



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

TÉCNICAS DE ACTIVACIÓN BIOLÓGICA EMPLEADAS
PARA ACELERAR EL MOVIMIENTO DENTAL EN
TRATAMIENTOS DE ORTODONCIA.

T E S I N A

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

C I R U J A N A D E N T I S T A

P R E S E N T A:

ANA PAULA SANTOS JUAN

TUTOR: Esp. DANIELA CARMONA RUÍZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



DEDICATORIAS

A mi mamá Lulú:

Por sostenerme cuando pienso que no puedo más. Por ser mi ejemplo de lucha día a día.

A mi papá Gabriel:

Por todo su trabajo, esfuerzo y sacrificios para poder sustentar mi carrera. Por ser mi paciente a pesar de su miedo al dentista.

A mi segunda mamá, Mafer:

Por apoyarme, escucharme, amarme y protegerme incondicionalmente como a una hija.

A mi tía Verito:

Por todo su apoyo y amor en todo momento hacia mí.

A mi prima Mariana:

Por darme el ejemplo como una hermana de fortaleza y resiliencia. Por ser mi paciente a inicios de la carrera y a pesar de mis manos inexpertas, hacerlo por mí.

A mi hermano Rodrigo:

Por alegrarme los días con su peculiar forma de ser. Por ser mi paciente cuando más lo necesité.

A mi sobrino Sebastián:

Por ser inspiración para mí, a pesar de la distancia.

A mi abuelito Ramón:

Por motivarme a estudiar esta hermosa profesión.

A Abraham Ruíz:

Por todo el amor, comprensión, paciencia y nobleza conmigo. Por dejar ya su imborrable marca en mi vida.

A mi mejor amigo Juan Pablo:

Por su lealtad y apoyo incondicional.



A mi tutora, Dra. Dani Carmona:

Por ser mi ejemplo de dedicación y amor a la profesión y a la enseñanza. Por estar siempre atenta y con la mejor disposición para brindarme su asesoría en la realización de este trabajo.

Al Dr. Jaír Camacho:

Por siempre compartirme sus conocimientos y enseñarme a hacer odontología de calidad.

A la Dra. Magy Linares:

Por su apoyo y generar confianza en mí.

A mi psicóloga Gris:

Por brindarme diferentes herramientas para de la mejor forma trabajar en mí, en esta etapa, para desarrollar este trabajo y para mi vida.

A mi gatita Galleta:

Por alegrarme la vida con su amor inigualable.

A mis amistades de la universidad, a las que conservo y a las que no:

Por los buenos y malos momentos que hicieron más amena esta etapa, los guardo en mi corazón.

A todos los que fueron mis pacientes:

Por confiar en mí y aprender de ellos en cada caso.

A la UNAM y a la Facultad de Odontología:

Por brindarme una segunda casa.

Por último, a mí, Ana Pau:

Por seguir aquí. Por entender y respetar mi proceso. Este es un recordatorio para que sigas trabajando y esforzándote por tus metas.



ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 6 |
| PROPÓSITO | 7 |
| CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE MECÁNICA Y BIOMECÁNICA | 8 |
| 1.1 Conceptos básicos de la física | 8 |
| 1.1.1 Mecánica | 8 |
| 1.1.2 Estática..... | 8 |
| 1.1.3 Dinámica | 8 |
| 1.1.4 Resistencia de los materiales | 9 |
| 1.2 Leyes de Newton | 9 |
| 1.2.1 Ley de la inercia | 9 |
| 1.2.2 Ley de aceleración. | 10 |
| 1.2.3 Ley acción- reacción..... | 11 |
| 1.3 Biomecánica | 11 |
| 1.4 Fuerza | 12 |
| 1.5 Principios biomecánicos en ortodoncia..... | 14 |
| 1.5.1 Centro de masa..... | 14 |
| 1.5.2 Centro de resistencia..... | 15 |
| 1.5.3 Centro de rotación | 16 |
| 1.5.4 Momento | 17 |
| 1.5.4 Cupla..... | 18 |
| CAPÍTULO 2. MOVIMIENTO DENTARIO ORTODÓNCICO | 19 |
| 2.1 Definición de movimiento dentario ortodóncico | 19 |
| 2.2 Biología del movimiento dentario..... | 19 |
| 2.2.1 Ligamento periodontal..... | 20 |
| 2.2.2 Hueso alveolar | 21 |
| 2.3 Respuesta tisular del periodonto a las fuerzas ortodóncicas..... | 22 |
| 2.3.1 Periodo inicial del movimiento dental | 24 |
| 2.3.2 Periodo secundario del movimiento dental..... | 25 |



| | |
|--|-----------|
| 2.4 Teorías del movimiento ortodóncico | 25 |
| 2.4.1 Teoría de la presión-tensión..... | 25 |
| 2.4.2 Teoría de la piezoelectricidad..... | 26 |
| 2.4.3 Teoría bifásica | 27 |
| 2.5 Factores individuales modificantes del movimiento ortodóncico | 27 |
| 2.5.1 Edad | 27 |
| 2.5.2 Fármacos | 28 |
| 2.5.3 Enfermedades sistémicas | 29 |
| 2.5.4 Enfermedad periodontal | 31 |
| 2.5.5 Anquilosis dentoalveolar..... | 31 |
| CAPÍTULO 3. TÉCNICAS PARA ACELERAR EL MOVIMIENTO DENTAL EN ORTODONCIA | 32 |
| 3.1 Métodos quirúrgicos | 32 |
| 3.1.1 Fenómeno de aceleración regional (FAR)..... | 32 |
| 3.1.2 Corticotomía | 33 |
| 3.1.3 Piezocisión | 37 |
| 3.1.4 Micro-osteoperforaciones | 40 |
| 3.2 Métodos de estimulación física/mecánica..... | 43 |
| 3.2.1 Láser de baja potencia | 43 |
| 3.2.2 Vibración | 46 |
| 3.3 Biológico farmacológicos | 48 |
| 3.3.1 Vitamina D..... | 48 |
| 3.3.2 Prostaglandinas..... | 48 |
| 3.3.3 Otros..... | 49 |
| CONCLUSIONES | 51 |
| REFERENCIAS | 52 |



INTRODUCCIÓN

En la actualidad la duración prolongada del tratamiento ortodóncico en pacientes adultos ha sido uno de los principales motivos de rechazo y desaprobación por parte de este sector de la población para llevarlos a cabo. Esto conlleva a que el estudio de la aplicación de técnicas que aceleran el movimiento dental vaya en aumento, teniendo como resultado métodos vanguardistas no solo con el fin de reducir el tiempo, sino también con el propósito de obtener funcionalidad y protección de los tejidos de soporte.

Es esencial la revisión y comprensión de los conceptos básicos de mecánica y biomecánica para poder determinar el movimiento dental y lo que conlleva. En éste, se presentan cambios físicos, mecánicos y químicos que se producen como respuesta a la aplicación de una fuerza controlada, sin embargo, existen factores como la edad, enfermedades sistémicas, fármacos, entre otros, que alteran esta respuesta y como consecuencia se presenta una desaceleración o hasta un detenimiento de este fenómeno.

Los métodos de activación biológica han sido clasificados en quirúrgicos, físicos/mecánicos y biológicos farmacológicos. Cada uno de ellos tiene múltiples técnicas y modelos de aceleración del movimiento dental. De algunos se ha confirmado la efectividad, sin embargo, de otros, los estudios clínicos experimentales han sido inconclusos, sin comprobarse su eficacia.



PROPÓSITO

Describir mediante una revisión bibliográfica las técnicas de activación biológicas utilizadas para acelerar el movimiento dental en Ortodoncia, explicando los conceptos generales de la mecánica y biomecánica, la biología del movimiento dental y los factores individuales que intervienen en él.



CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DE MECÁNICA Y BIOMECÁNICA

1.1 Conceptos básicos de la física

1.1.1 Mecánica

Área de la física que estudia el estado de equilibrio de dos cuerpos, simples o compuestos, sometidos a diversas fuerzas, principalmente a las de contacto y gravitacionales. Se divide en dos categorías: estática y dinámica. La mecánica se usa para describir las aplicaciones de fuerza y masa al movimiento dental, mediante los aparatos fijos que se utilizan durante el tratamiento de ortodoncia.^{1,2}

1.1.2 Estática

Es la rama de la mecánica que estudia los efectos de las fuerzas sobre los cuerpos en reposo a una velocidad constante en magnitud y dirección a lo largo de una línea recta. En estas circunstancias se dice que, la acción neta de las fuerzas externas que actúan sobre el cuerpo es nula (equilibrio). El sistema dentomaxilar tiende naturalmente a desarrollar condiciones estáticas, a menos que se ejerza una acción externa desestabilizadora sobre él.^{1,3}

1.1.3 Dinámica

En contraste con la estática, estudia el estado de los cuerpos que experimentan velocidades cambiantes o algún tipo de aceleración. Las condiciones estáticas de un cuerpo continúan, a menos que haya un desequilibrio de las fuerzas o masas externas que actúen sobre el cuerpo. El



ortodoncista crea fuerzas suaves o moderadas de desequilibrio en el sistema dentomaxilar, con el propósito de producir desplazamientos de los dientes, hasta lograr una mejor posición y evitando efectos dañinos.^{1,3}

1.1.4 Resistencia de los materiales

Estudia la composición, estructura, y propiedades de los materiales con la finalidad de someterlos a situaciones específicas de carga, Un principio básico de esta ciencia es reconocer que las propiedades que los caracterizan dependen de la estructura microscópica o molecular. En Ortodoncia los cuerpos de interés son, los dientes, brackets y alambres como cuerpos rígidos y los tejidos circundantes flexibles como el hueso alveolar o los tejidos blandos.¹

1.2 Leyes de Newton

En 1686 Newton presentó las leyes fundamentales de la mecánica, que describen el movimiento de un objeto cuando es sometido a fuerzas.⁴

1.2.1 Ley de la inercia

Describe el concepto de inercia, o la reacción de un cuerpo al movimiento cuando actúa sobre él una fuerza (Figura 1). Un cuerpo continúa en estado de reposo o en movimiento uniforme en línea recta a menos que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas que se ejerzan sobre él (cuerpo en equilibrio). Una malposición dentaria no podrá resolverse jamás de una forma espontánea, los dientes tienden a permanecer en reposo, debido a ello se aplicarán fuerzas que produzcan su desplazamiento (Figura 2).^{3,4}



Figura 1. Primera ley de Newton y su aplicación en la vida cotidiana.⁵



Figura 2. Primera ley de Newton y su aplicación en Ortodoncia.²

1.2.2 Ley de aceleración.

Explica que, la aceleración de un cuerpo (cambio de velocidad con el tiempo) se presenta en la misma dirección que la fuerza que lo produce y depende de la magnitud de la fuerza y de la masa del objeto (Figura 3). En Ortodoncia, se pueden aplicar diversas fuerzas con diferentes intensidades, dependiendo el diente que se desee mover, el diente se mueve en el sentido de la fuerza aplicada y cuánto mayor es el volumen radicular, mayor deberá ser la fuerza utilizada para producir su movimiento fisiológico (Figura 4).^{3,4}



Figura 3. Ley de la aceleración ejemplificada en la vida cotidiana.⁵



Figura 4. Ley de aceleración aplicada en la tracción de un canino.⁵

1.2.3 Ley acción- reacción.

Establece que, con cada acción o fuerza aplicada se produce una fuerza de reacción igual en dirección opuesta, la cual puede ser deseable o indeseable (Figura 5). Es la ley con más aplicación en Ortodoncia, debido a que todos los sistemas que se utilizan con aparatos fijos para mover los dientes producen reacciones y efectos colaterales, los cuales deben ser minimizados mediante el uso de anclajes apropiados (Figura 6).^{1,3}



Figura 5. Ley de la acción-reacción ejemplificada en la vida cotidiana.⁵

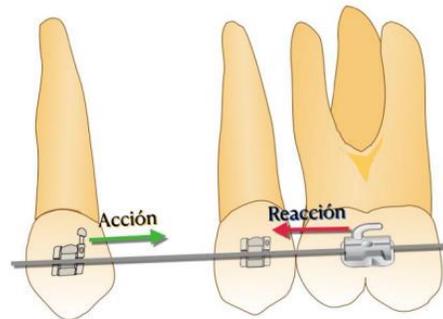


Figura 6. Acción y reacción de las fuerzas en la retracción de un canino.⁴

1.3 Biomecánica

Es el área de las ciencias biológicas que estudia los movimientos en relación con los sistemas biológicos (Figura 7). La biomecánica se encarga de desarrollar aplicaciones mecánicas para resolver problemas de motricidad y funcionalidad. Se fundamenta en principios mecánicos, los cuales debe haber una correspondencia entre las propiedades de resistencia y de deformación de los materiales y aparatos utilizados y los sistemas biológicos que interactúan en su aplicación.¹

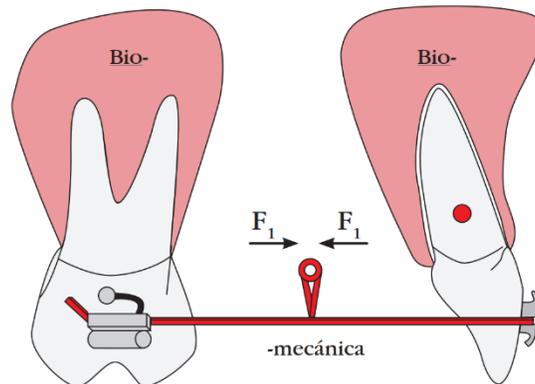


Figura 7. Biomecánica.¹

1.4 Fuerza

Se define como, aquello que provoca o tiende a provocar un cambio de movimiento o forma de un cuerpo u objeto, esta causa que un cuerpo acelere o desacelere. Se expresa con la fórmula de masa por aceleración (masa x aceleración).^{2,3}

La fuerza también se define como un vector con una magnitud y dirección.

El vector de la fuerza se define gráficamente por una flecha, cuyo cuerpo indica la dirección de esta, así como su línea de acción, es decir por donde se logra la fuerza. El sentido de la fuerza se define por la punta de la flecha. El vector también nos muestra la magnitud de la fuerza, que es igual a la longitud del cuerpo de la flecha, el punto de aplicación de fuerza es indicado por el origen de la flecha (Figura 8).³



Figura 8. El vector se utiliza para representar gráficamente una fuerza.³



Se miden en onzas, gramos o newtons. En Ortodoncia las fuerzas normalmente se expresan en gramos.³

La fuerza tiene cuatro propiedades únicas que se explican en el cuadro 1 (Figura 9).

| Propiedades de la fuerza | |
|--------------------------|--|
| Magnitud | Cantidad de fuerza aplicada. Cantidad de fuerza producida por las ansas, los resortes o los elásticos. |
| Dirección | Manera en la que la fuerza es aplicada o su orientación hacia el objeto. Es la recta que sigue o tiende a seguir la fuerza, va desde mesial, distal, lingual, vestibular, oclusal o gingival. |
| Punto de aplicación | Lugar del objeto o sistema donde se aplica la fuerza. En el caso de ortodoncia son los Brackets. |
| Línea de acción | Línea recta construida en el mismo plano y en la dirección de la fuerza extendida desde el punto de aplicación. Las fuerzas pueden ser positivas o negativas según vayan a la izquierda, derecha arriba o abajo. |

Cuadro 1. Descripción de las propiedades de la fuerza y su uso en Ortodoncia.^{1,2}

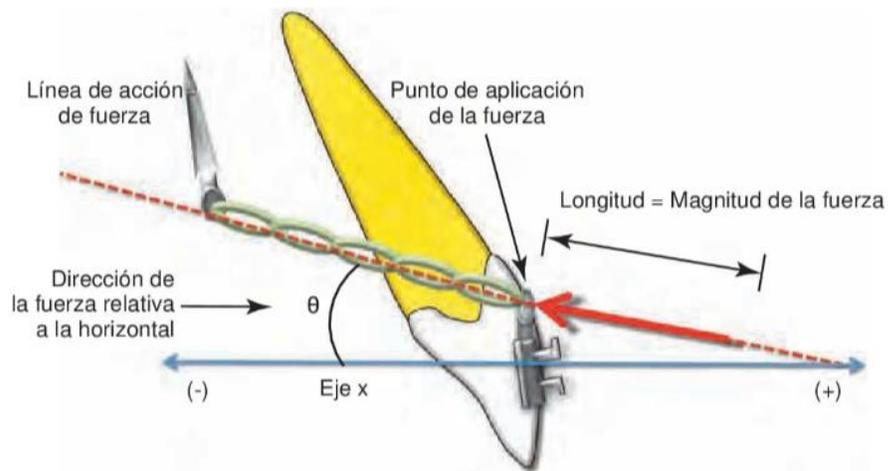


Figura 9. Propiedades de la fuerza aplicadas a un diente.²

1.5 Principios biomecánicos en Ortodoncia

1.5.1 Centro de masa

Punto geométrico en el que se puede suponer está concentrada la masa de un cuerpo (diente).¹ Los dientes forman parte de un sistema restringido, limitados por la gravedad y por las estructuras periodontales no uniformes que se encuentran a su alrededor. Es por esto por lo que el centro de masa no producirá un desplazamiento en línea recta si se aplica fuerza en este punto, ya que un diente no es un cuerpo libre porque sus tejidos periodontales de soporte lo frenan. Se requiere un punto análogo al centro de masa para producir un movimiento y este punto se denomina centro de resistencia (Figura 10).^{2,3}

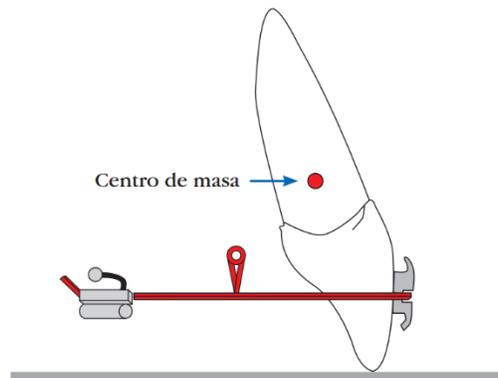


Figura 10. Centro de masa de un diente.¹

1.5.2 Centro de resistencia

Punto por el cual debe pasar una fuerza para mover un objeto libre en forma lineal. El centro de resistencia de un diente depende de la longitud y de la morfología radicular, de la cantidad de raíces, y del nivel de soporte del hueso alveolar (Figura 11).³

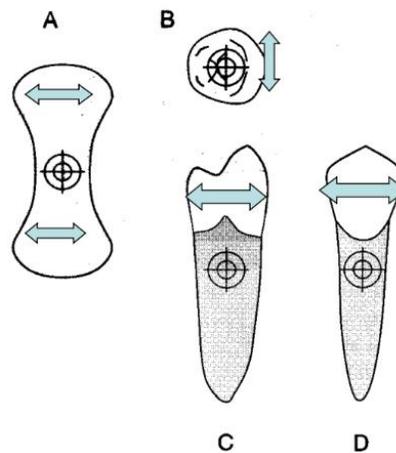


Figura 11. Localización del centro de resistencia visto desde diferentes perspectivas: A: radicular, B: oclusal, C: vestibulo-lingual, D: mesio-Distal.⁴

El centro de resistencia en dientes radicales se localiza entre el tercio medio de la raíz y en dientes multirradicales, se encuentra a dos milímetros apicalmente de la furca.³

Debido a que, los brackets sólo pueden colocarse en las coronas de los dientes, son limitadas las posibilidades en las cuales sea posible el aplicar una fuerza que actúe a través del centro de resistencia del diente para producir una traslación pura.³

1.5.3 Centro de rotación

Punto alrededor del cual un objeto rota cuando se está moviendo.¹ El centro de rotación de un diente es el punto arbitrario que se ubica distante al centro de resistencia alrededor del cual el diente gira en dirección a la fuerza aplicada. El centro de rotación puede estar cerca del centro de resistencia, pero nunca coincidirán (Figura 12).³

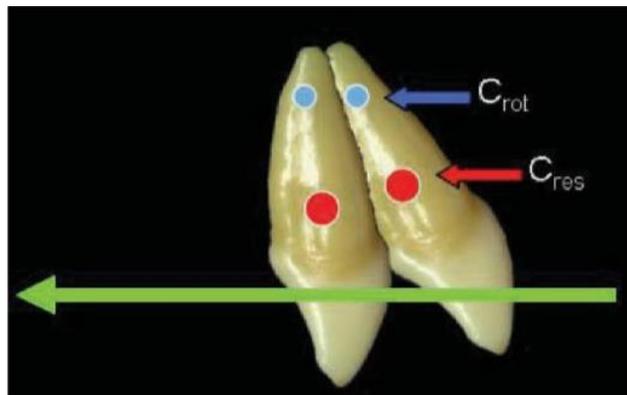


Figura 12. Centro de rotación indicado con la flecha azul.³

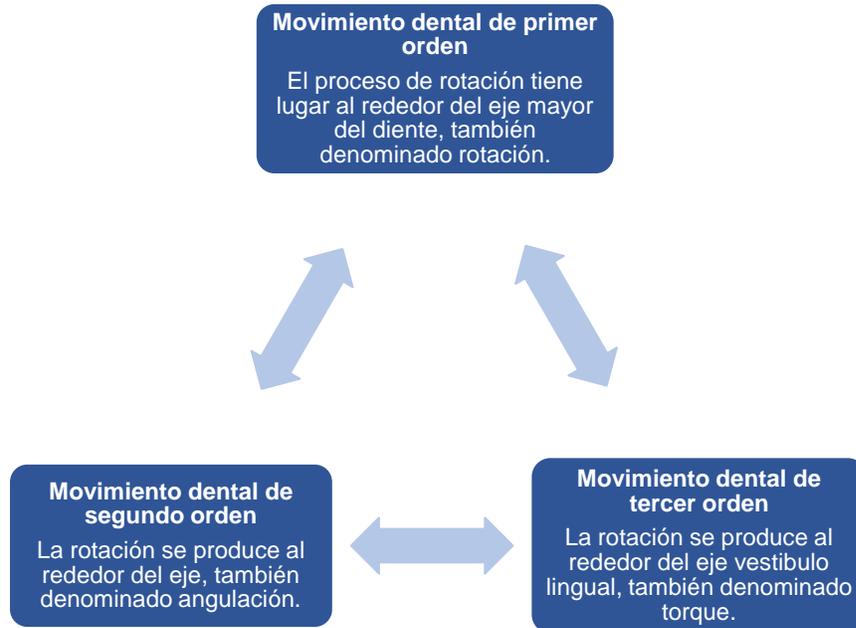


Diagrama 1. Movimientos dentales de primer, segundo y tercer orden.³

1.5.4 Momento

Se produce un momento cuando la línea de acción de la fuerza pasa distante al centro de resistencia provocando una tendencia a rotar. La distancia (perpendicular) que se forma entre el centro de resistencia del diente y la línea de fuerza, es la que causa la rotación del diente (momento) (Figura 13). El momento es el resultado de la fuerza por la distancia.³ A mayor distancia, será mayor el momento producido por la fuerza.²

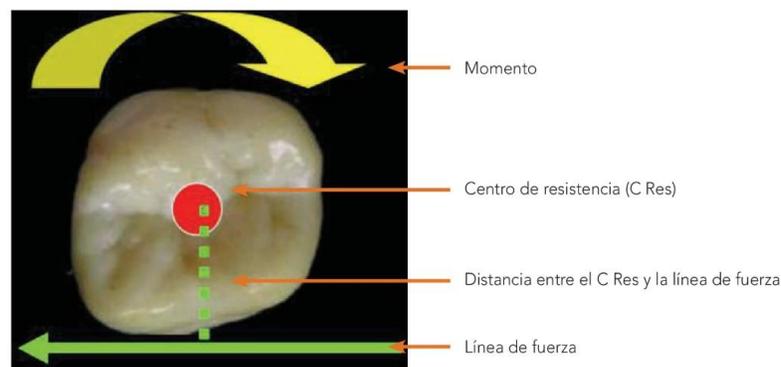


Figura 13. Diagrama de la producción de un momento.³

1.5.4 Cupla

Es una forma de momento creado por un par de fuerzas que tienen igual magnitud, pero sentido contrario la una de la otra y líneas de acción que no coinciden (fuerzas paralelas) (Figura 14).⁴ Las cuplas producen movimientos rotacionales, cerca o lejos del centro de resistencia de los dientes.²



Figura 14. Sistema de cupla aplicado en od 11.⁶



CAPÍTULO 2. MOVIMIENTO DENTARIO ORTODÓNCICO

2.1 Definición de movimiento dentario ortodóncico

El movimiento dentario ortodóncico se puede definir como un fenómeno biológico que involucra procesos químicos, físicos y mecánicos producidos mediante la aplicación de fuerzas controladas, que darán como resultado el traslado de un diente desde su posición original. Cada tipo de movimiento dentario es causado por un estrés específico distribuido alrededor del ligamento periodontal y hueso alveolar.⁷ Se puede definir también como el resultado de una respuesta biológica a interferencias en el equilibrio fisiológico del complejo dentofacial por fuerzas aplicadas de manera externa.⁸

El tratamiento ortodóncico implica el uso y control de fuerzas que producen remodelación de los tejidos dentales y periodontales. Estos tejidos experimentan cambios macroscópicos y microscópicos, al ser sometidos a distintos grados de magnitud, frecuencia y duración de la fuerza que deben de ser evaluadas y manejadas por el especialista.⁸

Según Proffit, el concepto de movimiento dental abarca tres fases: presión y tensión en el ligamento periodontal que origina alteraciones en el flujo sanguíneo; formación o liberación de mediadores químicos y activación celular.⁹

2.2 Biología del movimiento dentario

Durante el movimiento dental se producen cambios en el periodonto, que está conformado por encía, ligamento periodontal, cemento radicular y hueso alveolar, dichos cambios dependen de la magnitud, dirección y duración de la

fuerza aplicada y de la edad del paciente que se encuentre en tratamiento de ortodoncia. Los elementos tisulares que sufren los principales cambios son el ligamento periodontal y secundariamente, el hueso alveolar, éstos tienen una plasticidad que permite el movimiento fisiológico y ortodóncico de los dientes.^{10,11}

2.2.1 Ligamento periodontal

El ligamento periodontal es un tejido conectivo, especializado, su principal componente es una red de fibras de colágeno paralelas que se insertan en el cemento de la superficie radicular y en la lámina dura del hueso (Figura 15); presenta también, otros dos componentes de gran importancia: 1) elementos celulares, que abarcan células mesenquimatosas en forma de fibroblastos y osteoblastos, así como elementos vasculares y neurales y 2) líquidos hísticos. Ambos componentes desempeñan un papel importante en la función normal y posibilitan los movimientos ortodóncicos de los dientes. (Figura 16).^{10,12}

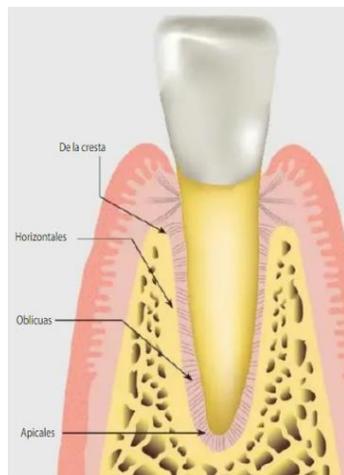


Figura 15. Distribución de las fibras del ligamento periodontal.¹²

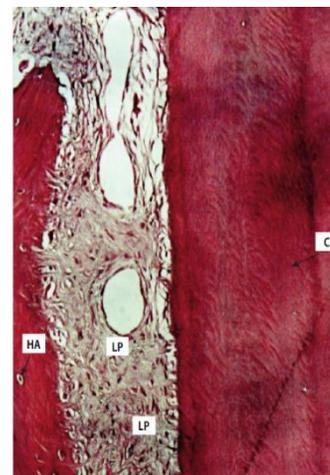


Figura 16. Corte histológico del ligamento periodontal (LP), cemento (C), ligamento periodontal (LP), y hueso alveolar (HA).¹²

El tamaño del ligamento periodontal es muy pequeño, en la radiografía periapical se puede observar el espacio que ocupa, el cual tiene forma de reloj de arena, esto es, más estrecho en el tercio medio radicular y más ancho en los tercios apical y cervical. Ocupa un espacio de unos 0,5 mm de anchura alrededor de toda la raíz y conforme aumenta la edad muestra una disminución progresiva de su espesor.¹²

2.2.2 Hueso alveolar

El hueso alveolar forma la pared ósea de los alvéolos que sostiene a los dientes. Está cubierto por el periostio y formado por placas exteriores densas de hueso cortical con cantidades variables de hueso esponjoso entre ellas. El grosor de las láminas corticales varía en distintas ubicaciones (Figura 17). El hueso esponjoso contiene trabéculas cuya arquitectura la determina la genética y en parte el resultado de las fuerzas ortodóncicas a las que se ven expuestas los dientes. La porción de hueso alveolar que directamente cubre al alveolo se denomina hueso fasciculado y en él se insertan las fibras del ligamento periodontal.^{12, 13.}

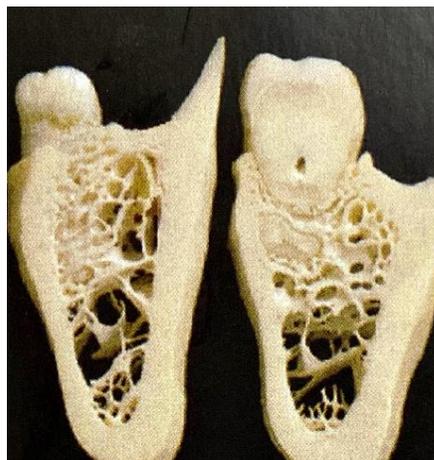


Figura 17. Corte sagital de hueso mandibular, que muestra hueso esponjoso y placa cortical externa.¹³



El hueso alveolar se renueva constantemente en respuesta a las demandas funcionales. Los osteoblastos y osteoclastos que forman el hueso son células implicadas en la reabsorción y son las responsables del proceso de remodelación. Los osteoblastos producen osteoides, que están formados por fibras de colágeno y una matriz que contiene principalmente proteoglicanos y glucoproteínas. Los osteoides se encuentran en todas las superficies óseas en las que se deposita hueso nuevo.¹³

Radiográficamente el hueso alveolar es un hueso compacto que se observa como una línea radiopaca que rodea la raíz del diente por lo que también se denomina lámina dura.¹²

2.3 Respuesta tisular del periodonto a las fuerzas ortodóncicas

Las reacciones tisulares observadas en el movimiento dental ortodóncico se asemejan a las que se aprecian en la migración dental fisiológica, la diferencia es que, como los dientes se mueven más rápidamente durante el tratamiento, los cambios provocados por las fuerzas ortodóncicas son más significativos y extensivos.¹³

La secuencia de eventos que se llevan a cabo al aplicar las fuerzas dentro de límites de tolerancia fisiológica se inicia con la disminución del flujo sanguíneo a través del ligamento periodontal, seguido por la diferenciación de los osteoclastos que reabsorberán el hueso de la pared del alveolo del lado que se efectúa la presión y al mismo tiempo habrá remodelado de las fibras colágenas del ligamento que permitirán un reacomodo del diente en su nueva posición.¹⁰



Existen cuatro variables decisivas con respecto a las fuerzas a nivel celular, la aplicación, la magnitud, la duración y la dirección de la fuerza, en el cuadro 2 se presenta como intervienen.

| Variables de las fuerzas ortodóncicas | |
|---------------------------------------|--|
| Aplicación de fuerzas | <p><i>Continua:</i> fuerza que se mantiene en un porcentaje apreciable de la original entre una visita del paciente y la siguiente.</p> <p><i>Interrumpida:</i> el nivel de la fuerza disminuye a cero entre las activaciones.</p> <p><i>Intermitente:</i> la fuerza actúa durante un corto periodo de tiempo, se induce principalmente por aparatos removibles.</p> |
| Magnitud | Una fuerza ligera que actúe a una distancia determinada mueve un diente más rápidamente y provoca menos lesiones en los tejidos de soporte que una fuerza más intensa. |
| Duración | Equivalente al tiempo del tratamiento, se considera el factor más crucial que la magnitud de la fuerza en lo que se refiere a las reacciones tisulares adversas. |
| Dirección | Producirá diferentes tipos de movimientos dentales. Todos los movimientos dentales se pueden describir en términos de traslación y rotación. |

Cuadro 2. Variables decisivas de las fuerzas ortodóncicas que afectan a nivel celular.^{1,2,13}



2.3.1 Periodo inicial del movimiento dental

La aplicación de una fuerza continua en la corona del diente provoca un movimiento dental en el alveolo que inicialmente se caracteriza por el ensanchamiento de la membrana periodontal. Cuando las condiciones son favorables, aumenta el número de células, que se diferencian en osteoclastos y fibroblastos. El ancho de la membrana aumenta por la eliminación osteoclástica del hueso, la orientación de las fibras en la membrana periodontal cambia y los fibroblastos rompen el tejido conectivo.¹³

Fase de hialinización

Durante la aplicación inicial de la fuerza, es habitual que se impida la circulación vascular y la diferenciación celular, lo que causa la degradación celular y de las estructuras vasculares más que la proliferación y diferenciación. El tejido muestra una apariencia transparente a la que se le nombra, *hialinización*, esta es un área necrótica estéril, caracterizada por tres fases, que se presentan a continuación en el diagrama 2.¹³

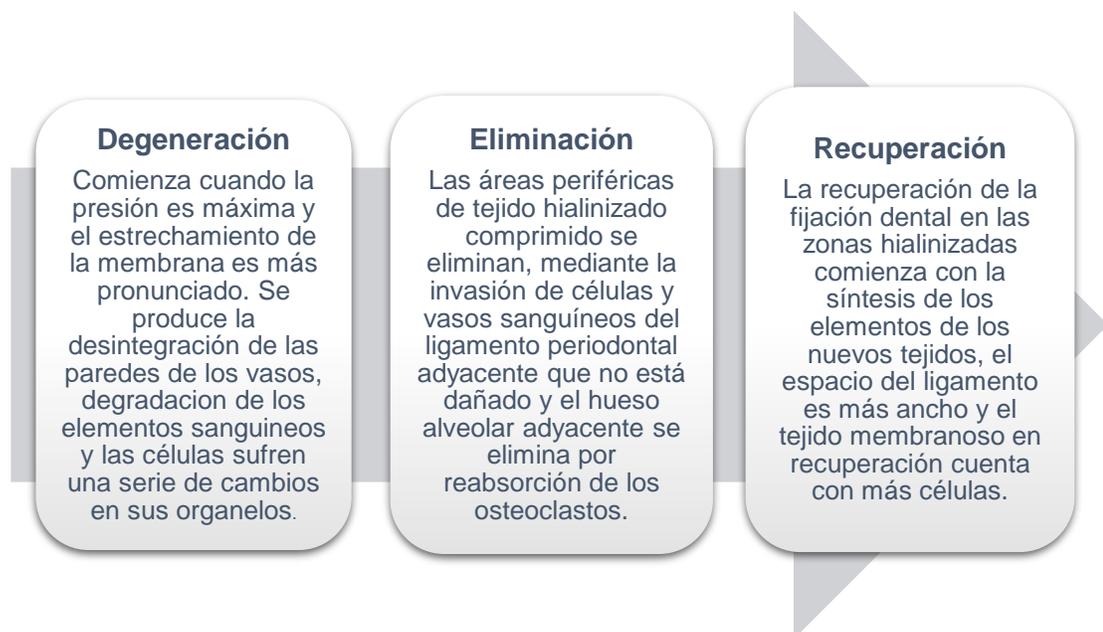


Diagrama 2. Fases de la hialinización del periodo inicial del movimiento dental.¹³



2.3.2 Periodo secundario del movimiento dental

En este periodo, el ligamento periodontal se ha ensanchado considerablemente. Los osteoclastos atacan la superficie ósea de una zona mucho más amplia, la reabsorción ósea es predominantemente directa, si la fuerza se mantiene dentro de límites determinados o se reactive con cuidado. La fijación fibrosa se reorganiza mediante la producción de nuevas fibras periodontales.¹³

La característica principal es el depósito de hueso nuevo en la superficie alveolar desde la que se mueve el diente (lado de tensión), esto lo hace hasta que el ancho de la membrana vuelva a sus límites normales. De forma conjunta a la aposición ósea en la superficie periodontal del lado de tensión, se produce un proceso de reabsorción en la superficie esponjosa del hueso alveolar.¹³

2.4 Teorías del movimiento ortodóncico

Existen diversas teorías que explican el mecanismo por el cual las fuerzas ligeras son capaces de proporcionar movimiento de las piezas dentarias, las cuales se explicarán a continuación.¹⁴

2.4.1 Teoría de la presión-tensión

Se refiere a cambios celulares producidos por la acción de sustancias químicas que se originan cuando se altera el flujo sanguíneo adyacente al diente durante el movimiento dental debido a la reducción o aumento del diámetro de los vasos sanguíneos. Establece que el hueso que se opone al movimiento tendrá que reabsorberse para permitir el desplazamiento

dentario, mientras que el lado opuesto, la tensión de las fibras periodontales, originará el depósito de hueso sobre la superficie dentaria del hueso alveolar (Figura 18).^{9,14}

Este concepto de movimiento dental comprende tres fases:

- 1) Compresión inicial de los tejidos y las alteraciones del flujo sanguíneo asociadas con la presión del ligamento periodontal.
- 2) Formación y/o liberación de mensajeros químicos.
- 3) Activación de los osteoblastos y los osteoclastos, que conduce a la remodelación del hueso alveolar.¹⁵

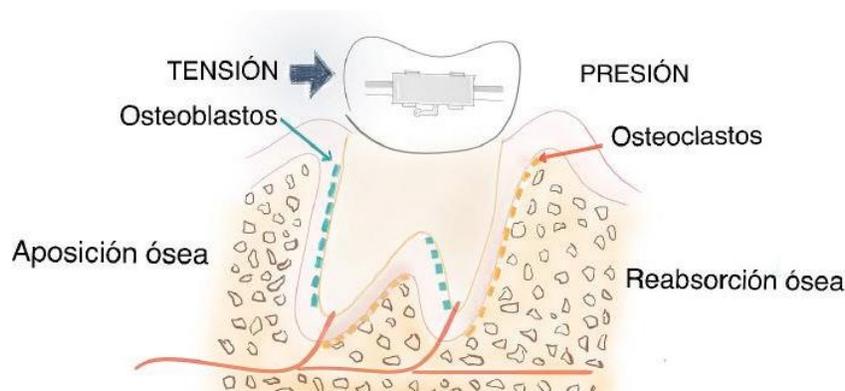


Figura 18. Teoría de la presión-tensión.¹⁵

2.4.2 Teoría de la piezoelectricidad

Esta teoría atribuye el movimiento dental a cambios en el metabolismo óseo que son controlados por señales eléctricas generadas cuando el hueso alveolar se flexiona y se deforma por la aplicación de una fuerza. Las señales eléctricas modifican la remodelación ósea de la que depende el movimiento dental.¹⁴



2.4.3 Teoría bifásica

Explica no sólo las consecuencias biológicas del tratamiento de ortodoncia, sino que también sirve para guiar un tratamiento de ortodoncia acelerado, eficaz y seguro. En esta teoría los osteoclastos juegan un papel importante en la activación de los osteoblastos. Esta teoría concuerda con varios estudios que sugieren que los osteoclastos son los principales reguladores de los osteoblastos. Esto puede ocurrir a través de tres vías:

- Los osteoclastos lanzan factores paracrinos que reclutan y activan a los osteoblastos.
- Los osteoblastos activan a los osteoblastos a través de una interacción directa célula-célula.
- La reabsorción ósea por osteoclastos expone proteínas de la matriz ósea, las que atraen y activan a los osteoblastos.¹⁶

2.5 Factores individuales modificantes del movimiento ortodóncico

En la planificación y desarrollo del tratamiento ortodóncico se deben considerar las características particulares de cada paciente y los factores extrínsecos que pueden alterar de manera significativa el tiempo y los objetivos del tratamiento, los cuales se mencionan a continuación.⁸

2.5.1 Edad

Se ha observado que los tejidos periodontales del adulto presentan características diferentes a la de los niños o adolescentes. El niño, está en una etapa proliferativa, y presenta un hueso alveolar esponjoso con espacios medulares grandes y numerosos, el flujo vascular es abundante, y presenta un máximo potencial de renovación. El ligamento periodontal en el niño



presenta una alta tasa de renovación fibrilar, las fibras de colágena son más finas y hay un mayor número de células; esto hace que los tejidos periodontales en individuos jóvenes reaccionen más rápido a la carga ortodóncica, a diferencia de la respuesta de los tejidos periodontales del adulto. Esto se debe a los cambios fisiológicos que sufre el tejido periodontal en el adulto, el hueso alveolar es menos vascularizado y los espacios medulares adquieren más tejido adiposo. Al aumentar la edad, la actividad celular disminuye y los tejidos se hacen menos ricos en colágeno afectando la respuesta de los tejidos a las fuerzas ortodóncicas.^{14,17}

2.5.2 Fármacos

Hay dos tipos de fármacos que deprimen la respuesta a las fuerzas ortodóncicas y pueden influir en el tratamiento actual: los inhibidores de prostaglandinas y los bifosfonatos.¹⁵

Inhibidores de prostaglandinas

Las prostaglandinas se sintetizan en el organismo a partir del ácido araquidónico, que a su vez deriva de los fosfolípidos. Estudios clínicos y en animales han identificado el rol de las prostaglandinas en el proceso de reabsorción ósea, determinando que tienen una acción directa en el aumento del número y tamaño de osteoclastos y en la estimulación de actividad resortiva.¹⁴

Los corticosteroides reducen la síntesis de prostaglandinas inhibiendo la formación del ácido araquidónico; los AINE inhiben la conversión del ácido araquidónico en prostaglandinas.¹⁵

La mayoría de los analgésicos de venta sin receta son AINES tales como, el ácido acetilsalicílico, ibuprofeno, naproxeno, entre otros. Una excepción es el



paracetamol, que actúa a nivel central en lugar de hacerlo a nivel periférico. Por consiguiente, los ya mencionados, podrían afectar la secuencia del movimiento dentario mediante la inhibición, o al menos la disminución, de la relación entre la inflamación y el proceso de la reabsorción ósea, reduciendo el rango de movimiento dentario. Debido a las dosis reducidas y a la corta duración del tratamiento analgésico, en los pacientes ortodóncicos, esto no es así, pero puede llegar a ser un problema en adultos y niños que reciben tratamiento crónico para el dolor de la artritis.^{13,14}

Bifosfonatos

Los bifosfonatos son el grupo principal de fármacos para el control de la osteoporosis, son fármacos con alta afinidad por el calcio y se dirigen a áreas de remodelado óseo, inhiben el metabolismo osteoclástico y reducen el número de estas células. Esto indicaría que los bifosfonatos pueden inhibir el movimiento dentario y retardar el tratamiento ortodóncico. Además, diversos estudios han establecido que el uso de bifosfonatos aumenta el riesgo de osteonecrosis, asociado a procedimientos quirúrgicos complementarios al tratamiento ortodóncico, como extracciones o instalación de micro implantes.⁸

2.5.3 Enfermedades sistémicas

Los pacientes que padecen alguna enfermedad sistémica generan durante el tratamiento ortodóncico ciertos riesgos, limitaciones y complicaciones no habituales en un tratamiento convencional. Los cambios en el remodelamiento óseo inducido por enfermedades, como la osteoporosis y la diabetes, va a afectar y modificar el movimiento dentario en consecuencia, un posible tratamiento ortodóncico.



Osteoporosis

La osteoporosis es una enfermedad metabólica que afecta todo el componente óseo y está caracterizada por una disminución de la densidad del hueso y un deterioro en su microarquitectura.¹⁸

La literatura indica que la osteoporosis puede ser relacionada con la disminución en la densidad del hueso basal y la pérdida ósea alveolar; en estos pacientes la reabsorción y formación ósea puede generar pérdida de inserción, afectando la cantidad de movimiento sobre el hueso alveolar. Los pacientes con osteoporosis sometidos a tratamientos ortodóncicos muestran un rápido movimiento dental asociado a una remodelación ósea acelerada, pero sin permitir el tiempo necesario para una adecuada mineralización.²⁰

Diabetes mellitus

En la diabetes un paciente presenta altos niveles de glucemia, ya sea por insuficiente producción de insulina (tipo I) o por respuesta insuficiente a nivel de receptores a la insulina producida (tipo II).¹⁹

Existen escasos estudios clínicos acerca del comportamiento de diabéticos ante fuerzas ortodóncicas, siendo realizados mayoritariamente en animales. La diabetes mellitus altera los componentes del sistema inmune, tales como la citoquinas y quimioquinas proinflamatorias, en donde los niveles son más altos, lo que explica el mayor número de osteoclastos, causando altos niveles de destrucción ósea y degradación del ligamento periodontal, lo que ocasiona una disminución en el metabolismo óseo reparador.¹⁹



2.5.4 Enfermedad periodontal

La valoración de la condición del periodonto antes de iniciar el tratamiento ortodóncico permitirá pronosticar la evolución de alguna patología periodontal y mucogingival que pueda alterar el movimiento dental en ortodoncia. La importancia de mantener el periodonto en salud antes y después del tratamiento se debe a que, la inflamación en el periodonto aumenta las fuerzas hidrodinámicas e hidrostáticas alrededor de venas y tejidos resultando en desplazamiento y malposición dentales.²⁰

Diversos estudios señalan que el periodonto disminuido no tiene consecuencia en la alteración de movimiento ortodóncico si se aplica una adecuada filosofía en la biomecánica, ya que de lo contrario el movimiento ortodóncico se alteraría y no sería el ideal.¹⁴

2.5.5 Anquilosis dentoalveolar

La anquilosis dentoalveolar es una anomalía dental en la cual se presenta la pérdida de continuidad u obliteración del ligamento periodontal, lo que lleva a la unión del hueso alveolar con el cemento o la dentina, es de etiología multifactorial y se presenta con mayor frecuencia en la dentición primaria. La presencia de un diente anquilosado dirigirá comúnmente a la búsqueda de alternativas de un tratamiento ortodóncico-quirúrgico, como la corticotomía o distracción osteogénica, entre otras, así como el aumentar la magnitud y duración de la fuerza ejercida para lograr un movimiento ideal.^{15,21}



CAPÍTULO 3. TÉCNICAS PARA ACELERAR EL MOVIMIENTO DENTAL EN ORTODONCIA

3.1 Métodos quirúrgicos

3.1.1 Fenómeno de aceleración regional (FAR)

La biología básica del movimiento dental acelerado por métodos quirúrgicos se le atribuye al fenómeno de aceleración regional (FAR) descrito por Frost en 1983, se refiere al proceso fisiológico o de cascada como respuesta a un estímulo nocivo en tejidos duros y/o blandos, éste consiste en una aceleración del proceso de cicatrización con un mayor recambio óseo a causa de un aumento en la actividad osteoclástica, lo que resulta en osteopenia transitoria (disminución temporal de la densidad mineral ósea), y una disminución de las densidades debido al incremento de osteoblastos y osteoclastos. ^{22, 23}

El término regional se refiere a que la desmineralización sólo ocurre en el sitio del estímulo y el hueso adyacente al mismo; incluso las áreas próximas a la lesión parecen no afectarse por la respuesta FAR. ²⁴

El aumento que se da en el recambio óseo aunado a una menor densidad regional ósea propicia como resultado la aceleración en la velocidad del movimiento dental, también son responsables de la disminución de la reabsorción de las superficies radiculares. ^{22,23,24}

Otra forma de explicarlo es, cuando el hueso es quirúrgicamente irritado, se crea una herida. Esto inicia una herida localizada en respuesta inflamatoria. Debido a la presencia de los marcadores inflamatorios, los osteoclastos migran a la zona y provocan la resorción ósea. Éste fenómeno hace que se produzca la curación 2-10 veces más rápido que la curación fisiológica

normal, sin embargo, es temporal y tiene una duración de aproximadamente 4 meses.^{22, 23}

3.1.2 Corticotomía

Definición

La corticotomía consiste en una técnica quirúrgica en la cual se realiza la elevación de un colgajo mucoperióstico seguido de cortes o perforaciones redondas en la porción cortical del hueso hasta introducirse mínimamente en la médula ósea, se puede realizar con instrumental cortante de mano como rotatorios de baja y alta velocidad e instrumentos piezoeléctricos; todos estos con abundante irrigación (Figura 19). Esto puede ser seguido por un material de injerto, siempre que sea necesario, para aumentar el espesor del hueso (Figura 20).^{25,26,27,28}

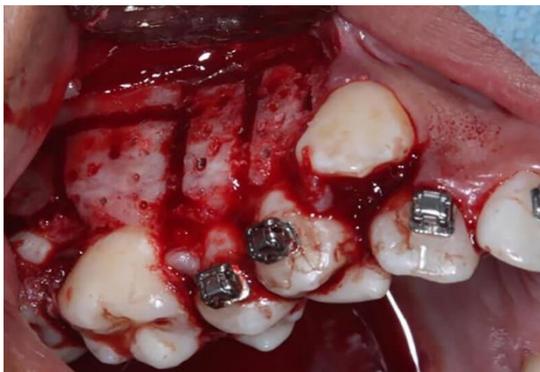


Figura 19. Corticotomías para acelerar el movimiento dental.²⁵



Figura 20. Colocación de injerto de hueso para aumentar el espesor.²⁵



Tiene la finalidad de estimular el fenómeno regional acelerado (FAR). Este procedimiento es empleado como una alternativa para acelerar el tratamiento de ortodoncia en adultos, disminuyendo de un 60 a 70% el tiempo comparado con la ortodoncia convencional.^{25,26,28}

El movimiento dental acelerado no se origina a través de las corticotomías al momento que se crean bloques, sino cuando ocurre el sangrado de la zona tras levantar el colgajo y realizar osteotomías. Se ha descrito que la tasa de movimiento que se logra alcanzar bajo la utilización de corticotomías es de 1-2 mm por semana, frente a 1 mm mensual que se obtiene por técnica convencional.²⁵

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones

Movimientos dentales individuales

- *Intrusión/extrusión:* comparado con el anclaje óseo esta técnica presenta menor riesgo de reabsorciones radiculares, atribuidas principalmente a este movimiento.
- *Enderezamiento molar:* no se encontraron diferencias significativas respecto al tiempo de tratamiento con microtornillos, sin embargo, esta técnica es otra alternativa que se puede utilizar.
- *Caninos incluidos:* Fischer empleando como auxiliar la corticotomía obtuvo una disminución del tiempo de tratamiento del 28-33%, sin obtenerse diferencias significativas con respecto a la condición periodontal final.
- *Distalización molar:* Spena, et al. Refieren movimientos de distalización molar en 2 meses tras la realización de corticotomías alveolares.²⁴



Movimientos dentales en masa

- *Discrepancias óseo-dentarias maxilares y mandibulares:* las principales indicaciones de la corticotomía alveolar son las discrepancias óseo dentarias maxilares y mandibulares graves con una relación esquelética normal, así como la retracción de incisivos.²⁴

Periodontales

Las corticotomías permiten una mejora en las condiciones periodontales del paciente al asociarse al tratamiento de ortodoncia. Diversos autores afirman que en los casos que requieran regeneración ósea guiada, podrían mejorar el aumento de altura y/o anchura del hueso alveolar en cuanto a rapidez y cantidad al colocar un injerto, mientras que otros opinan lo contrario.

Greenstein afirma que la corticotomía promueve la curación mediante el sangrado, el alcance del injerto se realiza más fácilmente por parte de los osteoblastos a través de los túneles creados y que mejora la unión física entre el hueso y el injerto.²⁴

Contraindicaciones

- *Medicación:* las corticotomías no se indican en pacientes que toman suplementos de calcio, para el tratamiento de la osteoporosis, o medicación a largo plazo como bifosfonatos, inmunosupresores, esteroides, ya que interfieren en el RAP. Así como los pacientes que toman antiinflamatorios no esteroideos (AINE) a largo plazo (frecuente en el tratamiento de artritis reumatoide). Los AINE intervienen en el proceso inflamatorio sobre la producción de prostaglandinas y la osteopenia.
- *Anquilosis:* el aumento del recambio óseo y la baja densidad ósea forman el entorno para que el ligamento periodontal medie el proceso



por el cual los dientes se mueven más rápido. En ausencia de éste en los casos de anquilosis impiden este proceso.

- *Biprotrusiones bimaxilares acompañadas de sonrisa gingival.*
- *Pacientes esqueléticos graves, principalmente clase III.*
- *Pacientes con enfermedad periodontal activa y problemas, endodóncicos tratados de forma inadecuada.²⁵*

Ventajas y desventajas

Las ventajas y desventajas se exponen en el cuadro 3.

| Ventajas | Desventajas |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Disminución del tiempo de tratamiento.• Menor necesidad de extracciones.• Menor riesgo de reabsorción radicular.• Mejora en la condición periodontal y cambios óseos morfológicos.• Menor riesgo de aparición de descalcificaciones en el esmalte.• Mayor estabilidad en el tratamiento de ortodoncia.• Potencial método de anclaje.• Remodelación alveolar para la | <ul style="list-style-type: none">• Alta morbilidad asociada al procedimiento.• Procedimiento invasivo.• Posible daño a estructuras adyacentes.• Dolor postoperatorio.• Inflamación.• Posibilidades de infección.• Necrosis avascular.• Baja aceptación por el paciente. |



| | |
|---|--|
| <p>mejora del perfil del paciente cuando se requiera.</p> <ul style="list-style-type: none">• Utilización simultánea con otros procedimientos.• Aplicable a cualquier técnica ortodóncica. | |
|---|--|

Cuadro 3. Ventajas y desventajas de la corticotomía alveolar.^{24,25,29}

Complicaciones

A pesar de las ventajas periodontales contradictoriamente en las corticotomías se puede tener el riesgo a nivel de periodonto, principalmente la posible pérdida de papila interdental, disminución de la encía insertada, recesiones gingivales, reabsorción del hueso alveolar y defectos periodontales en caso de distancia interdental corta.

Por consiguiente, se recomienda realizar controles periodontales mensuales simultáneos al tratamiento de ortodoncia, en estos se debe observar la integridad total de la papila, ausencia de bolsas periodontales mayores de 3 mm, recesión gingival mayor de 1 mm, necrosis, pérdida de altura del hueso alveolar y reabsorción radicular, esto valorado radiográficamente.²²

3.1.3 Piezocisión

Para reducir la morbilidad asociada a la corticotomía convencional, Dibart et al en 2009 introdujo un método de corticotomía sin colgajo, utilizando piezocirugía. Esta técnica se realiza una semana después de la colocación de los aparatos de ortodoncia, bajo anestesia local. Se realizan pequeñas incisiones verticales solamente bucales e interproximales a partir de la base

de la papila (Figura 21). Estas incisiones deben ser lo suficientemente profundas de modo que pasen a través del periostio, y deben ponerse en contacto con el hueso cortical. Este nivel medio de incisión entre las raíces de los dientes permitirá la inserción del bisturí piezoeléctrico para llevar a cabo los cortes de corticotomía a una profundidad de 3 mm considerando que tiene que llegar a la médula para obtener el efecto completo del fenómeno regional acelerado (FAR) (Figura 22-23). En las áreas donde se requiera un aumento óseo, se realiza un túnel mediante un elevador insertado entre las incisiones, para crear un espacio suficiente para aceptar un material de injerto. No se requieren suturas, excepto en las áreas donde el material de injerto tiene que ser estabilizado.^{22,30,31}



Figura 21. Microincisiones verticales interproximales vestibulares a partir de la base de la papila.³²

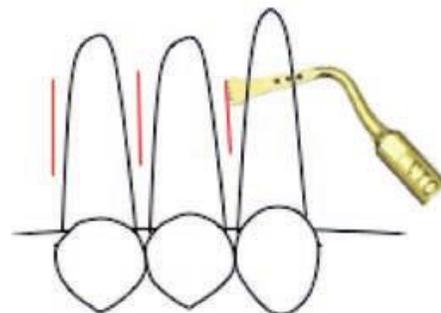


Figura 22-23. Corticotomías efectuadas con bisturí piezoeléctrico en las incisiones previamente realizadas.^{26,32}



Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones

- Tratamiento de ortodoncia rápida en adulto.
- Intrusión y extrusión acelerada de los dientes.
- Maloclusiones clase I, con apiñamiento moderado o severo (con extracciones o sin extracciones), maloclusiones clase II seleccionadas, maloclusiones clase III dental.
- Mordida profunda o abierta.
- Distalización de molares.
- Prevención y corrección simultánea de defectos óseos y mucogingivales que pueden ocurrir durante o después del tratamiento de ortodoncia y tratamientos multidisciplinarios.³¹

Contraindicaciones

- Así como en la corticotomía, los pacientes que se encuentran bajo tratamiento con fármacos que modifican la fisiología ósea normal como los bifosfonatos y los que modifican el proceso inflamatorio como los AINES, no podrán ser sometidos a esta técnica quirúrgica.
- Anquilosis dental.
- Pacientes con enfermedad periodontal activa.³¹

Ventajas y desventajas

Las ventajas y desventajas de la piezocisión se muestran en el cuadro 4.

| <i>Ventajas</i> | <i>Desventajas</i> |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">+ Técnica mínimamente traumática e invasiva.+ Poco frecuente dolor, inflamación y equimosis postquirúrgica.+ Mejor aceptación por parte del paciente.+ Tiempo quirúrgico corto. | <ul style="list-style-type: none">- Poca visibilidad.- Riesgo de daño a las raíces.- Dificultad para controlar el injerto óseo (en casos donde se requiera).- Riesgo a defectos mucogingivales. |

Cuadro 4. Ventajas y desventajas de la piezocisión.^{22,31,32}

3.1.4 Micro-osteoperforaciones

Para reducir el carácter invasivo de la irritación quirúrgica del hueso se practicó otro método para acelerar el movimiento dental, las micro-osteoperforaciones, son perforaciones transmucosas dentro del hueso alveolar, situadas muy cerca de la región del movimiento dental deseado y en configuraciones específicas, dependiendo el movimiento requerido. No es necesario realizar un colgajo mucogingival, ni incisiones para tener acceso al hueso cortical, manteniendo así la integridad y arquitectura de los tejidos. Se basan en el principio biológico y fisiológico para acelerar el movimiento dental. Se ha demostrado que amplifica la expresión de marcadores inflamatorios, esta respuesta amplificada acelera la resorción ósea, el movimiento dental y el aumento de la densidad ósea regional.

Se asegura que bastan tres perforaciones en cada zona interproximal para acelerar la remodelación ósea regional y conseguir una movilización dental

más rápida. Consigue reducir el tiempo de tratamiento ortodóncico en un 62% y se pueden realizar con fresas quirúrgicas (Figura 24), micro implantes (Figura 25) o un propulsor mecánico (Propel) (Figura 26).^{33,34}



Figura 24. Micro-osteoperforaciones realizadas con fresa quirúrgica.³³



Figura 25. Micro-osteoperforaciones realizadas con micro tornillos de titanio de forma manual.³³



Figura 26. Micro-osteoperforaciones realizadas con dispositivo *Propel*.³³



Figura 27. Dispositivo PROPEL® ORTHODONTICS.³³

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones

- Protracción y retracción de un diente o un grupo de dientes.
- Cierre de diastemas.

- Verticalización de un molar.
- Distalización simultánea de varios dientes.
- Alinear un sector.
- Favorecer la intrusión o la extrusión.
- Auxiliar en la expansión palatina.
- Facilitar la corrección de rotaciones dentarias.
- Aumentar el espesor del hueso alveolar.
- Facilitar la erupción de dientes retenidos.³³

Contraindicaciones

- Enfermedad periodontal activa no controlada.
- Osteoporosis no controlada o patologías óseas locales o sistémicas.
- Uso a largo plazo de fármacos como antiinflamatorios y bifosfonatos.³³

Ventajas y desventajas

Las ventajas y desventajas de las micro-osteoperforaciones se muestran en el diagrama 4.

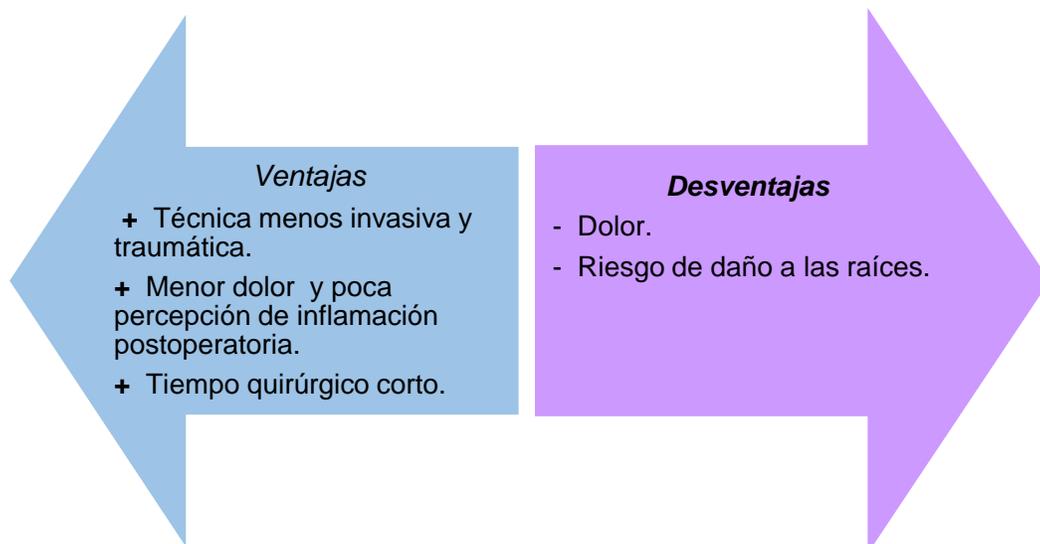


Diagrama 4. Ventajas y desventajas de las micro-osteoperforaciones. ^{33,34}



3.2 Métodos de estimulación física/mecánica

3.2.1 Láser de baja potencia

La palabra láser es un acrónimo de “amplificación de luz por emisión estimulada de radiación”. La terapia con láser de baja potencia es un método físico empleado en el tratamiento de ortodoncia en el cual se utiliza el láser, su energía externa aplicada es lo suficientemente baja como para ocasionar efectos bioestimuladores en los tejidos tratados (Figura 28). Esta técnica ha sido eficaz en ortodoncia ya sea por su efecto de fotobiomodulación, que se ha demostrado que acelera el movimiento dental ortodóncico y su efecto analgésico y antiinflamatorio. El término fotobiomodulación, es usado para describir los cambios fisicoquímicos en mecanismos y respuestas celulares frente a una radiación de luz de baja potencia. El láser de baja potencia se encuentra en una región de 60-1000 nm para tratar de forma no destructiva y no térmica diversos tejidos, siendo una técnica de elección por ser una terapia no invasiva específica con aplicaciones locales, precisas y sin efectos dañinos en el ligamento periodontal o la vitalidad de los dientes ^{22,35,36,37,39}

Se ha reportado que mediante la terapia con láser de baja intensidad el movimiento dental puede aumentar en un 30-60%, las diferencias entre los estudios surgen por las variaciones en la frecuencia de aplicación de láser, la intensidad del láser y el método de aplicación de la fuerza sobre el diente.

^{22,35,36,37,39}



Figura 28. Láser de baja potencia para acelerar el movimiento dental en tratamiento de ortodoncia.³⁹

Aunque los mecanismos principales de LBP no se entienden completamente, estudios sugieren que las propiedades fotoquímicas de este se basan en su efecto sobre las moléculas y sus receptores que producen una cascada de reacciones bioquímicas y por consiguiente una serie de cambios a nivel intracelular. La literatura indica un crecimiento de moléculas RANKL en el ligamento periodontal, encargadas de regular la formación de osteoclastos, al incrementar se da un aumento en la remodelación ósea fisiológica y por consiguiente en el movimiento dental.^{35, 38,40}

Cavagnola Zúñiga, et al sugiere que el LBP acelera el movimiento ortodóncico, sin embargo, aún no se ha determinado una terapéutica específica para la dosimetría y el mecanismo de acción en tipos de células individuales. A pesar de que los mecanismos y efectos celulares implicados en el movimiento dental cuando son irradiados con láser están documentados, aún la evidencia clínica es insuficiente. Existen diversos ensayos clínicos que confirman la eficacia del uso del LBP, pero existen otros que exponen un resultado negativo o dudoso.³⁸

Contraindicaciones

Mier y Basford enumeran una lista de contraindicaciones absolutas y relativas para el uso del láser en odontología que se detallan en el diagrama 5.



Diagrama 5. Contraindicaciones absolutas y relativas del LBP. ⁴¹

Algunas de las contraindicaciones ya mencionadas están basadas en relación con el efecto bioestimulante que posee este láser y a las hipotéticas consecuencias que habría que esperar sobre las células germinativas benignas o malignas. Respecto a los pacientes portadores de marcapasos,



actualmente se realizan investigaciones, pero algunos autores lo consideran una contraindicación.^{41,42}

3.2.2 Vibración

La vibración también es conocida como estimulación de baja magnitud y alta frecuencia, se define como un estímulo caracterizado por un movimiento oscilatorio.⁴³

La vibración se ha aplicado en el campo de la Ortodoncia con el objetivo de aumentar el movimiento dental a través de la remodelación del ligamento periodontal y el hueso. Diversos autores han planteado también el uso de las vibraciones para disminuir el dolor orofacial y el provocado por las fuerzas ortodóncicas.⁴³

En la actualidad el mecanismo biológico por el cual la carga vibratoria estimula la remodelación ósea no es completamente entendida. Los estudios clínicos realizados para investigar la eficacia de este método son escasos.⁴⁴

Los estudios experimentales que se han realizado con animales como ratas, conejos y perros donde se aplicaron vibraciones mecánicas se obtuvieron resultados relevantes, sin embargo, fueron estudios de periodos cortos y no durante un periodo de tratamiento ortodóncico, mientras que los estudios realizados con seres humanos que se encontraban en un tratamiento ortodóncico activo no arrojaron gran relevancia ni resultados o diferencias considerables en la aceleración de los movimientos dentales.^{44, 45, 46}

En los últimos años se ha introducido en el mercado un producto con el nombre de AcceleDent® que hace uso de tecnología por medio de vibraciones de alta frecuencia (30 Hz) para acelerar el movimiento dental en los dientes incisivos. Este dispositivo consiste en una guarda o boquilla que hace contacto con los dientes, un activador que proporciona los impulsos de vibración con una interfaz USB a través del cual se puede conectar a un ordenador para revisar el uso del aparato. Indica que debe ser usado en pacientes durante el tratamiento ortodóncico una vez al día por 20 min (Figura 29,30). Pese a que este producto asegura un aumento en la velocidad del movimiento dental diversos estudios cuestionan su eficacia al no obtener pruebas de que la vibración puede incrementar significativamente la velocidad de movimiento dental o reducir el tiempo necesario para lograr una alineación definitiva cuando se trabaja en conjunto en un tratamiento de ortodoncia. ^{13,15, 22, 47}



Figura 29. Aparato AcceleDent®.⁴⁷



Figura 30. Indicaciones del uso del aparato AcceleDent®.⁴⁷



3.3 Biológico farmacológicos

3.3.1 Vitamina D

La vitamina D mantiene la homeostasis del calcio en los seres humanos, es una hormona esteroidea que tiene receptores en diversos órganos y tejidos blandos. Junto a la PTH y la calcitonina, regula la cantidad de calcio y fósforo en el organismo humano. Estudios indican que incrementa la masa ósea, por esta razón se podría asumir que este agente puede inhibir el movimiento dental.¹⁷

Sin embargo, múltiples autores han sugerido que puede ser un agente que promueve la reabsorción. El calcitriol D es el metabolito más activo de la vitamina D, es un potente estimulador de la actividad osteoclástica al inducir la diferenciación de los precursores de osteoclastos y aumentar la actividad de estos. Estimula la producción de prostaglandinas en los osteoblastos, lo que influye en la aceleración del movimiento dental. Se ha encontrado que tiene una vida media en plasma de 2 a 3 horas, pero sus efectos como activador puede ser prolongado.^{17,48,49}

3.3.2 Prostaglandinas

Las prostaglandinas principalmente la E y la F, han sido implicadas en la actividad del remodelado óseo, particularmente son un potente estimulador de la resorción ósea, no sólo por el incremento en el número y el tamaño de los osteoclastos sino por la estimulación de los existentes. Una serie de experimentos demostraron que la ingesta de prostaglandinas por vía de administración sistémica o local puede aumentar la tasa de movimiento ortodóncico. Según Araujo, Pietson y Lee, la administración sistémica presentó como efecto adverso una acción generalizada metabolizada en los



pulmones. La vía local presentó como efecto adverso un aumento en la reabsorción radicular.^{17,48,49}

3.3.3 Otros

Paratohormona

La paratohormona es un compuesto segregado por la glándula paratiroides que se une a los receptores de los osteoblastos activándolos y conduciendo a la expresión de factores de crecimiento, como consecuencia se dará la proliferación de osteoblastos y activación de los osteoclastos. Dependiendo de la frecuencia de la administración, la PTH puede estimular la reabsorción o resorción ósea. Algunos autores señalan la ineficacia de la terapia intermitente.⁴⁶

Tiroxina

La tiroxina es usada para el tratamiento del hipotiroidismo. Aumenta la remodelación ósea y estimula la reabsorción, lo que contribuye a la disminución de la densidad ósea. Los estudios realizados en animales confirman el movimiento acelerado después de la administración de esta sustancia.⁴⁶

Vitamina C

El ácido ascórbico es la forma activa de la vitamina C. El trabajo del ácido ascórbico en la estimulación de osteoclastos en cultivos celulares ha sido confirmado en varios estudios. Se ha evaluado su eficacia al ser inyectada localmente obteniendo diferencias significativas en la tasa de movimiento, sin embargo, por la falta de evidencia



experimental todavía es dudosa que la aplicación local de vitamina C mejore clínicamente el movimiento dental.⁴⁸



CONCLUSIONES

Las técnicas de activación biológica son una herramienta complementaria en algunos casos del tratamiento ortodóncico en pacientes adultos. La comprensión de estos métodos se da gracias a la aplicación de los conceptos mecánicos y biomecánicos básicos que se emplean en la práctica diaria en Ortodoncia, así como el conocimiento del fenómeno de movimiento dental a la aplicación de fuerzas ortodóncicas y los cambios fisiológicos que conlleva.

El estudio de las técnicas para acelerar el movimiento dental ha sido de gran relevancia para el campo de la Odontología, en especial el área de la Ortodoncia, estableciendo su uso en pacientes y el mecanismo de acción que interviene en los tejidos de soporte del diente; logrando así desarrollar técnicas quirúrgicas menos invasivas, técnicas mecánicas y técnicas farmacológicas, encaminadas a agilizar los tratamientos convencionales, con el propósito no sólo de obtener resultados más rápidos, sino mayor comodidad y aceptación por parte del paciente.

Los métodos para acelerar el movimiento dental de mayor aceptación y fiabilidad son los métodos quirúrgicos, como la corticotomía, la piezocisión y las micro-osteoperforaciones; esto se debe a los resultados clínicos favorables que se obtienen cuando son requeridos en conjunto con los tratamientos convencionales.

Es importante mencionar que, la evidencia clínica para algunos métodos como el láser y la vibración sigue siendo escasa y las investigaciones clínicas experimentales existentes aún generan controversia. Sin embargo, el futuro de nuevas investigaciones es prometedor y apunta a confirmar la eficiencia de técnicas para realizar tratamientos de ortodoncia en menor tiempo y con garantía de la preservación de la integridad de los tejidos.



REFERENCIAS

1. Uribe G. Física y biomecánica. Principios de física que se aplican en Ortodoncia. 2ª ed. Medellín Colombia; 2010.
2. Rivandra N. Estética y biomecánica en ortodoncia [Internet]. 2ª ed. Venezuela: Amolca, 2017. [Consultado enero 2023]. Disponible en: <https://ebooks-amolca-com.pbidi.unam.mx:2443/reader/estetica-y-biomecanica-en-ortodoncia-1584454896?location=1>
3. Rodríguez Y.E. Ortodoncia contemporánea: Diagnóstico y tratamiento. [Internet]. 3ª ed. Venezuela: Amolca, 2019. [Consultado enero 2023]. Disponible en: <https://ebooks-amolca-com.pbidi.unam.mx:2443/reader/rodriguez?location=6>
4. International Foundation for Dental Education. IFDE. Física en ortodoncia. [Internet]. [Consultado enero 2023]. Disponible en: <https://discoverortho.com/wp-content/uploads/2021/05/Fisica-en-Ortodoncia-SL-JMR-Spanish-Draft-01-05-02-21.pdf>
5. Imagen consultada en: <https://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/escolar/2021/09/24/primer-ley-de-newton-o-ley-de-inercia/>
6. Pinto O.J.M., Maldonao J., Herrera L. Sistema de cuplas en el tratamiento de giroversiones en paciente odontopediátrico. Reporte de caso. Rev. Lat. Orto. [Internet]. 2015 [Consultado enero 2023]. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2015/art-7/>
7. Schemel M.E., Cabera A. Fisiología periodontal del movimiento dentario durante el tratamiento ortodóncico. Acta odontol venez [Internet]. 2010 [Consultado enero 2023]; 48(3). Disponible en: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2010/3/art-21/>
8. Vargas V. P., Piñeiro B.M.S., Palomino M.H., Torres Q.M.A. Modifiers factors of orthodontic tooth movement. Av Odontoestomatol [Internet]. 2010 [Consultado enero 2023]; 26(1):45-53. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852010000100005&lng=es.
9. Moreno M.J., Covarrubias G.M., García L.E. Movimiento dentario ortodóncico: factores modificantes y alteraciones Tisulares, revisión bibliográfica. Rev. Lat. Orto. [Internet]. 2016 [Consultado febrero 2023]. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2016/art->



[16/#:~:text=El%20movimiento%20dentario%20se%20lleva,periodontal%2C%20y%20el%20hueso%20alveolar](#)

10. Guercio D.E. Biología del movimiento dentario ortodóntico: Revisión de conceptos. Acta odontol. venez [Internet]. 2001 [Consultado febrero 2023]; 39(1):61-65. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652001000100011&lng=es.
11. Robles A. M., Guerrero S.C., Hernández H. C. Ortodoncia acelerada periodontalmente: Fundamentos biológicos y técnicas quirúrgicas. Rev Mex Perio [Internet]. 2011 [Consultado febrero 2023]; 2(1) Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/periodontologia/mp-2011/mp111e.pdf>
12. Vargas C.A.P, Yáñez O.R., Monteagudo A.C.A. Periodontología e Implantología. México; DF: Editorial Médica Panamericana, 2016.
13. Lee W. Graber, Katherine W. L. Vig, Robert L. Vanarsdall, Greg J. Huang. Ortodoncia. Principio y técnicas actuales. 6ª ed. España: Elsevier; 2017.
14. Andersson N.C., Vryam, V.J., Wong E., Quirós J. Factores que influyen en la alteración del movimiento ortodóntico. Revisión bibliográfica. Rev Mex Orto [Internet]. 2019 [Consultado febrero 2013]; 7(4):267-275. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortodoncia/mo-2019/mo194j.pdf>
15. Proffit W. R. Ortodoncia contemporánea. 6ª ed. España: Elsevier; 2019.
16. Minte H.C., Alikhani M., Teixeira C., Sandoval V.P. Teoría Bifásica del Movimiento Dentario Aplicada Mediante Micro-Osteo-Perforaciones. Int. J. Odontostomat. [Internet]. 2019 [Consultado febrero 2023; 13(2): 180-183. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-381X2019000200180&lng=es. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-381X2019000200180>.
17. Mérida I. Movimiento ortodóntico y sus factores modificantes. Revisión bibliográfica. Rev. Odontopediatr Latinoam [Internet]. 2011 [Consultado febrero 2023] Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2011/art-26/>
18. Gómez P.A., Moncada C. Implicación de la osteoporosis sobre los movimientos ortodónticos. Revisión de la literatura. Rev. CES



- [Internet] 2009 [Consultado febrero 2023]; 22(1) Disponible en: <file:///C:/Users/52552/Downloads/Dialnet-ImplicacionesDeLaOsteoporosisSobreLosMovimientosOr-3988982.pdf>
19. Palma P.S., Arenas S.M.M., González E.F., Hidalgo R.A., Palma D.E. Influencia de la diabetes mellitus en el tratamiento ortodóncico. Revisión de la literatura. Av Odontoestomatol [Internet]. 2021 [Consultado febrero 2023]; 37(3):140-146. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852021000300005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
20. Aristizábal J.F., Martínez S.R. Tratamiento ortodóncico y periodontal combinado en pacientes con periodontitis agresiva tratada y controlada. Rev Fac Odontol Univ Antioq [Internet]. 2014 [Consultado febrero 2023]; 26(1):180-204. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-246X2014000200012&lng=en
21. Cardozo M.A., Hernández J.A. Diagnóstico y manejo de la anquilosis dentoalveolar. Rev. Odontopediatr. Latinoam. [Internet]. 2021 [Consultado febrero 2023]; 5(2) Disponible en: <https://www.revistaodontopediatria.org/index.php/alop/article/view/5>
22. González P.R., Razo L.C. Aceleración del tratamiento de ortodoncia: técnicas de activación biológica. Rev. Odontopediatr. Latinoam. [Internet]. 2017 [Consultado febrero 2023] Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2017/art-23/>
23. Amador C.N.E., Guitiérrez R.J.F. Aceleración del movimiento dental en ortodoncia. Rev Odontopediatr Latinoam. [Internet]. 2022 [Consultado febrero 2023] Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2022/art-4/#:~:text=El%20movimiento%20dental%20acelerado%20no,ello%20facilita%20el%20movimiento%20dental>
24. Stober B.E.K., Genestra V.P., Molina C.A., Puigdollers P.A. La corticotomía alveolar selectiva como coadyuvante al tratamiento de ortodoncia: revisión de la literatura. Rev Esp Ortod. [Internet]. 2010 [Consultado febrero 2023]; 40 215-230. Disponible en: https://www.revistadeortodoncia.com/files/2010_40_4_215-230.pdf
25. Cevallos C.F.G., González A.V. Corticotomías en ortodoncia para acelerar el movimiento dental. Revisión bibliográfica. Rev Odontopediatr Latinoam. [Internet]. 2021 [Consultado febrero 2023] Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2021/art-2/>



26. Olguín V.P., Yáñez O.B.R. Corticotomía: perspectiva histórica. Rev. Odont. Mex [Internet]. 2016 [Consultado marzo 2023]; 20(2):82-92. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2016000200082#:~:text=La%20corticotom%C3%ADa%20consiste%20en%20una,todos%20%C3%A9stos%20con%20abundante%20irrigaci%C3%B3n.
27. Méndez Z.H.E., Lonato P.J.A., Quirós C.J. Corticotomía selectiva y ortodoncia y tiempo en que se logra realizar un desplazamiento. Revisión bibliográfica. Rev. Dig. UCE. [Internet]. 2019 [Consultado marzo 2023]; 21(2):114-122. Disponible en: <file:///C:/Users/52552/Downloads/Dialnet-CorticotomiaSelectivaYOrtodoncia-7745003.pdf>
28. Leonardo R.P.M., Gonzáles J.M.A. Ortodoncia acelerada con apoyo de corticotomías en paciente adulto. Oral [Internet]. 2018 [Consultado marzo 2023]; 19(60):1594-1597. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/oral/ora-2018/ora1860c.pdf>
29. Reyes O.A., Enríquez H.F., Marín G.M.G. Corticotomía: Microcirugía ortodóntica en paciente con periodonto reducido: Caso clínico. Rev. Odont. Mex [Internet]. 2012 [Consultado marzo 2023]; 16(4):272-278. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-199X2012000400007&lng=es.
30. Márquez S.L., Yépez R.F., Quirós A.O. Técnicas novedosas utilizadas para acelerar el movimiento dental en ortodoncia. Revisión de la literatura. Rev Odontopediatr Latinoam. [Internet]. 2022 [Consultado marzo 2023]. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2022/art-23/#:~:text=A%20trav%C3%A9s%20de%20la%20aplicaci%C3%B3n,durante%20el%20tratamiento%20de%20ortodoncia>.
31. Dibart S., Keser E., Nelson D. Piezocision™-assisted orthodontics: Past, present, and future. Seminars in Orthodontics. [Internet]. 2015 [Consultado marzo 2023]; 21(3):170-175. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1073874615000341>
32. Robles A. M.S., Guerrero S.C., Hernández H.C. Ortodoncia acelerada periodontalmente: fundamentos biológicos y técnicas quirúrgicas. Rev Mex. Periodonto. [Internet]. 2011 [Consultado marzo 2023]; 2(1):12-



16. Disponible en:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/periodontologia/mp-2011/mp111e.pdf>
33. Losoviz E., Ganiewich E., Flores S. Actualidad en ortodoncia: las micro-osteoperforaciones en la aceleración del tratamiento ortodóncico. RAAO [Internet]. 2020 [Consultado marzo 2023]; 63(2):39-54. Disponible en: <https://www.ateneo-odontologia.org.ar/articulos/lxiii02/articulo7.pdf>
34. García M.X., Palomino P.V., Rodríguez C.J., Pomer C.G., Flores L.A. Efecto de las micro-osteoperforaciones en el distalamiento del canino. Rev Tamé [Internet]. 2020 [Consultado marzo 2023]; 9(25):1025,1029. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/tame/tam-2020/tam2025f.pdf>
35. Cavagnola Z.S., Chaple G.A., Fernández G.E. Láser de baja potencia en Ortodoncia. Rev. Estomatol Cuba. [Internet]. 2018 [Consultado marzo 2023]; 55(3):1-11. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75072018000300008&lng=es.
36. León P., Domínguez A. Laserterapia y marcadores bioquímicos en la aceleración del movimiento dental ortodóncico: revisión de la literatura. Rev. Estomal, salud. [Internet]. 2013 [Consultado marzo 2023]; 21(2):26-31. Disponible en: <https://dentalspa.com.co/wp-content/uploads/sites/44/2017/10/Laserterapia-marcadores.pdf>
37. Aristizábal J.F., Ortodoncia acelerada y ortodoncia de transito expreso (OTE)®, un concepto contemporáneo de alta eficiencia. CES odontol. [Internet]. 2014 [Consultado marzo 2023]; 27(1):56-73. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-971X2014000100006&lng=en.
38. Chaple G.A.M., Fernández G.E., Quintana M.L. Láser de baja potencia y aceleración de movimientos dentarios en ortodoncia. Revisión sistemática. International Journal of Medical and Surgical Sciences. [Internet]. 2020 [Consultado marzo 2023]; 7(2):75-85. Disponible en: <file:///C:/Users/52552/Downloads/admin,+523-Article+Text-1458-1-18-20201015.pdf>
39. Imagen consultada en:
<https://www.youtube.com/watch?v=8yxR9iOR09k>



40. Ruíz E.M., Ricse C.E., Villanueva V.J., Torres M.L. Láser en ortodoncia. Rev Estomatol Herediana [Internet]. 2013 [Consultado marzo 2023]; 23(3):154-161. Disponible en: <file:///C:/Users/52552/Downloads/27-Texto%20del%20art%C3%ADculo-91-1-10-20140402.pdf>
41. Oltra A.D., España T.A.J., Berini A.L., Gay E.C. Aplicaciones del láser de baja potencia en Odontología. RCOE [Internet]. 2004 [Consultado marzo 2023]; 9(5):517-524. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1138-123X2004000500003&lng=es.
42. Águila A.M. El láser: su uso en ortodoncia. Rev. Latinoam Odontopediatr. [Internet]. 2020 [Consultado marzo 2023]. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2020/art-19/>
43. Shah A. Use of Vibration in Orthodontics. IJARnD [Internet]. 2017 [Consultado marzo 2023]; 2(1):26-30. Disponible en: <https://www.ijarnd.com/manuscripts/v2i1/V2I1-1140.pdf>
44. Salazar M.J.M., Rodríguez Y. Efectividad de los movimientos vibratorios en la práctica ortodóntica y aceleración de tratamientos. Rev. Latinoam Odontopediatr. [Internet]. 2017 [Consultado marzo 2023]. Disponible en: <https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2017/art-32/>
45. Miles P. Accelerated orthodontic treatment - what' s the evidence? Australian Dental Journal. [Internet] 2017 [Consultado marzo 2013]; 62(1):63-70. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/adj.12477>
46. Kacprzak A., Strzeck A. Methods of accelerating orthodontic tooth movement: A review of contemporary literature. Dent Med Probl. [Internet] 2018 [Consultado marzo 2023]; 55(2):197-206. Disponible en: file:///C:/Users/52552/Downloads/Methods_of_accelerating_orthodontic_tooth_movement.pdf
47. Mercado S., Carreón B., Zapana N. Movimiento dental acelerado mediante fuerzas vibratorias (Acceledent®) en tratamientos ortodónticos contemporáneos llevada a la práctica diaria). Rev. Evid. Odontol. Clinic. [Internet]. 2016 [Consultado marzo 2023]; 2(1):67-72. Disponible en:



file:///C:/Users/52552/Downloads/MOVIMIENTO_DENTAL_ACELERADO_ME_DIANTE_FUERZAS_VIBR.pdf

48. Berru R, Jefferson W. Terapias no quirúrgicas que aceleran el movimiento ortodóntico en humanos. Revisión de la literatura. *Jornal Scientific*. [Internet] 2023 [Consultado marzo 2023]; 7(1):2799-2819. Disponible en: file:///C:/Users/52552/Downloads/V_7_1_ART_2799.pdf
49. Camacho A.D., Cujar S.A.V. Dental movement acceleration: Literature review by an alternative scientific evidence method. *Método Mundial J* [Internet]. 2014 [Consultado marzo 2023]; 4(3):151-162. Disponible en: <https://www.wjgnet.com/2222-0682/full/v4/i3/151.htm>