que aun así podría existir un aumento en el cierre de espacios a largo plazo.

Yadav, et al. 2015 ⁽¹⁴⁾, realizaron un estudio en ratas aplicando diferentes frecuencias a 5, 10 y 20 Hz durante 15 minutos, colocaron un resorte sujetado con ligadura y resina del primer molar a los incisivos, aplicando 10 gr de fuerza, las mediciones se realizaron del punto más distal del primer molar al punto más mesial del segundo molar, los resultados en el grupo control fueron de 0 mm, sin diferencia estadísticamente significativa en comparación con el grupo experimental después de 14 días. Sin embargo, el máximo movimiento dental se observó en el grupo experimental donde se aplicaron vibraciones de 10 Hz obteniendo resultados de 0.248 ± 0.074 mm y en el grupo con vibraciones de 20 Hz con resultados de 0.200 ± 0.075 mm, lo anterior coincide con lo propuesto por Lala, 2016 quien sugiere utilizar vibraciones de mayor frecuencia para obtener mejores resultados en el movimiento dental; los resultados obtenidos en este estudio coinciden que al usar vibraciones mecánicas de mayor frecuencia se podría mejorar el movimiento dental en comparación con las vibraciones de menor frecuencia.

Pavlin et al. 2015 ⁽⁹⁾, realizaron un estudio en pacientes de 12-40 años de edad en los que se realizó extracción de primeros premolares como parte del tratamiento ortodóncico, se colocó un minimplante como anclaje máximo sobre el cual se aplicó una carga inmediata de 180 gr, para iniciar la retracción una vez completada la alineación; el grupo experimental utilizó AcceleDent (30 Hz) durante 20 minutos al día, la muestra incluyó pacientes en los que se realizó retracción individual del canino utilizando un arco de acero 0.018 y retracción en masa empleando un arco de acero 0.019 x 0.025, los resultados obtenidos fueron un aumento en el movimiento con un promedio de 1.16 mm/mes en el grupo experimental, el cual fue más rápido en comparación con 0.79 mm/mes del grupo control, con una diferencia de 0.37 mm; sin embargo, no se menciona el resultado individual para el grupo de retracción del canino y del grupo de retracción en masa, el promedio que maneja respecto a la velocidad de movimiento podría ser variable para cada grupo, debido a que al hacer la retracción individual del canino representa menor masa dental, con lo cual el movimiento será más rápido, además de que al usar un arco redondo existe menor fricción y por lo tanto, mayor desplazamiento, lo que a diferencia del grupo de cierre en masa, el movimiento podría ser aún menor, debido a que es un arco rectangular con mayor fricción y la cantidad de masa dental a mover es mayor, sin embargo, de acuerdo a lo reportado en el presente estudio, la velocidad del movimiento del grupo control coincide con lo descrito en este estudio, por otro lado, la velocidad del movimiento en el grupo experimental fue mayor con un promedio de 1.28 mm a diferencia de 1.16 mm, lo que podría sugerir que al usar vibraciones de alta frecuencia, favorecería el movimiento aun cuando la retracción se realiza en masa.

Leethanakul et al. 2016 ⁽¹⁰⁾, realizaron un estudio con vibraciones aplicadas a través de un cepillo eléctrico Colgate ® Motion-Multi Action el cual, vibra a 125 Hz, considerada como vibraciones de alta frecuencia; en este estudio se realizó la distalización de caninos con resortes, empleando como grupo control el cuadrante opuesto al que se aplicó la vibración en el área vestibular a nivel del canino. La vibración en el grupo experimental fue aplicada durante 3 meses por

15 minutos al día, los resultados obtenidos durante el primer mes en el grupo control, fueron de 0,83 mm y 1,26 mm en el experimental, sin embargo, a los tres meses se reportó mayor distalización del canino en el grupo experimental con 2,85 mm y en el grupo control de 1,77 mm; por lo anterior, en el presente estudio podría existir mayor movimiento debido a que la aplicación de las vibraciones con VPro5, se realizan a través del eje longitudinal de los dientes, teniendo un efecto generalizado sobre el ligamento periodontal, ya que a diferencia de aplicarlo únicamente en la zona vestibular genera un efecto localizado sobre el mismo, lo que probablemente influiría en la velocidad del movimiento. Otro factor importante a considerar, es la cantidad de masa dental a mover, en comparación con el estudio descrito, la distalización del canino representa menor masa que al hacerlo en bloque, lo que, en términos generales, obtener un resultado semejante en cuanto al movimiento en diferentes condiciones de masa, podría indicar que el uso de vibraciones de alta frecuencia tiene mayor impacto en el movimiento dental al realizarse en bloque.

De acuerdo a los estudios reportados por Pavlin et al. 2015 y Leethanakul et al. 2016, la aplicación de vibraciones de baja y alta frecuencia genera un cambio importante en el movimiento dental, sin embargo, aunque se realice la retracción del canino en un tiempo favorable, con ello, no se logra disminuir la duración del tratamiento ortodóncico, ya que después se empleara tiempo para la retracción en grupo de la zona anterior, lo cual no tendría ningún efecto favorable en disminuir el tiempo de tratamiento, es por ello, que se podría indicar que el uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia en el cierre de espacios en masa, probablemente disminuirá el tiempo de tratamiento ortodóncico.

Cabe destacar que el presente estudio reportó un promedio de cierre de espacios por paciente del 25,65 % del grupo experimental y en el grupo control de 21,12 %, lo que sugiere que al usar vibraciones mecánicas de alta frecuencia se puede obtener un efecto generalizado; lo que permite, realizar el cierre en bloque en los casos en los que sea conveniente de acuerdo a la mecánica empleada con una sola aplicación diaria, es decir, cerrar más de un espacio al mismo tiempo, logrando el objetivo de acortar la duración del tratamiento.

En este estudio, el cierre de espacios en el grupo experimental fue de 0,9 mm en el maxilar y de 1,67 mm en la mandíbula, mientras que en el grupo control el promedio fue de 0,89 mm y de 0,76 mm respectivamente, de acuerdo a lo anterior se puede apreciar que el uso de vibraciones de alta frecuencia tiene mayor efecto en el cierre de espacios en la mandíbula.

Por otro lado, Woodhouse et al. 2015 ⁽²²⁾ aplicaron vibraciones de baja frecuencia (30 Hz), sin diferencia estadísticamente significativa entre los grupos; y concluyen que la estimulación a base de vibraciones, no tiene ningún efecto en el movimiento dental como método para acelerar el movimiento dental en la fase de alineación y nivelación, los resultados reportados podrían ser, debido a que es la fase en la que existe mayor fricción y difícilmente se podrían obtener mediciones confiables, ya que el movimiento puede darse en diferentes direcciones, el cual podría ser de intrusión, extrusión, vestibular, lingual y/o

palatino, dependiendo de la posición inicial de los órganos dentarios y severidad de apiñamiento.

La mayoría de los estudios muestra que la severidad de la reabsorción está directamente relacionada con la duración del tratamiento. Se ha reportado que el 40%, 70%, 80% y 100% de los pacientes en tratamiento mostraron alguna reabsorción después de 1, 2, 3 y 7 años de tratamiento activo, respectivamente. De lo anterior se deduce que cada año de tratamiento puede suponer una pérdida de 0.9 mm de longitud radicular. (23)

La reabsorción radicular es un efecto colateral irreversible e importante a considerar durante el tratamiento ortodóncico; se ha señalado que existe mayor susceptibilidad en los dientes maxilares que en los mandibulares, siendo los más afectados, en el maxilar, los incisivos centrales y laterales; en la mandíbula los incisivos centrales, raíz distal de los primeros molares y segundos premolares; siendo los movimientos de torque y de intrusión los que producen mayor riesgo de reabsorción radicular (24), sin embargo, Uribe, 2010, menciona que el problema no radica en el tipo de movimiento, si no en el sistema de fuerzas que se emplea para hacerlo (4).

El presente estudio reporto mayor reabsorción radicular en el canino del cuadrante IV del grupo control con un promedio de 1,63 mm, mientras que, en el grupo experimental, también se presentó mayor reabsorción en el canino del mismo cuadrante con un promedio de 1.2 mm. En el premolar se presentó mayor reabsorción en el cuadrante III del grupo control con promedio de 2.04 mm y en el experimental el premolar del mismo cuadrante con un promedio de 1,37 mm. La reabsorción radicular mayor se presentó en los mismos dientes tanto en el grupo experimental como en el control, siendo menor en el grupo experimental en el canino como en premolar, ambos mandibulares, lo cual difiere con lo reportado en estudios previos donde reportan q existe mayor reabsorción en el maxilar. De acuerdo a lo anterior, podría esperarse que con el uso de vibraciones de alta frecuencia se disminuya la reabsorción radicular generada durante el tratamiento ortodóncico.

Cervantes et al. 2011, reportaron que existe reabsorción radicular en incisivo central, lateral y canino durante el cierre de espacios, sin embargo, no existió diferencia estadísticamente significativa, siendo el canino maxilar el que reporto mayor reabsorción radicular (21), lo cual difiere con este estudio, debido a que el canino mandibular fue el que presento mayor reabsorción con un promedio de 1,63 mm en el grupo control, lo anterior medido sobre la superficie radicular del mismo.

CONCLUSIÓN

El resultado obtenido en este trabajo permite arribar a las siguientes conclusiones; el uso de vibraciones mecánicas podría tener un efecto favorable durante el tratamiento ortodóncico si se emplean durante mayor tiempo, al ser vibraciones de alta frecuencia podrían disminuir en gran medida la duración del tratamiento ortodóncico, sin tener efectos colaterales como la reabsorción radicular; además, el cierre de espacios es una fase importante a considerar dentro de la ortodoncia acelerada para la disminución del mismo, por lo tanto, en base a los resultados obtenidos en este estudio, se sugiere realizar estudios con la aplicación de vibraciones mecánicas de alta frecuencia hasta culminar el cierre de espacios en masa para confirmar las expectativas del mismo, con una muestra mayor y homogénea.

ANEXOS

ANEXO 1

CONSENTIMIENTO INFORMADO (GRUPO CONTROL)

A quien corresponda:

Por medio de la presente, se le invita a participar en el estudio de investigación titulado: **“Uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia en el cierre de espacios durante el tratamiento ortodóncico”**, el cual se realizará en la Clínica de Ortodoncia de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

El objetivo de este estudio es determinar la velocidad de movimiento dental durante el cierre de espacios y establecer si existe algún efecto adverso, como la disminución de la longitud radicular de los órganos dentarios.

El procedimiento consiste en la aplicación de la mecánica convencional propia de la técnica ortodóncica, la cual consiste en la aplicación de un resorte en cada espacio a cerrar aplicando una fuerza de 150 gr, las citas serán cada 30 días y en la misma se verificara que el resorte este aplicando la fuerza mencionada, así como también, se tomara una radiovisiografía mensualmente durante 3 meses (periodo aproximado de duración del estudio) para cuantificar la velocidad del movimiento.

Los riesgos asociados al presente estudio son la exposición a radiación por la toma de radiovisiografías.

Su decisión de participar en este estudio es completamente voluntaria, no recibirá ningún pago por la misma; en el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo y en caso de que decidiera retirarse, la atención que recibe como paciente por parte de la institución no se verá afectada.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____
he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Firma del participante o padre o tutor: _____

Fecha: _____

Dirección: _____ Teléfono: _____

Testigo 1 _____ Fecha: _____

Testigo 2 _____ Fecha: _____

CONSENTIMIENTO INFORMADO (GRUPO EXPERIMENTAL)

A quien corresponda:

Por medio de la presente, se le invita a participar en el estudio de investigación titulado: **“Uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia en el cierre de espacios durante el tratamiento ortodóncico”**, el cual se realizará en la Clínica de Ortodoncia de la Facultad de Estomatología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

El objetivo de este estudio es determinar si la aplicación de vibraciones de alta frecuencia, ayuda a mejorar el movimiento dental durante el cierre de espacios, es decir, aumenta la velocidad del mismo, lo que reduciría en términos generales la duración del tratamiento.

El procedimiento consiste en la toma de radiovisiografías de los espacios originados por la extracción de órganos dentarios (premolares) una vez que se haya concluido la alineación y nivelación. En la radiovisiografía se realizará la medición inicial y cada 30 días durante 3 meses mediante la toma de radiovisiografías subsecuentes de las mismas zonas. La mecánica y activación para el cierre de espacios se realizará de manera convencional una vez al mes; la aplicación de las vibraciones las realizará el paciente una vez al día durante 5 minutos con el dispositivo VPro5, el cual le será proporcionado y al finalizar el estudio o en el momento que decidiera dejar de participar en el mismo deberá regresarlo.

Los riesgos asociados al presente estudio son la exposición a radiación por la toma de radiovisiografías.

Su decisión de participar en este estudio es completamente voluntaria y no recibirá ningún pago por la misma; en el transcurso del estudio usted podrá solicitar información actualizada sobre el mismo y en caso de que decidiera retirarse, la atención que recibe como paciente por parte de la institución no se verá afectada.

CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo _____
he leído y comprendido la información anterior y mis preguntas han sido respondidas de manera satisfactoria. He sido informado y entiendo que los datos obtenidos en el estudio pueden ser publicados o difundidos con fines científicos. Convengo en participar en este estudio de investigación.

Firma del participante o padre o tutor: _____

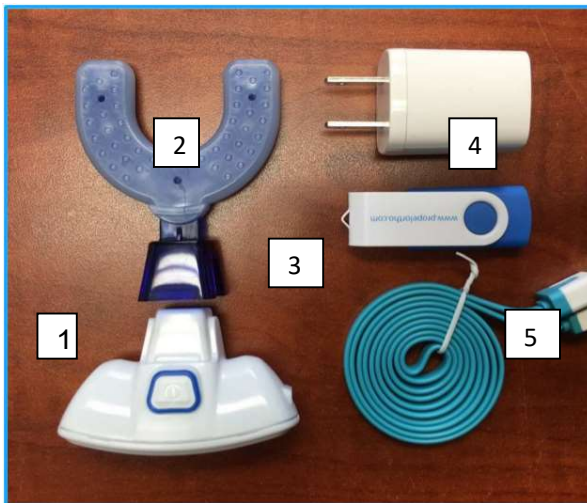
Fecha: _____

Dirección: _____ Teléfono: _____

Testigo 1 _____ Fecha: _____

Testigo 2 _____ Fecha: _____

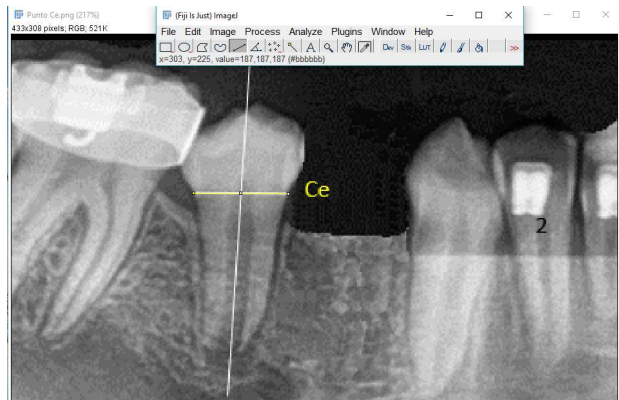
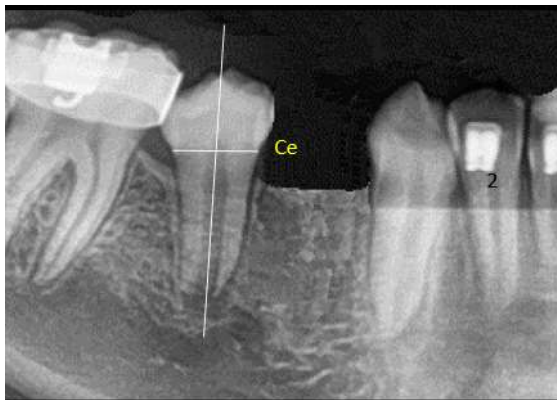
Anexo 2



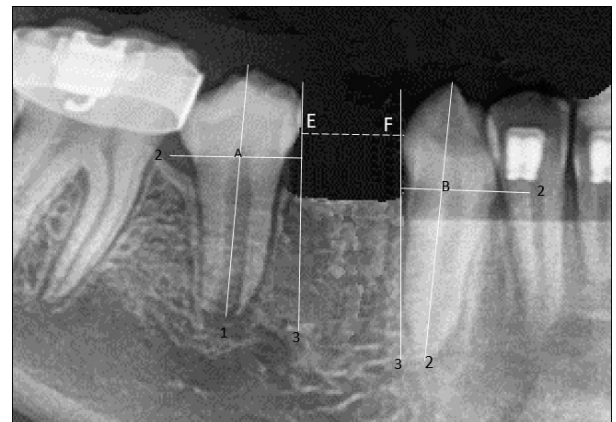
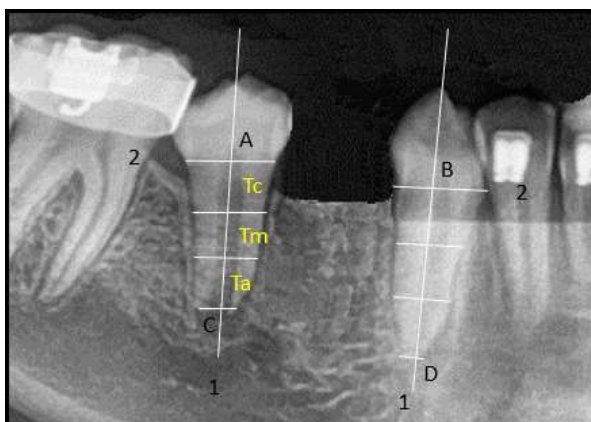
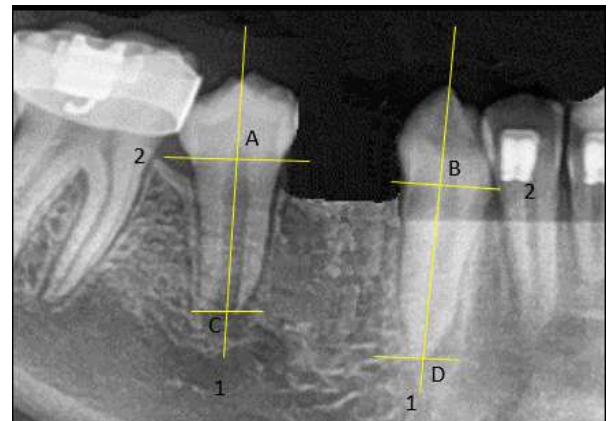
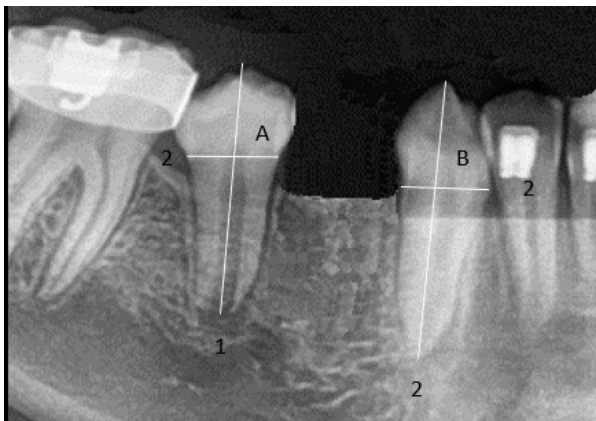
Contenido (20):

- 1.- Dispositivo VibraPro5
- 2.- Boquilla VibraPro5
- 3.- Unidad flash USB precargada con Software de resumen de uso
- 4.- Adaptador de pared
- 5.- Cable de carga

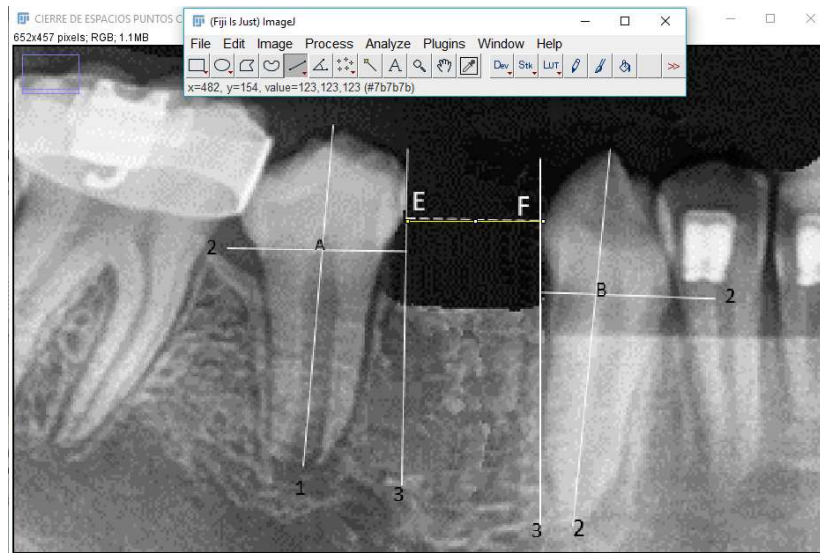
Anexo 3



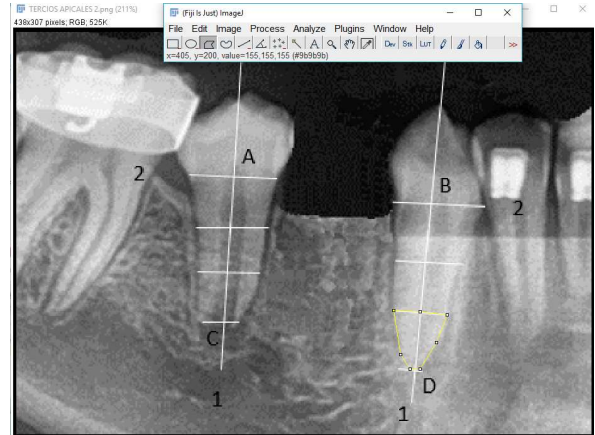
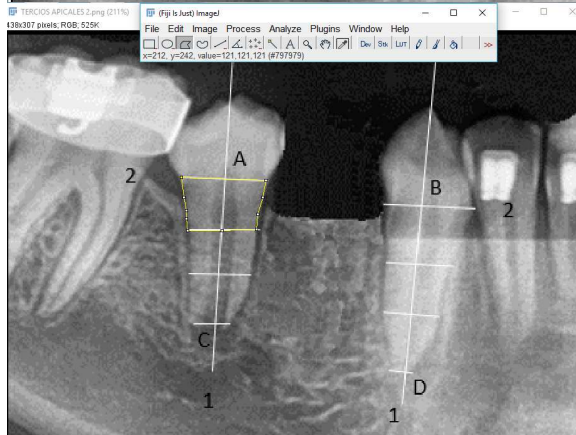
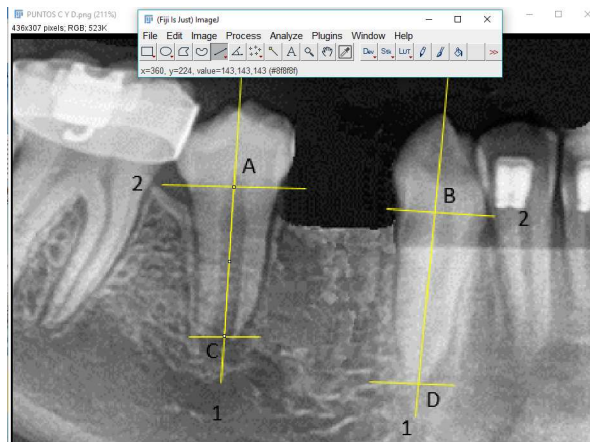
Anexo 4



Anexo 5



Anexo 6



BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Valverde R, Mickle U, Valverde S, Extracción Vs No Extracción: El Dilema en Ortodoncia y los Cuatro Determinantes de Extracción. *Odontol Pediatr* 2012; 11(2):125-135.
- 2.- Proffit W, Fields H, Sarver D, Ortodoncia Contemporánea. 4ª ed. Barcelona (España): ELSEVIER; 2008.
- 3.- Andrade I, Dos Santos A, Goncalves G, New therapeutic modalities to modulate orthodontic tooth movement. *Dental Press J Orthod* 2014; 19(6): 123-133.
- 4.- Uribe G, Ortodoncia Teoría y Clínica. 2ª ed. Medellin (Colombia): Edición corporación para investigaciones biológicas; 2010.
- 5.- Tan D, The Effect of Mechanical Vibration (Accelerant, 30 Hz) applied to the hemimaxilla on Root Resorption Associated with Orthodontic Force. A Micro-CT Study. [Tesis doctoral]. Australia: University of Sydney; 2010.

- 6.- Vargas P, Piñeiro M, Palomino H, Torres M, Factores modificantes del movimiento dentario ortodóncico. *Avances en Odontoestomatología* 2010; 26(1): 45-53.
- 7.- Almeida M, Pinto P, Ávila L, Alterations in plaque accumulation and gingival inflammation promoted by treatment whit self-ligating and conventional orthodontic brackets, *Dental Press J Orthod* 2015; 20(2): 35-41.
- 8.- Abu-Hussein M, Watted N, Hegedus V, Borbely P, Corticotomy in the Modern Orthodontics, *Journal of Dental and Medical Sciences* 2015; 14(2): 68-80.
- 9.- Dubravco P, Ravikumar A, Vshnu R, Gakunga P, Cyclic loading (vibration) accelerates tooth movement in orthodontic patients: A double-blind, randomized controlled trial. *Seminars in Orthodontics* 2015; 21(3): 187-194.
- 10.- Leethanakul C, Suamphan S, Jitpukdeebodindra S, Thongudomporn U, Charoemratrote C, Vibratory stimulation increases interleukin-1 beta secretion during orthodontic tooth movement. *Angle Orthodontics* 2016; 86(1): 74-80.

- 11.- Malamud C, Estañol B, Ayala S, Sentíes H, Hernández M, Fisiología de la vibración, *Rev Mex Neuroci* 2014; 15(3):163-170.
- 12.- Lala A, Vibration therapy in orthodontics: Realising the benefits, *Ortho*. 2016; 1: 24-27.
- 13.- 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. *J Orthod Dentofacial Orthop* 2008; 133(1): 572-582.

- 14.- Yadav S, Dobie T, Assefnia A, Gupta H, Kalajzic Z, Nanda R, Effect of low-frequency mechanical vibration on orthodontic tooth movement, *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 2015; 148(3): 440-449.
- 15.- Brigham G, Pulse vibration technology in orthodontic treatment, *Orthodontic PRACTICE-US* 2016; 7(5): 18-22
- 16.- Manual de acceledent: <http://acceledent.com/what-it-is/>
- 17.- Judex S, Rubin T, Is bone formation induced by high-frequency mechanical signals modulated by muscle activity?, *J Musculoskelet Neuronal Interact* 2010;10(1):3-11.
- 18.- Alikhani M, Khoo E, Alyami B, Rapits M, Salqueiro JM, et al. Osteogenic Effect of High-frequency Acceleration on Alveolar Bone, *Journal Dental Research* 2012; 91(1): 413-419.
- 19.- Leethanakul C, Suamphan S, Jitpukdeebodintra S, Thongudomporn U, Charoemratrote C, Vibratory stimulation increases interleukin-1 beta secretion during orthodontic tooth movement, *Angle Orthod* 2016; 86(1): 74-80.
- 20.- PROPEL Orthodontics, VibraPro5. Disponible en: <http://propelortho.eu/en/home/9-vpro5.html>
- 21.- Cervantes E, Espinoza I, García M, Navarro K, Moreno G, Resorción radicular inflamatoria inducida ortodóncicamente medida con radiovisiógrafo digital durante la etapa de cierre de espacios en pacientes de la FEBUAP 2009-2010. [Tesis Maestría] Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Estomatología; 2011.
- 22.- Woodhouse N, DiBiase A, Johnson N, et al. Supplemental Vibrational Force During Orthodontic Alignment: A Randomized Trial, *Journal of Dental Research* 2015; 94(5):682-689.
- 23.- Lozano M, Ruiz A, Reabsorción Radicular en ortodoncia: Revisión de la literatura. *Univ Odontol*, 2009; 28(60): 45-52.
- 24.- Chumi R, Burgos J, Barros J, Reabsorción Radicular causada por tratamiento de ortodoncia: Revisión de la literatura. *Rev Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría*, 2016(1): 1-17.