



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



## **FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

BIOMECÁNICA EN ORTODONCIA INTERCEPTIVA.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

LAURA DANIELA VÁZQUEZ ALAMILLA

TUTORA: Esp. GISEL GARCÍA GARCÍA

MÉXICO, Cd. Mx.

**2023**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, **Laura Alamilla Chávez** y **Mario Vázquez Mejía**, por ser mis mayores ejemplos en la vida, por el apoyo que siempre me han brindado, y por la confianza que han depositado en mí durante toda mi formación académica. Por su amor, que me motiva día a día.

A mi hermano **Omar Vázquez Alamilla**, por ser la persona que me enseñó a luchar y trabajar por todos mis sueños. Porque su amor y compañía me han ayudado siempre que lo he necesitado.

A mi tutora, la **Esp. Gisel García García**, por compartir su conocimiento y su tiempo para guiarme en este paso tan importante de mi formación profesional.

A la **UNAM** y a la **Facultad de Odontología**, por mi formación académica.

## ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>ii</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
<b>OBJETIVO.....</b>	<b>7</b>
<b>1. GENERALIDADES .....</b>	<b>7</b>
1.1. Ortodoncia .....	7
1.2. Biomecánica .....	10
<b>2. ETAPAS DE CRECIMIENTO .....</b>	<b>12</b>
2.1. Evaluación del crecimiento .....	12
<b>3. MALOCCLUSIÓN EN LOS PLANOS TRANSVERSAL, VERTICAL Y SAGITAL.....</b>	<b>21</b>
3.1. Maloclusiones transversales.....	21
3.2. Maloclusiones verticales .....	24
3.3. Maloclusiones sagitales.....	26
<b>4. PRINCIPIOS BIOMECÁNICOS EN ORTODONCIA INTERCEPTIVA</b>	<b>31</b>
4.1. Centro de resistencia .....	31
4.2. Centro de gravedad .....	35
4.3. Centro de masa .....	35
4.4. Centro de rotación .....	36
4.5. Movimiento dental.....	37
4.6. Fuerza.....	44
4.7. Dobleces de primer, segundo y tercer orden.....	46
<b>5. REACCIONES TISULARES ANTE LAS FUERZAS ORTODONCICAS</b>	<b>49</b>
5.1. Efectos de los tipos de movimiento dental.....	49
5.2. Principios de la modificación del crecimiento .....	53
5.3. Respuesta periodontal al movimiento ortodóncico .....	54
5.4. Respuesta ósea al movimiento ortodóncico .....	57



<b>6. EFECTOS PERJUDICIALES DE LAS FUERZAS ORTODÓNCICAS</b>	<b>65</b>
6.1. Movilidad.....	65
6.2. Dolor .....	65
6.3. Efectos en pulpa .....	66
6.4. Efectos en tejidos periodontales .....	67
<b>7. CONCLUSIONES .....</b>	<b>69</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>70</b>

## INTRODUCCIÓN

La identificación de las maloclusiones y su intervención en etapas tempranas ayuda al especialista a aprovechar los beneficios de un tratamiento ortodóncico interceptivo en pacientes pediátricos. Estos beneficios pueden ser: mejor aprovechamiento del potencial de crecimiento, disminución de la probabilidad de extracciones dentales, con la finalidad de aprovechar la redirección de crecimiento en las tres dimensiones del espacio (transversal, sagital y vertical) y prevenir el desarrollo de dicha maloclusión o disminuir la severidad, por medio del proceso de Ortodoncia interceptiva; contribuyendo al desarrollo de una dentición permanente más armoniosa, funcional y estética con resultados más estables a largo plazo.

Para llevar con éxito un tratamiento de Ortodoncia interceptiva es necesario conocer las reacciones tanto de los dientes, como de todas las estructuras adyacentes (bases óseas que abarcan el maxilar, la mandíbula y el hueso alveolar y por otro lado el periodonto), a la aplicación de fuerzas, es decir, hay que comprender los fundamentos biomecánicos aplicados en los movimientos ortodóncicos. La mecánica es la disciplina que describe el efecto de las fuerzas sobre los cuerpos, mientras que el término biomecánica se refiere a la ciencia de la mecánica en relación con los sistemas biológicos, un diagnóstico preciso junto a la comprensión de estos conceptos ayuda a la elección del mejor tratamiento para los pacientes. La biomecánica desempeñará un papel crucial en Ortodoncia interceptiva al regular el movimiento dental generado por los aparatos ortodóncicos, para así alcanzar el movimiento deseado en términos de dirección, sentido y distancia necesarios, generando una respuesta óptima de los tejidos circundantes al diente, minimizando así las molestias y efectos adversos para el paciente.

En la actualidad, el tratamiento ortodóncico interceptivo se lleva a cabo mediante aparatos fijos y removibles, los cuales se seleccionan dependiendo de las necesidades específicas de cada paciente. Aunque estos dispositivos presentan diversos diseños, todos comparten la característica de aplicar y regular fuerzas sobre dientes, mandíbula, maxilar, entre otros. La cantidad de fuerza no constituye el único factor crucial para determinar los niveles óptimos en el tratamiento ortodóncico interceptivo; la presión o fuerza ejercida por unidad de superficie también es fundamental, ya que la distribución de las fuerzas varía según los distintos tipos de movimientos. Además, otras estructuras como las suturas y la articulación temporomandibular pueden ser afectadas por la ortopedia dentofacial. Por lo tanto, el objetivo de aplicar una fuerza ortodóncica adecuada es inducir una respuesta biológica precisa, si bien en ocasiones puede dar lugar a reacciones tisulares adversas, tanto en los órganos dentarios como en los tejidos circundantes.

## **OBJETIVO**

Identificar los principios biomecánicos aplicados a la Ortodoncia interceptiva.

### **1. GENERALIDADES**

#### **1.1. Ortodoncia**

La Ortodoncia es la rama de la odontología que se encarga de todos los problemas relacionados con las malposiciones dentarias, anomalías dentofaciales y los trastornos maxilofaciales asociados. [1]

Se va a clasificar en:

- Preventiva: Es aquella que se aplicará antes de que la enfermedad se manifieste. Por lo tanto, se debe comenzar desde el inicio de la erupción dentaria y mantenerse hasta que ocurra el cambio dentario. [1, 2, 3]
- Interceptiva: Al detectar los primeros signos de la enfermedad, es necesario iniciar un tratamiento que implique la colocación de barreras para prevenir el desarrollo negativo de dicha enfermedad. [1, 2, 3]
- Correctiva: Esta se centra en el tratamiento de maloclusiones una vez que el trastorno ya esté presente, usualmente durante el período de crecimiento máximo o posterior a este. [1, 2, 4]

##### **1.1.1. Ortodoncia interceptiva**

La American Association of Orthodontics define la Ortodoncia interceptiva como el enfoque terapéutico destinado a prevenir o disminuir la severidad de la maloclusión. Miguel Carrasco Sierra, Alba Mendoza Castro y Freya Andrade Vera, en el artículo de “Implementación de la ortodoncia interceptiva”, la definen como la

intervención ortodóncica temprana que se lleva a cabo para mejorar el desarrollo dentoalveolar, esquelético y muscular antes de que se complete la erupción de la dentición permanente. [1, 5]

Tanto la Sociedad Europea de Ortodoncia y la American Association of Orthodontics proponen a la Ortodoncia interceptiva como un enfoque terapéutico destinado a prevenir alteraciones más graves. Por lo general, este tratamiento comienza y finaliza durante la dentición temporal o mixta, y no se excluye la opción de realizar correcciones adicionales, si aparece otra anomalía. [5]

Este enfoque terapéutico se emplea con frecuencia para rectificar hábitos inusuales que pueden perturbar el desarrollo normal de la cara y los maxilares. Como, por ejemplo, maloclusiones resultantes de hábitos como el de succión de pulgar pueden corregirse naturalmente una vez que el hábito cesa; lamentablemente en muchos casos se desarrollan maloclusiones que requieren tratamiento ortodóncico en etapas tempranas. [5]

La importancia de comenzar el tratamiento de Ortodoncia interceptiva en una etapa temprana de los pacientes pediátricos radica en aprovechar al máximo los beneficios que brinda esta fase de desarrollo. Estos beneficios abarcan:

- Optimización del potencial de crecimiento
- Reducción de la necesidad de extracciones dentales
- Obtención de resultados más efectivos
- Mayor estabilidad a largo plazo en el tratamiento de Ortodoncia

No obstante, es importante tener en cuenta que el tratamiento temprano, el cual se lleva a cabo mediante la Ortodoncia interceptiva, no siempre puede resolver por completo las anomalías en una primera instancia, pero si va a facilitar el proceso de Ortodoncia en el futuro. [1]

La orientación de la Ortodoncia interceptiva es contribuir al desarrollo de una dentición permanente armoniosa, funcional y estética. Esta rama de la Ortodoncia va a tratar fundamentalmente cuatro problemas: [1]

- Hábitos orales: succión digital, chupete, respiración oral, deglución atípica, bruxismo infantil, onicofagia, etc.
- Mordida cruzada: anterior, posterior o en tijera
- Mantenedor de espacio
- Clases III

Por lo que es importante la realización de un adecuado diagnóstico dependiendo el tipo de maloclusión que se presente, entre los procedimientos realizados durante la fase de la Ortodoncia interceptiva incluyen:

- Eliminación de dientes retenidos
- Eliminación de dientes supernumerarios
- Eliminación de caries y restauración adecuada de los dientes afectados
- Colocación de mantenedores de espacio en casos de pérdidas prematuras o de ausencia congénita de dientes
- Erradicación de hábitos nocivos
- Tratamiento temprano de mordidas cruzadas
- Detección y corrección de problemas respiratorios
- Eliminación de frenillos de inserción profunda
- Tratamiento de la desarmonía en tamaño o forma de los dientes
- Corrección de ciertos trastornos musculares y masticatorios, como la hipotonía labial, la deglución atípica y la protrusión lingual al deglutir [6]

Es fundamental entender la biomecánica aplicada en el tratamiento de Ortodoncia interceptiva, ya que, de esta manera, se puede alcanzar el

movimiento deseado y, al mismo tiempo, prevenir reacciones tisulares adversas.

## **1.2. Biomecánica**

El término biomecánica se refiere a la ciencia de la mecánica en relación con los sistemas biológicos. [7]

La base del tratamiento ortodóntico se centra en la aplicación clínica de conceptos biomecánicos. La biomecánica desempeña un papel crucial en Ortodoncia interceptiva al regular el movimiento dental, mandibular y maxilar, lo que conlleva efectos biológicos tanto en las bases óseas como en el periodonto.

Dentro del ámbito de la Ortodoncia interceptiva, el concepto de biomecánica se utiliza habitualmente para referirse a las reacciones de las estructuras dentales y faciales ante las fuerzas ortodóncicas, mientras que el término mecánica se reserva para describir las características de los componentes estrictamente mecánicos de los aparatos ortodóncicos. [8]

La biomecánica en Ortodoncia alcanza 4 áreas fundamentales:

- a) Estudio de las fuerzas que regulan el movimiento.
- b) Análisis de las fuerzas generadas por los aparatos ortodóncicos.
- c) Comportamiento de los materiales empleados en los aparatos ortodóncicos, tanto los que almacenan y liberan fuerzas, como aquellos que las reciben, distribuyen y modifican.
- d) Relación entre las fuerzas aplicadas y los cambios biológicos producidos.

Existen dos enfoques fundamentales en el control del movimiento dentofacial:

- a) Alcanzar el movimiento deseado en términos de dirección, sentido y distancia necesarios.

- b) Generar una respuesta óptima de los tejidos durante el proceso de movimiento, minimizando así las molestias y efectos adversos para el paciente. [9]



## **2. ETAPAS DE CRECIMIENTO**

El desarrollo y la maduración en los seres humanos son consecuencias de la interacción entre los factores genéticos y ambientales. Esta interacción determina que en la población en general haya niños que experimenten distintos ritmos de crecimiento y maduración, ya sea tardíos, promedio o tempranos. [8]

El término crecimiento no se limita únicamente al aumento en la estatura, sino que abarca todas las modificaciones en las proporciones corporales, así como la maduración de los huesos, órganos viscerales, aspectos bioquímicos y neuropsíquicos en el niño. Este fenómeno evolutivo se extiende desde el comienzo de la vida intrauterina hasta el final de la adolescencia. Cada etapa en el desarrollo del niño presenta características particulares, incluyendo lo que se conoce como periodos críticos o picos de crecimiento, que son momentos de máximo crecimiento en términos de tamaño y número de células, durante los cuales el organismo es especialmente vulnerable a cualquier alteración. Hay dos picos de crecimiento, durante la etapa perinatal y la puberal. Existe un pequeño incremento llamado “brote medio de crecimiento” el cual ocurre entre estos dos periodos mencionados anteriormente, suele manifestarse entre los 6 y 8 años en las niñas y entre los 7 y 9 años en los niños. Posteriormente, a los 13 a 15 años en hombre y a los 11 a 14 años en mujeres está la etapa del crecimiento puberal, la cuál es la más favorable para la corrección de los problemas ortodónticos con manifestaciones esqueléticas. [10, 11, 12]

### **2.1. Evaluación del crecimiento**

Cada individuo sigue su propio ritmo o cronología de crecimiento, y en consecuencia, experimenta un desarrollo que puede ser rápido, moderado o tardío, por lo que, resulta crucial en el tratamiento ortodóntico interceptivo la evaluación del crecimiento, dado que la mayoría de los pacientes que

buscan corregir maloclusiones atraviesan una etapa de crecimiento activo. Mediante el tratamiento ortodóntico interceptivo es posible influir en el crecimiento facial. [13]

A través de la historia clínica se conoce la edad cronológica, sin embargo, esta medida no siempre refleja de manera precisa el nivel de desarrollo y la maduración somática. Por ello, es necesario recurrir a la edad biológica como una evaluación más precisa de madurez y desarrollo físico. [11]

### **2.1.1. Edad cronológica**

La edad cronológica se refiere a la edad civil determinada por la fecha de nacimiento. [13]

### **2.1.2. Edad biológica**

La determinación de la edad biológica se realiza mediante la evaluación de la edad ósea, dental y morfológica (talla), así como el desarrollo de la maduración sexual. [13]

#### **2.1.2.1. Edad ósea**

La edad ósea se presenta como el indicador más eficaz para describir la madurez biológica y para identificar los diferentes ritmos de maduración durante el proceso de crecimiento. Esto se debe a que otros indicadores comúnmente empleados se restringen a etapas específicas de la vida y exhiben una considerable variabilidad, especialmente durante la pubertad.

En el campo de la Ortodoncia, resulta crucial tener conocimiento acerca del estadio de maduración ósea del paciente, dado que esto influye directamente en el diagnóstico, debido a que la evidencia sugiere que el pico de crecimiento corporal en la etapa de la adolescencia ocurre igualmente en la cara, por lo tanto también

influye en la planificación del tratamiento. Se utilizan diversos indicadores para determinar el estadio de maduración ósea, entre los que se incluyen las vértebras cervicales, los indicadores cárpales y espacios dentarios. [14]

En el ámbito de la Ortopedia maxilar, el análisis de Björk es el indicador más utilizado, el cual segmenta el desarrollo de los huesos de la mano en 9 fases evolutivas, abarcando desde los 9 a los 17 años. Las señales de osificación se identifican en las falanges, huesos del carpo y radio. La evolución entre la epífisis y la diáfisis. [10]

Fase	Estadio	Descripción
Iniciación [15]	1	La diáfisis y la epífisis de la falange proximal del dedo del dedo índice (PP2), muestran la misma anchura. [10]
	2	La diáfisis y la epífisis de la falange proximal del dedo del dedo medio (MP3), muestran la misma anchura. [10]
	3	Osificación del hueso pisiforme (Pisi), Osificación de la apófisis uniforme del ganchoso (H1), la diáfisis y la epífisis del radio presentan la misma anchura (R). [10]
Aceleración (Pico de crecimiento) [15]	4	Inicio de la mineralización del sesamoideo (S), apófisis del hueso ganchoso (H-2) [10]

	5	La diáfisis rodea a modo de capuchón a la epífisis, a nivel de la segunda falange del dedo medio (MP3 cap), en la falange proximal del pulgar (PP1 cap), el radio (R cap). [10]
	6	Fusión de la diáfisis y epífisis de la falange distal del dedo medio (DP3 u) [10]
Finalización [15]	7	Fusión de la diáfisis y epífisis de la falange proximal del dedo medio (PP3 u). [10]
	8	Fusión de la diáfisis y epífisis de la segunda falange del dedo medio (MP3 u). [10]
	9	Osificación completa de la diáfisis y epífisis del radio (R u). En este estadio termina el crecimiento óseo. [10]

Tabla 1. Estadios de maduración de Björk [Fuente propia]

Los estadios de maduración de las vértebras cervicales fueron descritos por Lamparski, aquí se valoran 6 fases mediante una radiografía lateral en los pacientes de 10 a 16 años. [11]

<b>Estadio</b>	<b>Indicador</b>
1. Iniciación	El borde inferior de C2, C3, y C4 es plano. Los bordes superiores de C3 y C4 son de forma triangular y se van adelgazando de posterior a anterior. Hay 100% de crecimiento.
2. Aceleración	Desarrollo de una concavidad en el borde inferior de C2 y C3. El borde inferior de C4 es plano. Los cuerpos de C3 y C4 son ligeramente rectangulares. Hay de 65 a 85% de crecimiento.
3. Transición	En el borde inferior de C2 y C3 se presenta una concavidad bien definida, y formación de una concavidad en el borde inferior de C4, C3 y C4 son de forma rectangular. Hay de 25 a 65% de crecimiento.
4. Desaceleración	En el borde inferior de C2, C3 y C4 se presenta una concavidad bien definida. Los cuerpos de C3 y C4 comienzan a ser más cuadrados. Hay de 10 a 25% de crecimiento.
5. Maduración	En el borde inferior de C2, C3 y C4, se presenta una concavidad bien definida. Los cuerpos de C3 y C4 son casi cuadrados. Hay de 5 a 10% de crecimiento.
6. Terminación	En el borde inferior de C2, C3 y C4, se presenta una concavidad bien definida. Los cuerpos de C3 y C4 son cuadrados. El crecimiento puberal ha sido completado.

Tabla 2. Análisis de Lamparski [15]

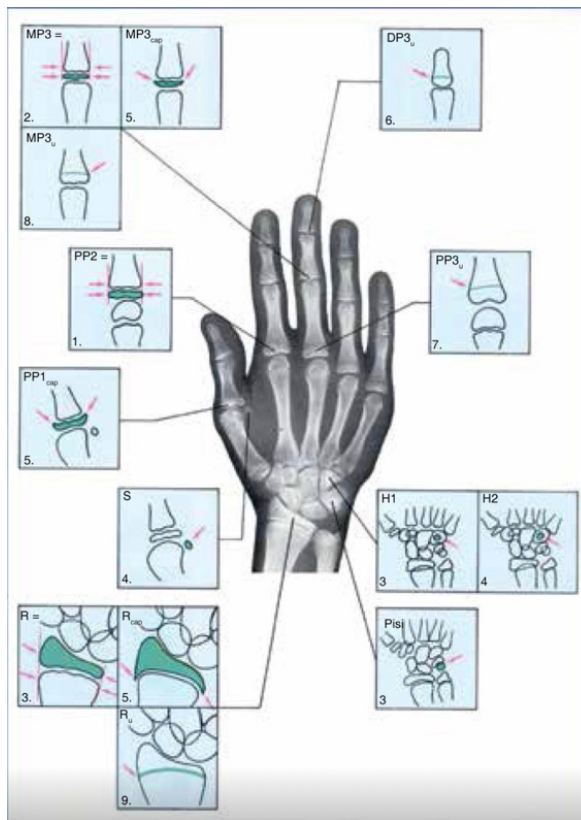


Fig. 1 Análisis de Björk. [15]

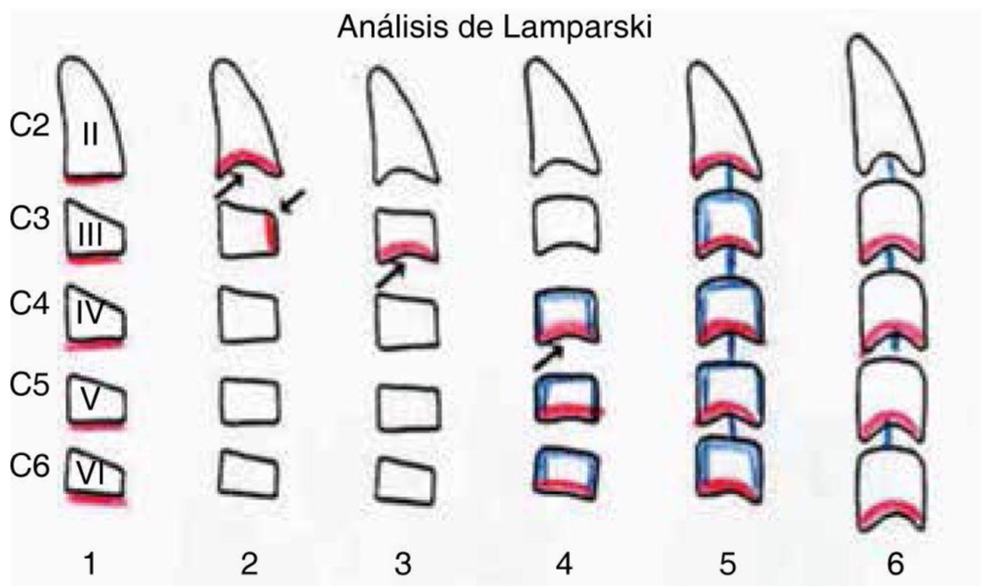


Fig. 2 Análisis de Lamparski [15]

Cuando se detecta un retraso en el proceso de osificación de una persona en comparación con su edad real, suele ir acompañado de un desarrollo dentario más lento. En promedio, las mujeres alcanzan su punto máximo de crecimiento puberal a los 10 años, mientras que los hombres lo alcanzan a los 12 años. [16]

La evaluación radiográfica para la determinación de la edad ósea debe llevarse a cabo principalmente en casos de: [11]

- Disyunción palatina
- Tratamiento de clases II
- Tratamiento de clases III
- Tratamiento de mordidas abiertas
- Pacientes con discrepancia entre edad dental y cronológica
- Cirugía ortognática

#### **2.1.2.2. Edad de estatura**

Esta es la más fácil de medir ya que equivale a la altura. Existe un buen sincronismo entre las curvas de crecimiento de estatura y el crecimiento condilar y sutural de la cara. [11]

#### **2.1.2.3. Edad sexual**

La edad sexual está fuertemente vinculada al desarrollo biológico, siendo mucho más evidente en las niñas que en los niños. Se va a disponer de los datos después de la manifestación de los primeros signos clínicos. En el caso de las niñas, la aparición de la menarca indica que la paciente ya pasó el pico máximo de crecimiento puberal. Normalmente el brote de crecimiento en las niñas se encuentra entre los 10 y 12 de años, mientras que en los niños se sitúa entre los 12 y 14 años, con un margen de variación de 3-6 años. [11]

#### 2.1.2.4. Edad dental

Podemos identificar la etapa de crecimiento del paciente a través de los periodos de erupción dentaria. Uno método para determinar la edad dental es el procedimiento de Demirjian, el cual resulta útil tanto con la dentición primaria como con la mixta. [11, 17]

- A. Se detecta el inicio de la calcificación en forma de cono invertido en la parte superior de la cripta, sin que haya fusión en los puntos de calcificación.
- B. Ocurre la fusión de los puntos de calcificación involucrando una o varias cúspides.
- C. La formación de esmalte se completa en la superficie oclusal y se observa el inicio de depósito de dentina.
- D. La corona llega a su término hasta el límite cemento-esmalte.
  - a. Los dientes unirradiculares, el borde superior de la cámara pulpar muestra una forma curva más definida, cóncava hacia la región cervical, con la proyección de los cuernos pulpares. En los molares, la cámara pulpar adopta una forma trapezoidal.
  - b. Se empieza a visualizar el inicio de la formación radicular en forma de espícula.
- E. En los dientes unirradiculares, las paredes de la cámara pulpar presentan líneas rectas interrumpidas por el cuerno pulpar, que se muestra más grande que en la etapa anterior.
  - a. La longitud de la raíz es menor que la altura de la corona.
  - b. En molares, la formación de la bifurcación radicular tiene forma de semiluna.
  - c. La longitud de la raíz es aún menor que la de la corona.



- F. Las paredes de la pulpa forman más o menos un triángulo isósceles.
- a. La longitud de la raíz es igual o mayor que la corona.
  - b. En molares, la región calcificada de la bifurcación se ha desarrollado más en etapa semilunar y la raíz toma una forma más definida.
  - c. La longitud de la raíz es mayor o igual que la corona.
- G. Las paredes del canal de la raíz son paralelas y su ápice está parcialmente abierto.
- a. Cierre del orificio apical.
  - b. La membrana periodontal tiene un ancho uniforme alrededor de la raíz y del ápice. [17]

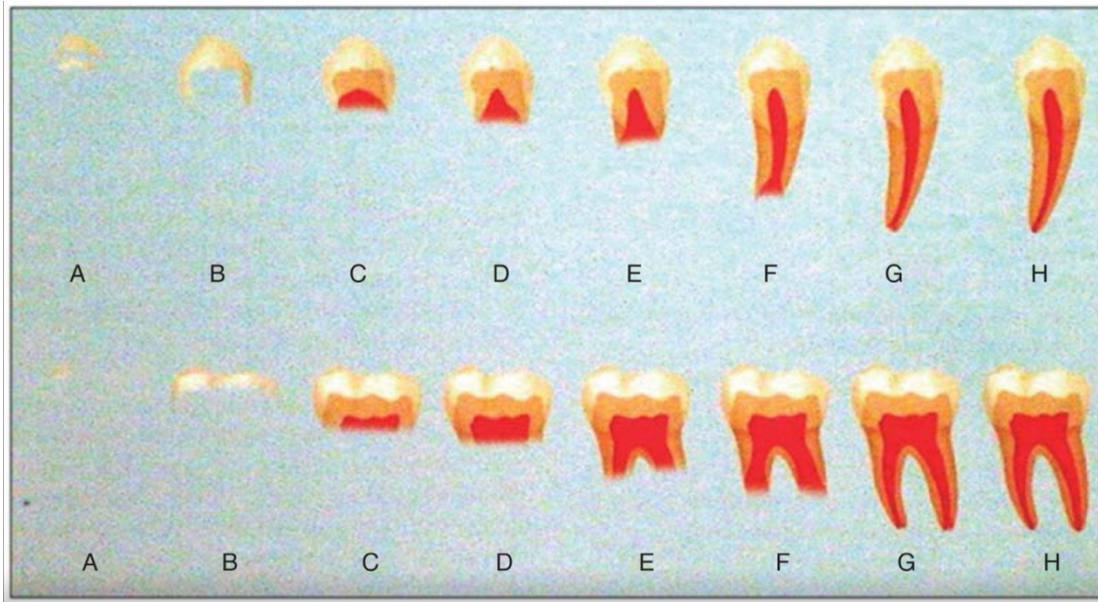


Fig. 3 Método de Demirjian para la evaluación dental [17]



### **3. MALOCLUSIÓN EN LOS PLANOS TRANSVERSAL, VERTICAL Y SAGITAL**

Angle describió a las maloclusiones como la perversión del crecimiento y desarrollo normal de la dentadura. La clasificación de estas maloclusiones desempeña un papel crucial en el proceso de diagnóstico, ya que permite identificar y enumerar los problemas específicos del paciente, así como planificar el curso de tratamiento adecuado. Es esencial clasificar la maloclusión considerando los tres planos del espacio: anteroposterior, vertical y transversal, ya que esta condición no solo afecta a los dientes, sino también al conjunto del sistema estomatológico, que abarca el sistema óseo, neuromuscular y periodontal. Este sistema constituye el complejo craneofacial tridimensional, subrayando así la importancia de clasificar la maloclusión en los tres planos espaciales para lograr un diagnóstico exhaustivo de nuestro sistema estomatológico. Cuando un paciente inicia un tratamiento ortodóncico interceptivo deberá seguir el siguiente orden terapéutico: 1. Transversal, 2. Vertical y 3. Sagital. [18, 19]

#### **3.1. Maloclusiones transversales**

Las alteraciones transversales son multifactoriales, incluyendo hábitos, interferencias anatómicas localizadas, secuencia de erupción atípica y traumas. El tratamiento temprano de estas alteraciones, mediante la expansión maxilar resulta beneficioso para el desarrollo dental normal. Esto se debe a que se corrige el patrón de cierre mandibular, lo que, finalmente genera ajustes dento-esqueléticos favorables durante el crecimiento. [20, 21]

Existen diversos aparatos que son utilizados en Ortodoncia interceptiva para el tratamiento de las maloclusiones en sentido transversal mediante la expansión maxilar, como lo son:

<p><b>Hass</b></p>	<p>Este aparato fijo está compuesto por un tornillo incorporado con acrílico en la zona media, dividido sagitalmente en dos partes iguales y en contacto con la mucosa palatina. En la actualidad, ha dejado de utilizarse debido a las lesiones que provocaba en la mucosa palatina como resultado del acrílico. [22]</p>	 <p>Fig. 4 Aparato Hass [23]</p>
<p><b>Hyrax</b></p>	<p>Este aparato fijo presenta un diseño higiénico. Se fija a molares y caninos deciduos, según el tipo de dentición. El tornillo de la línea media se coloca lo más cercano al paladar, para aplicar la fuerza cerca al centro de resistencia y facilitar la higiene.</p> <p>Después de completar el proceso de expansión, el mismo aparato puede usarse como retención al bloquear el tornillo. [24]</p>	 <p>Fig. 5 Aparato Hyrax [23]</p>


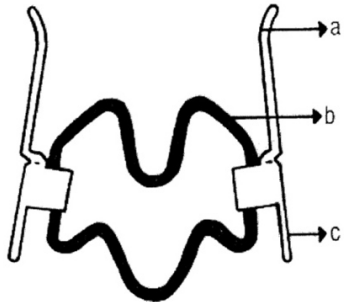
<p><b>Quad Helix</b></p>	<p>Es un aparato ortodóncico metálico fijo, que tiene como objetivo lograr una expansión ortopédica del maxilar. Este dispositivo consiste en un alambre con cuatro dobleces helicoidales, los cuales están soldados a bandas metálicas que se cementan a los molares superiores. Se recomienda su uso en pacientes que son respiradores bucales, y que tienen un subdesarrollo del área del piso nasal debido a una insuficiente expansión del maxilar en sentido transversal. [25]</p>	 <p>Fig. 6 Quad hélix [25]</p>
<p><b>Expansor de Nitanium</b></p>	<p>Este aparato distribuye la fuerza de manera uniforme, lenta y constante durante el proceso de expansión. Estos efectos contribuyen a mantener la integridad del tejido al reposicionar y remodelar el tejido óseo [26]</p>	 <p>Fig. 7 Expansor de Nitanium [27]</p>

Tabla 3. Aparatos para la expansión maxilar [Fuente propia]

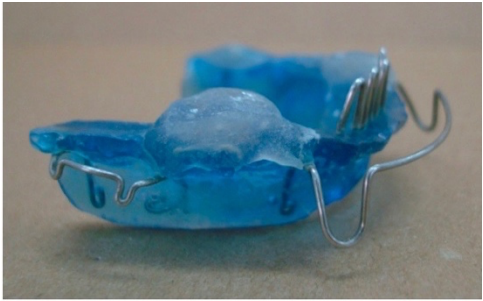

### 3.2. Maloclusiones verticales

Las alteraciones verticales como las mordidas abiertas o profundas se encuentran en pacientes con alteraciones sagitales de clase II y clase III, por lo que el diagnóstico y establecimiento de la etiología del problema puede facilitar el proceso de tratamiento.

El origen de las alteraciones verticales es multifactorial; por ejemplo, las anomalías dentoalveolares pueden afectar el patrón esquelético y estos patrones causan compensaciones dentoalveolares. [28]

- Mordida abierta: Entre los aparatos que se colocan para controlar o limitar el incremento de la dimensión vertical se encuentran:

<b>Mentonera vertical</b>	Se trata de un aparato ortopédico usado en pacientes clase II, III y clase I con mordida abierta. Su función radica en generar cambios en el patrón de crecimiento mandibular. Es necesario aplicar fuerzas ortopédicas intermitentes que oscilen entre 250 a 400 gr por lado. El uso debe ser durante un periodo de 12 y 14 horas. [29]	 <p>Fig. 8 Mentonera vertical [30]</p>
---------------------------	--	---

<p><b>Bloques posteriores de mordida</b></p>	<p>Estos son placas Hawley que incluyen planos de mordida posterior, los cuales pueden ser colocados tanto en el arco superior como en el inferior, según las necesidades específicas del paciente. Su efecto principal consiste en inhibir la erupción posterior y, en algunos casos, pueden lograr la intrusión de los dientes posteriores. [31]</p>	 <p>Fig. 9 Bloque posterior de mordida [27]</p>
<p><b>Rejilla</b></p>	<p>Se trata de una estructura metálica, que se coloca en el paladar, específicamente en la zona de las arrugas palatinas. Esta rejilla puede estar unida a bandas metálicas que se adhieren a los molares superiores o formar parte de una placa removible. Su propósito es evitar que la lengua se sitúe en una posición anterior a esta estructura, eliminando así la interferencia lingual en</p>	 <p>Fig. 10 Rejilla lingual [25]</p>

	situaciones de reposo y durante la deglución. [25]	
--	--	--

Tabla 4. Aparatología usada para el tratamiento de mordida abierta [Fuente propia]

- Mordida profunda: Un overbite profundo se produce debido a un crecimiento vertical deficiente en la zona posterior o a la supraerupción de incisivos. Aunque el overbite tiende a disminuir con la erupción de los molares, la fuerza muscular puede provocar que la mordida se profundice, contrarrestando el desarrollo normal del proceso alveolar. [32] Los aparatos para el tratamiento de la mordida profunda esta:


<b>Plano de mordida anterior</b>	Este aparato se utiliza comúnmente para eliminar interferencias mecánicas causadas por un overbite excesivo, facilitar la ubicación de anteroinferiores, eliminar interferencias para movimientos dentales y permitir la extrusión de dientes posteriores. [31]	 <p>Fig. 11 Plano de mordida [27]</p>
----------------------------------	---	--

Tabla 5. Aparatología usada en el tratamiento de mordidas profundas [Fuente propia]

### 3.3. Maloclusiones sagitales

- Clase II: La maloclusión puede manifestarse en aspectos dentales o esqueléticos. Las alteraciones esqueléticas pueden originarse por la




posición o al tamaño aumentado del maxilar, una mandíbula pequeña o posicionada hacia atrás, o una combinación de ambas condiciones.

En cuanto a la alteración dental, se distinguen dos tipos principales: clase II división 1, que se caracteriza por incisivos vestibularizados y un overjet aumentado; y clase II división 2, que presenta incisivos lingualizados y extruidos con un overjet mínimo. [27]

La elección del tratamiento depende de la etiología del problema y la edad del paciente, ya que esta última influye en la capacidad o no de modificar la estructura alterada. En casos de etiología maxilar, se recomienda iniciar el tratamiento entre los 8 y los 12 años, aprovechando el pico de crecimiento del hueso maxilar. Si la causa es mandibular, la intervención se busca durante el pico de crecimiento general, dado que este periodo resulta más eficaz para inducir un crecimiento de esa estructura. [27]

El tratamiento se hace a base de tracciones extraorales, las cuales se clasifican en:

<b>Tracción cervical</b>	El punto de apoyo se localiza en el cuello, induciendo un efecto de extrusión que se manifiesta mediante la distalización y lingualización de los molares. En respuesta a este estímulo, el maxilar experimenta una redirección y limitación del crecimiento. [27]	 <p>Fig. 12 Tracción cervical [27]</p>
--------------------------	--	--





<p><b>Tracción parietal</b></p>	<p>El punto de apoyo está ubicado en el cráneo; originando intrusión, vestibularización y distalización en los molares. En relación con el maxilar, provoca un efecto rotacional por encima de la corona del cráneo. [27]</p>	 <p>Fig. 13 Tracción parietal [27]</p>
<p><b>Tracción occipital</b></p>	<p>Constituye la combinación de las dos anteriores. [27]</p>	 <p>Fig. 14 Tracción occipital [27]</p>

Tabla 6. Tratamiento en ortodoncia interceptiva para Clase II [Fuente propia]

- Clase III: Esta maloclusión puede originarse por causas esqueléticas (como un maxilar hipoplásico, mandíbula prognática o una combinación de ambos), dentoalveolares (inclinaciones dentales inadecuadas y relaciones molares clase III) y funcionales (pseudo clase III). El enfoque del tratamiento variará según la etiología específica. En el caso de la clase III

por alteraciones funcionales y dentales, se pueden utilizar los siguientes aparatos para el tratamiento [27]:

<b>Plano inclinado</b>	Es un plano elaborado en acrílico, que se cementa en los incisivos inferiores y se construye en un ángulo de 45 grados con respecto al plano oclusal maxilar. La finalidad de este plano es establecer contacto desde lingual con el incisivo superior, con el propósito de aplicar una fuerza vestibular y redirigir su erupción. [27]
<b>Progenie</b>	Este aparato removible se compone de una placa acrílica superior, con un arco vestibular que desciende hacia la región bucal, ubicado en el tercio medio de los incisivos superiores. En la zona anterior del aparato se incorporan ganchos de entrega que permiten vestibularizar incisivos superiores o un tornillo anterior que protruya la premaxila. [27]

Tabla 7. Aparatología utilizada en el tratamiento de clase III por alteraciones funcionales o dentales [Fuente propia]

Mientras que en el tratamiento de la clase III esquelética se pueden utilizar la mentonera occipital, tracción cervical mandibular o la máscara facial. Este último es un aparato extraoral removible empleado en el tratamiento de hipoplasia maxilar, con el cual se logran efectos de adelantamiento del maxilar. [27]

Dentro de la Ortodoncia interceptiva existe la aparatología miofuncional, los cuales sirven para el tratamiento de las maloclusiones en las tres dimensiones del espacio. Estos aparatos se caracterizan por corregir, redirigir y estabilizar los componentes musculares como la lengua y

músculos periorales, así como la corrección de hábitos, además de vigilar en todo momento una correcta respiración nasal. Logrando de esta manera un balance que pueda transmitir la fuerza muscular a las estructuras esqueléticas y dentarias, produciendo un cambio en el equilibrio neuromuscular del sistema estomatognático con estabilizada a largo plazo.

[33]

## **4. PRINCIPIOS BIOMECÁNICOS EN ORTODONCIA INTERCEPTIVA**

El movimiento ortodóncico interceptivo se logra mediante la aplicación de fuerza en los dientes o en las bases óseas. Los dientes y sus estructuras de sostén responden a estas fuerzas con una reacción biológica compleja. Para obtener una respuesta biológica precisa, es esencial aplicar estímulos específicos. Dada la complejidad y la variabilidad inherentes a los sistemas biológicos, es crucial mantener una precisión clínica rigurosa al aplicar cualquier estímulo. La minimización o eliminación de los factores desconocidos relacionados con el tratamiento puede reducir la variabilidad de la respuesta al tratamiento. Por lo tanto, es fundamental comprender los principios mecánicos que rigen las fuerzas utilizadas para el control del tratamiento ortodóncico interceptivo. Por lo tanto, la aplicación correcta de los principios biomecánicos mejora la eficacia del tratamiento ya que mejora la planificación y la ejecución que se brinda. [8]

Existen centros importantes para el movimiento, ya sea dental o de las bases óseas, como son: centro de resistencia, de gravedad, de masa y de rotación.

### **4.1. Centro de resistencia**

El centro de resistencia es el punto a través del cual debe pasar una fuerza para mover un objeto de forma lineal (traslación pura). Este concepto es de gran importancia debido a que los dientes no se comportan como objetos libres; sus raíces están firmemente unidas al hueso alveolar a través el ligamento periodontal.

Es fundamental destacar que el centro de masa y el centro de resistencia no coinciden en ubicación. De hecho, el centro de resistencia se halla en una posición más apical que el centro de masa y puede concebirse como un punto matemático donde se concentra toda la resistencia contra el

desplazamiento. Por lo tanto, los cálculos relacionados con sistemas de fuerzas y su capacidad para trasladar o rotar se efectúan teniendo en cuenta la posición del centro de resistencia.

Es relevante destacar que el centro de resistencia varía en función de cada diente y depende del soporte periodontal presente, generalmente se encuentra aproximadamente en el punto medio del nivel de la raíz.

Cuando se analizan todas las fuerzas que actúan sobre un diente, es importante considerar factores como el ligamento periodontal, los vasos sanguíneos, el hueso y el tejido conectivo.

El concepto de centro de resistencia puede aplicarse a un solo diente, a un grupo de dientes, o a un conjunto consolidado como una unidad de anclaje. Al aplicar fuerzas a los dientes, es esencial evaluar sus efectos tridimensionales y los movimientos resultantes que se producirán cuando el diente se someta a este sistema de fuerza. [34]

- Centro de resistencia para un solo diente: El centro de resistencia para un diente se caracteriza por estar ubicado más apical que el centro de masa, debido a la influencia de la resistencia del ligamento periodontal y del hueso dentoalveolar. Esta resistencia es difícil de cuantificar de manera precisa para cada diente y cada paciente, por lo que el centro de resistencia es principalmente un concepto teórico, pero se utiliza como un valor promedio para diseñar sistemas de fuerza optimizados.

En situaciones en las que el soporte periodontal es constante, el centro de resistencia de diferentes dientes estará en diferentes alturas. Es importante destacar que el centro de resistencia también varía entre diferentes dientes debido a las diferencias en la longitud de sus raíces y su anatomía. Por ejemplo, el centro de resistencia de los incisivos es diferente al de los molares, al igual que entre premolares y caninos. Además, la posición varía según la altura del

hueso alveolar, lo que significa que sería diferente en un niño en comparación con un adulto con enfermedad periodontal, ya que el centro de resistencia se desplaza hacia una posición más apical en adultos con pérdida ósea. [34]

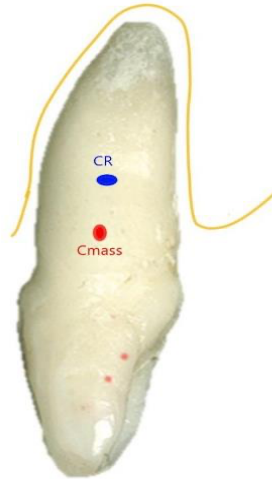


Fig. 15 Centro de resistencia de un diente uniradicular. [34]

- Centro de resistencia para un grupo de dientes: El centro de resistencia para un grupo de dientes cambia cuando estos se unan o se consolidan mediante un dispositivo de Ortodoncia. En este caso, se establece un nuevo centro de resistencia, y el grupo de dientes se trata como si fuera un solo objeto en términos de su respuesta a las fuerzas ortodónticas. La consolidación de los dientes en un grupo altera la forma en que se comportan bajo fuerzas de Ortodoncia, lo que facilita el control y la manipulación de su movimiento en conjunto. Esto es un concepto clave en el diseño de tratamientos ortodónticos para alinear dientes y corregir maloclusiones. [34]

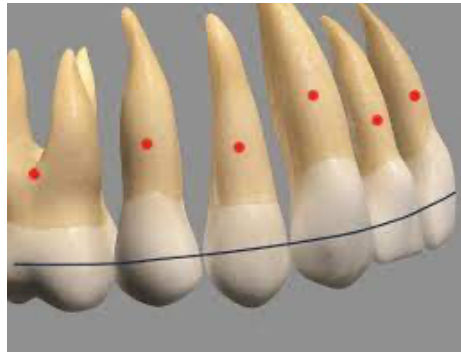


Fig. 16 Centro de resistencia de un grupo de dientes [34]

Keles propone que la dentición maxilar y el maxilar deben considerarse como entidades separadas, y como resultado, sus centros de resistencia no comparten la misma ubicación. Esto se debe a que el maxilar está conectado a otros huesos faciales a través de suturas, mientras que la dentición está unida al maxilar mediante tejidos periodontales. [35]

Miki en 1979 identifica el centro de resistencia del maxilar entre el primer y segundo premolar en una dirección antero-posterior y verticalmente, entre la órbita y el ápice radicular distal al primer molar. Hata y cols. en 1987 lo sitúan 5 mm por encima del piso nasal, mientras que Tanne en 1989 lo describe entre las raíces del primer y segundo premolar. En 1999 Braun y cols. lo describen entre los contactos distales del primer molar permanente maxilar, y, en términos verticales, se identifica como la mitad de la distancia desde el plano oclusal funcional hasta el borde inferior de la órbita. Desde el plano frontal, Braun informa dos centros de resistencia debido a la naturaleza bilateral del maxilar, con cada hueso maxilar contribuyendo con la mitad del arco dental y articulando en la línea media a través de la sutura palatina. Y, Kelles en 2002 localiza el centro de resistencia a nivel de la apófisis cigomática. [35]

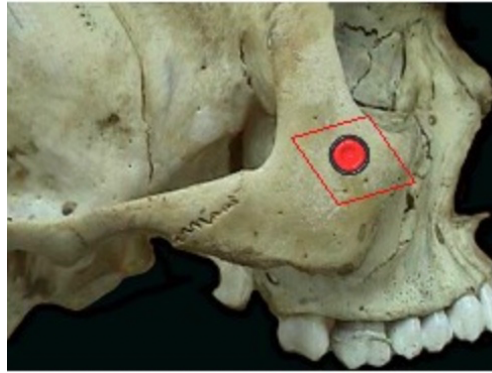


Fig. 17 Centro de resistencia del maxilar [35]

Durante un tratamiento ortodóncico interceptivo, especialmente cuando se busca alterar el crecimiento maxilar y mandibular resulta fundamental identificar el centro de resistencia de estas estructuras, ya que proporciona la orientación adecuada para aplicar la fuerza en la dirección correcta. [35]

#### **4.2. Centro de gravedad**

El punto teórico en el que un cuerpo se encuentra en equilibrio perfecto se conoce como “centro de gravedad”. Este centro de gravedad coincidirá con el centro geométrico del cuerpo sólo cuando se trata de un cuerpo homogéneo y de forma simple y simétrica. [9]

#### **4.3. Centro de masa**

El centro de masa es el punto de equilibrio de un sistema y representa el lugar donde esta está distribuida en un objeto y se encuentra en equilibrio. En objetos simples como un diente, el centro de masa es un punto donde la posición de la masa distribuida es igual a cero. Cuando ninguna fuerza actúa sobre un cuerpo, se puede considerar como si toda su masa estuviera concentrada en ese único punto.



Si una fuerza atraviesa el centro de masa de un objeto, este se moverá en la dirección de la fuerza sin ninguna rotación, lo que se conoce como traslación pura.

Por otro lado, si la línea de acción de un cuerpo libre se encuentra a una distancia del centro de resistencia, se espera que el objeto experimente una combinación de rotación y traslación en respuesta a la fuerza aplicada. [34]

#### 4.4. Centro de rotación

El centro de rotación es el punto alrededor del cual un objeto gira. Su ubicación varía según la posición del centro de resistencia y la fuerza aplicada al objeto. La rotación pura ocurre cuando el centro de rotación coincide con el centro de resistencia, lo que significa que el objeto gira sin experimentar traslación. Por otro lado, la traslación pura ocurre cuando el centro de rotación está a una distancia infinita del centro de resistencia, lo que resulta en un movimiento rectilíneo sin rotación.

Para encontrar el centro de rotación alrededor del cual ocurre la rotación del diente, se pueden seguir estos pasos: primero se debe elegir dos puntos arbitrarios en el diente y posteriormente dibujar una línea entre las posiciones antes y después de cada punto. El punto de intersección entre las líneas perpendiculares trazadas desde estos puntos es el centro de rotación. [34]

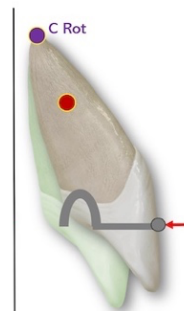


Fig. 18 Centro de rotación en la colocación de una placa activa [36]

#### **4.5. Movimiento dental**

Básicamente los dientes experimentan dos tipos de movimientos: los fisiológicos, que ocurren a lo largo de toda la vida y los inducidos, que sucede cuando se desplazan de sus posiciones naturales debido a la aplicación de fuerzas ortodóncicas en sus coronas. [37]

El movimiento dentario ortodóncico es un proceso complejo en el que intervienen diversos factores como los mecánicos, piezoeléctricos, celulares, inflamatorios, neurológicos, inmunológicos, entre otros, los cuales interactúan para transformar la fuerza aplicada a un diente en una respuesta capaz de desencadenar el movimiento. Aunque no se comprende completamente, se han propuesto varias teorías al respecto.

La teoría de la bioelectricidad vincula el movimiento dental con cambios en el control del metabolismo óseo, que se producen debido a las señales eléctricas generadas cuando el hueso alveolar se flexiona y dobla. Por otro lado, la teoría de tensión-presión asocia el movimiento dental a los cambios celulares que resultan de señales químicas, generadas a través del flujo sanguíneo procedente del ligamento periodontal, ya que, este flujo puede ser alterado por la presión y tensión que actúan en el ligamento. [38]

Actualmente se considera que el movimiento dental resulta de la interacción de dos procesos estrechamente relacionados: la deformación del hueso alveolar y la remodelación de los tejidos de soporte del diente. La remodelación ósea es un proceso adaptativo que está mediado por cambios en el tamaño del hueso. El hueso es un tejido que está adaptándose constantemente a las demandas metabólicas y estructurales. Dado que es un tejido mineralizado, todos los cambios óseos se producen a lo largo de las superficies periósticas vascularizadas. Es decir, la remodelación implica cambios en la forma, tamaño y posición de los huesos en respuesta a cargas mecánicas. Por otro lado, el remodelado

está relacionado con la maduración del hueso, el metabolismo de los minerales y el mantenimiento del esqueleto.

El término “remodelación” se utiliza para describir todos los cambios que ocurren en el hueso, mientras que la “modelación” ósea se refiere a la adaptación fisiológica como respuesta a estímulos mecánicos. El movimiento dental producido por la aplicación de fuerzas ortodóncicas se caracteriza por cambios en el diente y sus tejidos adyacentes, incluyendo la pulpa dental, el ligamento periodontal, el hueso alveolar y la encía, cuando estos tejidos se ven expuestos a dichas fuerzas. [38]

El movimiento dental generado por las fuerzas ortodóncicas difiere significativamente del movimiento dental fisiológico. La característica más importante de este movimiento es la creación de áreas de presión y tensión en el ligamento periodontal, mientras que el movimiento dental fisiológico es un proceso lento que ocurre principalmente a causa del crecimiento de cada individuo. Por otro lado, el movimiento dental ortodóncico puede ser rápido o lento, dependiendo de factores como la magnitud y la dirección de las fuerzas aplicadas, así como de la respuesta biológica del ligamento periodontal.

La aplicación de una fuerza en la corona del diente desencadena un movimiento dental que ocurre dentro de la apófisis alveolar, el cual comienza por el estrechamiento de la membrana periodontal. Después de un periodo de tiempo generalmente entre 30 a 40 horas de aplicada la fuerza, los osteoclastos comienzan a diferenciarse y se distribuyen en toda la pared del hueso alveolar. Todas las alteraciones permanentes dependen de la actividad celular. En condiciones favorables, las células aumentan en número y se diferencia en osteoclastos y fibroblastos. El ancho de la membrana aumenta debido a la remoción de hueso por parte de los osteoclastos y también se producen cambios en la orientación de las fibras en la membrana periodontal. Durante la etapa crucial de la aplicación inicial de la fuerza, si ésta es excesiva existe compresión en áreas específicas de

la membrana, lo que restringe el flujo sanguíneo y la diferenciación celular, esto conduce a la degradación de células y estructuras vasculares, a lo que se le denomina hialinización. [38]

La hialinización representa una zona necrótica estéril. Cuando las fuerzas ortodóncicas se mantienen durante un intervalo óptimo de tiempo, el ligamento periodontal se ensancha significativamente y los osteoclastos comienzan a actuar en la superficie ósea. A medida que se mantiene esta fuerza produce una reabsorción ósea directa. El tejido fibroso de inserción del diente se reorganiza mediante la producción de nuevas fibrillas periodontales, las cuales se adhieren a la superficie radicular y a partes de la pared del hueso alveolar donde no se produce reabsorción directa, mediante el depósito de tejido nuevo donde las fibrillas quedan incluidas. [38]

#### **4.5.1. Movimiento de inclinación**

Este tipo de movimiento es el que puede llevar a cabo de manera ideal utilizando aparatología removible, ya que la inclinación es el movimiento en el cual la corona se desplaza más que la raíz. El centro de resistencia del movimiento se encuentra apical en relación con el centro de resistencia. [7, 39]

La inclinación puede ser clasificada, según la ubicación del centro de rotación, dividiéndose en inclinación incontrolada y controlada. La primera es la que tiene el centro de rotación entre el centro de resistencia y el ápice, mientras que la inclinación controlada se produce cuando el centro de rotación se encuentra en el ápice radicular del diente. [7]

Este tipo de movimiento tiende a concentrar la presión en áreas específicas del ligamento periodontal. [4]

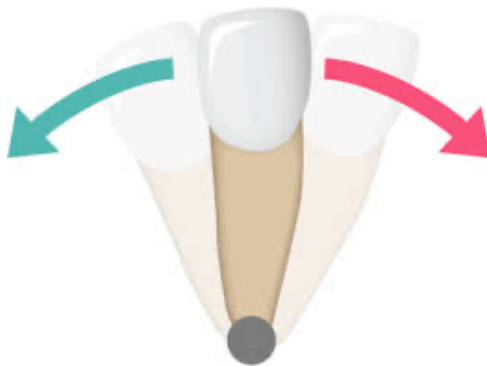


Fig. 19 Inclínación controlada [40]

#### 4.5.2. Movimiento de torque

Es el desplazamiento vestibulolingual de las raíces dentales generado por la aplicación de un momento de fuerza. Puede ser positivo, la corona se desplaza a vestibular y la raíz a lingual o negativo, en este la corona se desplaza a lingual y la raíz a vestibular. [41]

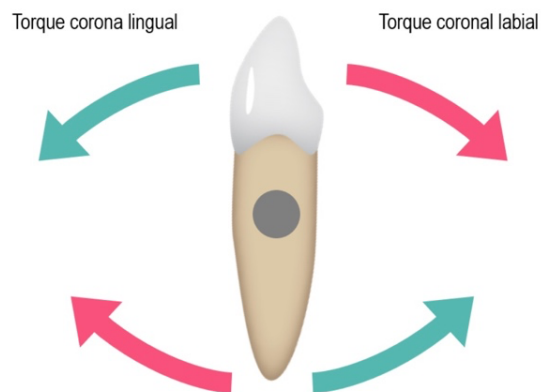


Fig. 20 Torque [40]

#### 4.5.3. Movimiento de traslación

El movimiento de traslación del diente también se conoce como “movimiento en masa”. La traslación de un diente ocurre cuando el

ápice radicular y la corona se desplazan a la misma distancia y en la misma dirección horizontal. El centro de rotación se encuentra en el infinito. [7]

Tanto el desplazamiento en bloque de los dientes como la rotación radicular son extremadamente difíciles de conseguir mediante el uso de aparatos removibles. [39]

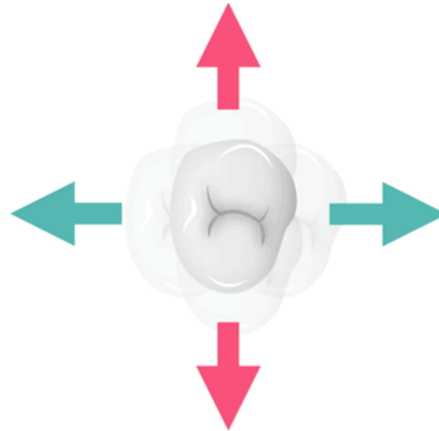


Fig. 21 Movimiento de traslación [42]

#### 4.5.4. Movimiento de rotación

El movimiento de rotación pura ocurre cuando un cuerpo gira alrededor del centro de resistencia, es decir cuando el centro de rotación está en el centro de resistencia. [7]

Este movimiento presenta bastante dificultad con la aparatología removible y se utiliza únicamente para rotaciones sencillas de incisivos cuya corona es ancha, lo que permitirá establecer un par de fuerzas (cupla) que produzcan el movimiento. [39]

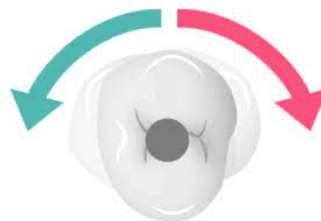


Fig. 22 Movimiento de rotación [42]

#### **4.5.5. Movimiento de intrusión**

La intrusión es un tipo de movimiento dental en el que el diente es desplazado verticalmente hacia su base ósea. Para lograr este movimiento, es necesario un control minucioso en la magnitud de la fuerza, ya que la presión se concentra en una pequeña zona del ápice dentario por lo que la fuerza debe ser ligera. Un movimiento intrusivo, puede dar lugar a la formación de nuevas espículas de hueso en la región marginal. Durante este movimiento, se ejerce una compresión significativa del ligamento periodontal y el haz vasculonervioso que se origina desde la pulpa. [8]

Para lograr un movimiento de intrusión pura, es esencial que la línea de acción de la fuerza pase directamente a través del centro de resistencia. Sin embargo, en la práctica, es común que los movimientos que se producen sean de traslación o inclinación, lo que hace que la intrusión sea uno de los movimientos más complicados de realizar por el ortodoncista. [43]

Este desafío se debe a la dificultad de aplicar una fuerza de manera precisa en la dirección vertical para lograr la intrusión pura, ya que muchos factores, como la anatomía dental y las fuerzas musculares, pueden influir en el resultado. Por lo tanto, se requiere una cuidadosa planificación y control en el proceso de intrusión en Ortodoncia.

Ciertamente, la intrusión dental puede ser una herramienta valiosa en el tratamiento en Ortodoncia, y se utiliza en casos específicos para lograr resultados estéticos notables, particularmente en la nivelación de los márgenes gingivales y en situaciones como las sonrisas gingivales o la mordida abierta anterior. [43]

Es relativamente sencillo llevar a cabo este tipo de desplazamiento utilizando aparatos removibles, como resortes, elásticos o una férula acrílica. [39]

Es importante tener en cuenta que la intrusión dental puede tener efectos secundarios, como lo pueden ser la proinclinación de los incisivos y la inclinación distal del segmento posterior. Estos efectos secundarios resaltan la importancia de una planificación cuidadosa en el tratamiento de intrusión dental y la necesidad de considerar tanto los beneficios como los posibles compromisos estéticos y funcionales. [8]



Fig. 23 Movimiento de intrusión [42]

#### **4.5.6. Movimiento continuo y movimiento intermitente**

El movimiento continuo utilizado en Ortodoncia es de tipo interrumpido, lo que significa, que implica el desplazamiento dentario efectuado por una fuerza que mueve el diente hasta que el elemento mecánico que genera la fuerza se inactiva y se reinicia cuando se vuelve a activar. Este tipo de movimiento se produce durante la terapéutica con aparatología fija y se logra cuando la fuerza se mantiene durante más de seis horas, se consigue un movimiento dentario eficaz.

El movimiento intermitente producido con la aparatología removible es de tipo funcional. En este caso, la fuerza aplicada genera pequeños impulsos de corta duración, en intervalos de 12 a 6 horas, con una serie de pausas entre cada impulso. Cuando el paciente se retira el aparato, la magnitud de la fuerza se reduce a cero, las fibras periodontales



mantienen una disposición funcional y la red vascular se mantiene intacta. [44]

#### **4.5.7. Sistema de cupla**

Para corregir las giroversiones, se requiere el uso de un sistema de fuerzas llamado sistema de cupla, el cual se manifiesta cuando dos fuerzas paralelas de igual magnitud y en direcciones opuestas actúan a la misma distancia del centro de resistencia con respecto a la dimensión en la que se está buscando girar el diente. Éste efecto se emplea para enderezar tanto los dientes anteriores como los posteriores. [40]

#### **4.6. Fuerza**

Para corregir las giroversiones, se requiere el uso de un sistema de fuerzas llamado sistema de cupla, el cual se manifiesta cuando dos fuerzas paralelas de igual magnitud y en direcciones opuestas actúan a la misma distancia del centro de resistencia con respecto a la dimensión en la que se está buscando girar el diente. Este efecto se emplea para enderezar tanto los dientes anteriores como los posteriores. [40]

Se conoce como fuerza a la acción de un cuerpo (alambre, resorte, etc.) sobre otro cuerpo (diente o hueso), que tiene el potencial de cambiar la forma o movimiento del segundo cuerpo. La fuerza se caracteriza por ser un vector, lo que significa que tienen tanto magnitud como dirección y sentido. Además, cada fuerza tiene una línea de acción, que es la línea a lo largo de la cual actúa la fuerza, y un punto de origen, que es el punto desde el cual se origina la fuerza. [4]

Ricketts menciona que la fuerza óptima para el movimiento dental es de 100 gr/cm<sup>2</sup>. [45]



Fig. 24 Representación gráfica de la fuerza [45]

En Ortodoncia se puede llegar a trabajar con dos o más elementos, para lo que se puede utilizar la ley de los paralelogramos, la cual nos determina la resultante de dos fuerzas aplicadas en un mismo punto. [45]

Las fuerzas que se emplean en Ortodoncia interceptiva pueden ser dentales o esqueléticas. En el caso de las fuerzas dentales, es necesario que sean continuas y de baja intensidad, oscilando entre 150 a 200gr. Por otro lado, las fuerzas ortopédicas deben ser intermitentes y de mayor intensidad, variando entre 400 a 500 gr. [46]

#### **4.6.1. Fuerza intermitente**

Se refiere a la fuerza que se intercala entre periodos de aplicación y reposo, y se ejerce mediante el uso de arcos extraorales o dispositivos intraorales elásticos. [8]

#### **4.6.2. Fuerza continua**

Hablamos de la acción de una aplicación repetitiva de la dentición que no disminuye significativamente en intensidad a lo largo del periodo de movimiento. Se trata de una fuerza suave pero sostenida que se ejerce durante un largo periodo de tiempo, lo

que impide que los tejidos descansen y se reorganicen. Es la fuerza más comúnmente utilizada en Ortodoncia. [8]

#### **4.6.3. Fuerza continua interrumpida**

Esta fuerza adquiere relevancia después de activar el dispositivo y disminuye rápidamente en intensidad en un plazo de 1-2 semanas. Durante este periodo, el diente experimenta un periodo de reposo que facilita la calcificación y la reorganización del nuevo tejido formado. [8]

#### **4.6.4. Fuerza funcional**

Se refiere a la fuerza generada por los músculos propios del paciente, y es constante pero difícil de regular y controlar. [8]

#### **4.6.5. Fuerzas óptimas para la movilización dentaria**

<b>Movimiento</b>	<b>Fuerza (gr)</b>
Inclinación	35-60
Traslación	70-120
Rotación	35-60
Extrusión	35-60
Intrusión	10-20

Tabla 8. Fuerzas óptimas dependiendo del movimiento ortodóncico [8]

#### **4.7. Dobleces de primer, segundo y tercer orden**

- Dobleces de primer orden

El propósito de esos dobleces compensatorios es facilitar los movimientos vestibulo linguales de los dientes, se pueden realizar tanto en Ortodoncia interceptiva como en Ortodoncia correctiva. Estos

dobleces se ejecutan en una orientación interna-externa y se llevan a cabo en el plano horizontal. Entre ellos se incluyen los dobleces de bayoneta de molar, in-set, off-set, toe-in, toe-out y dobleces de compensación canina. [45]



Fig. 25 Arco lingual. [47]

- Dobleces de segundo orden

Estos dobleces son elaborados en el plano vertical. Los más utilizados son:

- Loops: Estos sirven para aumentar la elasticidad del alambre. Se encuentran con componente horizontal o vertical.
- Tip back: Estos dobleces se utilizan para mesializar los ápices de los molares y premolares, y mover las coronas hacia distal. [45]
- Dobleces artísticos: Con estos dobleces se pueden mover los ápices de los dientes en sentido mesiodistal. [45]

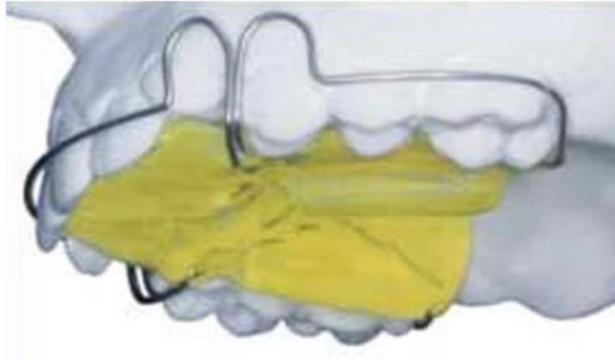


Fig 26. Pistas planas [11]

- Dobleces de tercer orden  
Estos dobleces se encargan del desplazamiento de las raíces en dirección vestibular o lingual (torque).
  - Torque positivo. Se inclinan las raíces hacia palatino o lingual. [45]
  - Torque negativo: Las raíces se inclinan hacia vestibular. [45]

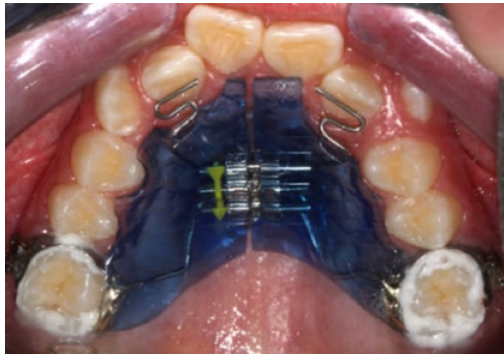


Fig. 27 Aparato Hass con resortes en Z [48]

## **5. REACCIONES TISULARES ANTE LAS FUERZAS ORTODONCICAS**

El tratamiento ortodónico interceptivo implica el uso y control de fuerzas que inducen cambios en los tejidos. Estos tejidos experimentan notables alteraciones tanto a nivel microscópico como macroscópico cuando se enfrentan a diferentes niveles de intensidad, frecuencia y duración de fuerzas. En la respuesta de los tejidos al estímulo ortodónico, varios tejidos experimentan cambios simultáneos, involucrando diversas reacciones celulares y la participación de múltiples factores que pueden influir en el éxito y las expectativas del tratamiento. La mecánica inherente al tratamiento, es decir, la intensidad y dirección de las fuerzas aplicadas, requiere una evaluación y gestión cuidadosas por parte del odontólogo. [49]

### **5.1. Efectos de los tipos de movimiento dental**

La reacción del ligamento periodontal no se basa únicamente en la magnitud fuerza aplicada, sino en la presión o fuerza ejercida por unidad de superficie. Debido a que la manera en que las fuerzas se distribuyen en el ligamento periodontal varía según los diferentes tipos de movimiento dental, la cantidad de fuerza no es la única consideración importante para determinar los niveles ideales de fuerza en el tratamiento ortodónico. [8]

- **Inclinación:** La generación de movimientos de inclinación se logra al ejercer una fuerza única contra la corona dental. Al hacerlo, el diente bascula alrededor de su "centro de resistencia", que se encuentra aproximadamente a mitad de camino hacia la raíz. Durante este proceso, el ligamento periodontal experimenta compresión cerca del ápice radicular, en el mismo lado que la fuerza aplicada, mientras que el borde del hueso alveolar se comprime en el lado opuesto al

de la fuerza. La presión máxima afecta al ligamento periodontal en el reborde alveolar y en el ápice de la raíz. A medida que se acerca al centro de resistencia, la presión disminuye gradualmente, alcanzando un mínimo en dicho punto. [8]

Este tipo de movimiento generalmente conduce a la formación de una zona hialinizada, que es una zona de tejido cartilaginoso, justo debajo de la cresta alveolar. Esto es especialmente notable cuando el diente tiene una raíz corta o subdesarrollada. Si la raíz del diente está completamente desarrollada, la zona hialinizada se encuentra a poca distancia de la cresta alveolar. La inclinación de un diente mediante la aplicación de fuerzas ligeras y continuas logra un desplazamiento mayor en menos tiempo en comparación con otros métodos. En la mayoría de los pacientes ortodóncicos jóvenes, el movimiento de inclinación moderado puede resultar en una reabsorción ósea acompañada de una formación ósea de compensación. El grado de compensación varía de un caso a otro y depende principalmente de la presencia de osteoblastos que son células encargadas de formar hueso en el periostio. Además, la deposición de hueso perióstico compensatorio en la región apical también varía y esto depende de la presencia o ausencia de osteoblastos en esa área específica. [4]

- Torque: El movimiento de torque de un diente implica la inclinación del ápice dental. Durante la etapa inicial del movimiento de torque, la zona de presión suele estar ubicada cerca de la región media del diente. Esto se debe a que el ligamento generalmente es más ancho en el tercio apical que en el tercio medio del diente. A medida que se produce la reabsorción de las áreas óseas correspondientes al tercio medio, la superficie apical de la raíz comienza a comprimirse gradualmente junto a las fibras periodontales, lo que da lugar a una

zona de presión más extensa. Sin embargo, si se aplica un mayor torque en el arco, la fuerza aumentará y puede provocar la reabsorción ósea y la formación de una fenestración en la placa ósea bucal. [4]

- Rotación: La rotación de un diente resulta en la creación de dos zonas de presión y dos zonas de tensión, lo que puede llevar a diferentes respuestas tisulares observadas en los lados de presión. La hialinización y la reabsorción ósea ocurren en una de las zonas de presión, mientras que la reabsorción ósea directa se produce en la otra. Estas variaciones en la respuesta tisular se deben principalmente a la anatomía del diente y la magnitud de la fuerza aplicada. Al igual que ocurre en otros tipos de movimientos dentales, es beneficioso aplicar una fuerza leve durante la etapa inicial. En el lado de tensión, se forman nuevas espículas de hueso a lo largo de las fibras estiradas que están dispuestas de manera más o menos oblicua. En la región marginal, la rotación generalmente provoca un desplazamiento significativo de las estructuras fibrosas. Los grupos de fibras gingivales libres se disponen en una dirección oblicua desde la superficie radicular. Debido a que estas fibras se entrelazan con las estructuras periósticas y con todo el sistema fibroso que se encuentra por encima del hueso alveolar, la rotación también causa un desplazamiento del tejido fibroso ubicado a cierta distancia del diente que se está rotando. [4]
- Extrusión: Este movimiento no genera áreas de compresión en el ligamento periodontal, sino que solo crea tensión en este. Aún si se pudiera evitar la compresión en las áreas del ligamento periodontal, fuerzas de gran magnitud podrían amenazar la extracción del diente.



Sin embargo, las fuerzas ligeras permiten que el hueso alveolar se desplace junto con el diente.

En la respuesta a la extrusión, los haces de fibras periodontales se elongan y nuevo hueso se deposita en las zonas de la cresta alveolar debido a la tensión ejercida por estos haces de fibras estirados. En los pacientes jóvenes, la extrusión de un diente implica un estiramiento más prolongado y el desplazamiento de los haces de fibras supralveolares que de las fibras principales de los tercios medio y apical. Algunas de estas fibras pueden estirarse durante un tiempo mientras se produce el movimiento dental, pero tienden a volver a su posición original después de un período de retención relativamente corto. Solo los haces de fibras ubicados supra alveolarmente se mantienen estirados por más tiempo. [4]

- Intrusión: A diferencia de los dientes extruidos, después del tratamiento los dientes intruidos de los pacientes jóvenes experimentan cambios de posición mínimos. La recidiva de este movimiento es poco común, en parte porque las fibras gingivales libres se relajan ligeramente. El estiramiento se enfoca principalmente en las fibras principales, lo que puede resultar en la formación de nuevas espículas óseas en la región marginal debido a la intrusión. En ocasiones, estas nuevas capas óseas pueden curvarse ligeramente debido a la tensión ejercida por las fibras estiradas. Esta tensión también afecta al tercio medio de las raíces. La reorganización de las fibras principales ocurre después un periodo de retención que suele durar varios meses. [4]

La intrusión requiere un control minucioso de la intensidad de la fuerza aplicada. Es esencial utilizar una fuerza ligera, ya que se enfoca en una pequeña área del ápice del diente. Se ha demostrado que una fuerza ligera constante, como la que se utiliza en la técnica

de arco ligero, es beneficiosa para la intrusión en los pacientes jóvenes. En otros casos, si el hueso alveolar está cerca del ápice, existe un mayor riesgo de reabsorción radicular apical. Si el hueso de la región apical es compacto, como suele ocurrir en algunos adultos, es preferible aplicar una fuerza ligera de manera intermitente para permitir que comience la proliferación celular, y la reabsorción ósea directa puede prevalecer cuando se reactiva el arco después de un periodo de reposo. La intrusión también puede ocasionar cambios en el tejido pulpar, como la vascularización de odontoblastos y edema pulpar. [4]

## **5.2. Principios de la modificación del crecimiento**

La aplicación de fuerzas ortodóncicas en los dientes puede extender sus efectos más allá, afectando regiones óseas distantes. En la actualidad, se puede ejercer fuerza en implantes o tornillos en los maxilares para influir sobre su desarrollo. Si la movilización ortodóncica de los dientes puede corregir las maloclusiones dentales, la posibilidad de cambiar el patrón de crecimiento maxilar, también podría corregir las maloclusiones esqueléticas.

El crecimiento del maxilar se produce mediante la aposición de nuevo tejido óseo en las suturas posteriores y superiores, como resultado de la presión ejercida por el crecimiento anterior de la base craneal y la presión anteroinferior de los tejidos blandos circundantes. La formación de nuevo tejido óseo parece estar estimulada por la tensión en las suturas cuando el maxilar se desplaza con respecto a sus estructuras de sujeción. De manera similar, la mandíbula experimenta presión anteroinferior de los tejidos blandos circundantes, lo que lleva al crecimiento hacia arriba y hacia atrás del proceso condilar para mantener la articulación temporomandibular. En este contexto, tiene sentido que las fuerzas que se

oponen al movimiento anteroinferior en ambos maxilares limiten su crecimiento, mientras que aquellas que se suman a las fuerzas que les impulsan hacia delante y hacia abajo tiendan a incrementarlo. [8]

### 5.3. Respuesta periodontal al movimiento ortodónico

A medida que la presión sostenida aumenta en intensidad, se produce una mayor reducción en el flujo sanguíneo a través de las áreas comprimidas del ligamento periodontal, llegando al punto en el que los vasos sanguíneos se colapsan por completo y dejan de transportar sangre. Cuando mayor es la fuerza aplicada a un diente, menor es la perfusión del ligamento periodontal en el lado sometido a compresión.

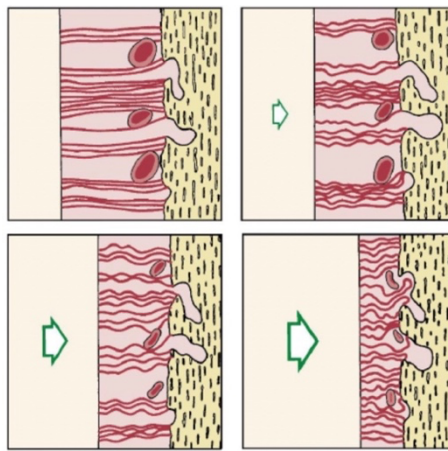


Fig. 28 Representación de la compresión del LPD [8]

Cuando se aplica una fuerza leve pero prolongada a un diente, el flujo sanguíneo a través del ligamento periodontal parcialmente comprimido disminuye casi de inmediato, a medida que los líquidos abandonan el espacio del ligamento periodontal y el diente se desplaza en su alvéolo, lo que ocurre en cuestión de segundos. Si un dispositivo de Ortodoncia removible se usa durante menos de 4-6 horas al día, no producirá efectos ortodónicos significativos. Sin embargo, cuando se supera ese umbral de uso, se logra la movilización dental deseada. [8]

Para que un diente se desplace, es necesario que se generen células llamadas osteoclastos que puedan eliminar tejido óseo de la zona cercana al ligamento periodontal comprimido. También se necesita la presencia de osteoblastos para crear nuevo tejido óseo en la parte sometida a tensión y

para remodelar las áreas reabsorbidas en la parte bajo presión. Las prostaglandinas tienen la propiedad de estimular tanto la actividad osteoclástica como osteoblástica, lo que las convierte en mediadores adecuados del movimiento dental. La formación de osteoclastos debido al estímulo de la deformación mecánica del ligamento periodontal suele ser de respuesta lenta por lo que pueden transcurrir hasta 48 horas antes de que aparezcan los primeros osteoclastos en el ligamento periodontal comprimido y sus alrededores. Estudios de la cinética celular indican que llegan en dos oleadas, lo que quiere sugiere que algunos de ellos (la primera oleada) pueden provenir de células locales, mientras que otros (la segunda oleada, de mayor magnitud) provienen de áreas distantes y llegan a través del flujo sanguíneo. Estas células atacan la lámina dura adyacente, eliminando hueso a través del proceso de "reabsorción frontal", lo que inicia el movimiento dental poco después. Simultáneamente, aunque con cierto retraso, el espacio del ligamento periodontal se ensancha, los osteoblastos (originados localmente a partir de células progenitoras del ligamento periodontal) forman tejido óseo en la parte bajo tensión y comienzan la actividad de remodelación en la parte bajo presión.

El desarrollo de los eventos es distinto cuando la fuerza sostenida que actúa sobre el diente es lo suficientemente fuerte como para obstruir por completo los vasos sanguíneos y cortar el suministro de sangre a una parte del ligamento periodontal. En lugar de estimular las células en la zona comprimida del ligamento periodontal para que se conviertan en osteoclastos, se produce una necrosis aséptica en la zona comprimida. [8] En Ortodoncia clínica es difícil evitar las presiones que algunas áreas avasculares ejercen en el ligamento periodontal, y se ha sugerido la posibilidad de mantener la vitalidad tisular liberando intermitentemente la presión soportada por un diente, durante el tiempo necesario para inducir una respuesta biológica. Esto parece ser el mecanismo a través del cual la masticación después de la aplicación de una fuerza ortodóncica alivia el

dolor: la fuerza de masticación desplaza brevemente el diente y permite que fluya sangre a las zonas comprimidas, reduciendo así el tamaño de las áreas necróticas en el ligamento periodontal.

Evitar las áreas de necrosis en el ligamento periodontal, no solo mejora el movimiento dental, sino que también reduce el dolor. Incluso con fuerzas leves pueden aparecer pequeñas áreas avasculares en el ligamento periodontal y retrasar el movimiento dental. [8]

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

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

Tabla 9. Respuesta fisiológica a las fuerzas ortodóncicas aplicadas a lo largo de un periodo de tiempo. [8]

#### 5.4. Respuesta ósea al movimiento ortodóncico

##### 5.4.1. Efectos de las fuerzas ortodóncicas sobre el hueso alveolar

Los dientes están rodeados por los alvéolos, constituyen el soporte óseo para ellos. El desplazamiento dental se logrará a través de la interacción entre la formación y resorción ósea, provocada por fuerzas ortodóncicas. No obstante, diversos factores como las características estructurales del hueso alveolar y las fibras periodontales, la forma y morfología de los dientes así como aspectos mecánicos, como la intensidad, dirección y duración de la fuerza, pueden influir en la respuesta biológica. [50]

En adultos, la densidad del hueso alveolar varía según la zona peridentaria y la ubicación intramaxilar. Estudios histológicos realizados por Reitan en 1964, revelan la presencia de espacios medulares extensos en la región apical del lado lingual de los dientes. En las regiones marginal y media, las paredes óseas tienden a ser más densas, con pocos espacios medulares; es en esta zona donde se producen los cambios óseos al iniciar el movimiento dentario. La resorción ósea tiende a ser más sencilla en casos de menor densidad ósea y mayor cantidad de espacios medulares. [51]

El hueso alveolar en individuos jóvenes generalmente muestra amplios espacios medulares, fisuras abiertas y canales, lo cual facilita la generación de células resorptivas durante el desplazamiento dental y aumenta el potencial de remodelación. Sin embargo, incluso en esta población pueden observarse variaciones individuales, como lo han demostrado los estudios experimentales realizados por Reitan en 1964. En dicho estudio, un pequeño grupo exhibió una mayor densidad ósea y una menor cantidad de espacios medulares, lo que resultó en una ralentización del movimiento ortodóncico de los dientes. [51]

#### **5.4.2. Efectos de las fuerzas ortodóncicas sobre el maxilar**

- Restricción del crecimiento del maxilar

Los puntos críticos para el crecimiento del maxilar, son aquellos que podrían influir en su desarrollo, incluyen las suturas que conectan el maxilar con el cigoma, las placas pterigoideas y la región frontonasal, así como la sutura que divide el paladar por la mitad. Aunque estas suturas comparten similitudes con el ligamento periodontal, carecen de la misma complejidad estructural y densidad del colágeno. Para contrarrestar un crecimiento maxilar excesivo, el tratamiento debe aplicar fuerzas opuestas a las fuerzas naturales que separan las

suturas, limitando la separación que pueda producirse. En el caso de un crecimiento insuficiente, se requiere aplicar una fuerza adicional a las fuerzas naturales, para aumentar la separación y estimular el crecimiento. Medir la compresión o la tensión que sufren las suturas resulta difícil, y no existe un método teórico preciso para alterar el crecimiento. La experiencia clínica sugiere que fuerzas moderadas en los dientes superiores puede frenar el crecimiento anterior del maxilar, pero se necesitan fuerzas más intensas para separar las suturas y estimular el crecimiento. Cuando se aplica fuerza a los dientes, las suturas solo experimentan una fracción de la presión que actúa sobre el ligamento periodontal, debido a su mayor superficie. Por lo tanto, incluso las fuerzas moderadas recomendadas para restringir el crecimiento anterior del maxilar tienden a ser más intensas que las utilizadas únicamente para el movimiento dental. Por ejemplo, una fuerza de 250 g por lado (500 g en total) se considera probablemente el mínimo para prevenir el desplazamiento anterior del maxilar, y a menudo se aplica esta fuerza o una mayor solo en los primeros molares mediante de un arco facial.

Durante el tratamiento de modificación del crecimiento, no se busca el desplazamiento dental, ya que el objetivo es corregir la discrepancia maxilar, no simplemente ocultarla mediante el movimiento de los dientes. Las fuerzas intensas e intermitentes presentan menos riesgos de causar lesiones y además, es probable que generen menos movimiento dental. Esto puede deberse al hecho de que el estímulo para la reabsorción basal se disipa durante los períodos en los que se retira la fuerza intensa. Se puede concluir lógicamente que, para minimizar los daños dentales es preferible evitar la aplicación constante de fuerzas intensas en el maxilar. Dado que el desplazamiento de los dientes es un efecto indeseable, sería



beneficioso que la aplicación intermitente de fuerzas intensas tenga un mayor impacto esquelético que dental. [8]

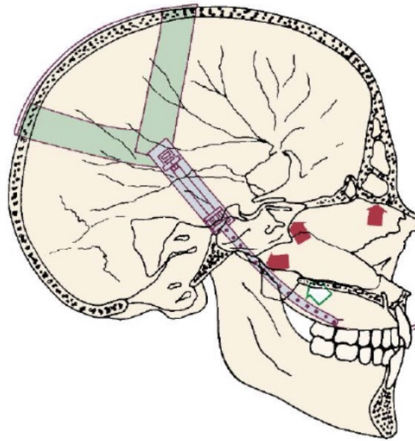


Fig. 29 Aplicación de fuerzas extraorales irradiadas a las suturas del maxilar para alterar el crecimiento del maxilar [8]

- Aumento del crecimiento maxilar

Aunque el uso de una mascarilla facial ocasiona cambios pequeños, la tensión en las suturas para estimular el crecimiento anterior del maxilar no ha demostrado resultados clínicos tan positivos como la restricción del crecimiento. Las dificultades para fomentar el crecimiento anterior en todo el maxilar probablemente se deben a la incapacidad de generar una fuerza suficiente que separe las suturas posteriores y superiores en niños mayores. Otra parte del problema está relacionada en el grado de interdigitación de las espículas óseas a lo largo de las líneas de sutura. A medida en que las suturas se van entrelazan más con la edad, se vuelve más complicado separarlas. Aunque en un adolescente es factible aplicar suficiente fuerza a través del paladar con un tornillo de expansión para abrir una sutura mesopalatina moderadamente interdigitada, la fuerza extraoral producida por una máscara facial no puede ejercer tanta presión sobre el extenso sistema

de suturas ubicado encima y debajo del maxilar, especialmente una vez que se ha alcanzado un grado moderado de interdigitación.

Evitar el desplazamiento dental es crucial al intentar modificar el crecimiento, siendo particularmente problemático al tratar desplazar el maxilar hacia delante. Una solución a este inconveniente podría ser aplicar la fuerza a un punto de anclaje óseo en el maxilar. También se podría considerar el uso de elásticos clase III conectados a placas óseas en los maxilares. El anclaje esquelético elimina completamente el movimiento dental indeseado, aunque es importante destacar que esto no implica la ausencia de restricciones en la magnitud de los cambios esqueléticos posibles. La experiencia clínica hasta ahora sugiere que, sin intervención quirúrgica, es poco probable que se produzca un desplazamiento anterior del maxilar superior a 4-5 mm. [8]

#### **5.4.3. Efectos de las fuerzas ortodóncicas sobre la mandíbula**

- Restricción del crecimiento mandibular

Los intentos de limitar el desarrollo mandibular mediante la aplicación de una fuerza compresiva en el cóndilo mandibular nunca han arrojado resultados particularmente satisfactorios. Las investigaciones indican que las fuerzas restrictivas pueden detener el crecimiento mandibular y causar una remodelación de la fosa temporal. La movilización dental no supone un problema significativo, ya que las fuerzas se centran sobre el mentón y no en los dientes inferiores. Las dificultades para emplear este enfoque en niños pueden surgir debido a su disposición de cooperar, considerando la duración y la magnitud de las fuerzas requeridas.

El efecto de la anquilosis funcional en los niños tiene como consecuencia la inhibición del crecimiento cuando se interfiere de manera constante en la traslación de los cóndilos fuera de la fosa

glenoidea, sin la aplicación de una fuerza en contra del mentón. Aunque los pacientes pediátricos utilicen el aparato de modificación del crecimiento durante algunas horas al día, pero es improbable que lo lleven de forma constante. Se ha observado que el casquete sobre el maxilar funciona eficazmente con 12-14 horas de uso diario, o incluso menos, pero el caso de la mandíbula puede ser diferente. Puede ser necesario evitar la traslación constante para restringir el crecimiento mandibular. Se ha observado una remodelación de la ATM, donde la mandíbula retrocede, en niños que usan elásticos de clase III unidos a anclajes óseos a tiempo completo. Esto sugiere que la duración de la fuerza es más relevante que su magnitud, al igual que ocurre con el movimiento dental y otros efectos del tratamiento ortodóncico.

Un inconveniente evidente asociado al uso de una mentonera para limitar el crecimiento mandibular es la dificultad para cargar toda la parte superior del cóndilo; es probable que la línea de fuerza quede por debajo de la posición teóricamente ideal. Por esta razón, es probable que una mentonera provoque una rotación hacia abajo de la mandíbula, restringiendo principalmente el crecimiento anterior del mentón mediante este mecanismo. Los aparatos funcionales de clase III generan exactamente el mismo tipo de rotación posteroinferior. [8]

- **Aumento del crecimiento mandibular**

Existen dos mecanismos para lograr la protrusión. Uno de ellos es de forma pasiva, lo que significa que se utiliza un aparato ortodóncico para mantener la mandíbula hacia adelante. La otra es de forma activa, donde el paciente utiliza sus propios músculos, especialmente el pterigoideo externo, para mantener la mandíbula en posición adelantada.

En cierta manera, el desplazamiento de la mandíbula hacia adelante estimula la musculatura mandibular, involucrando tanto a los músculos elevadores como de los menos fuertes implicados en la protrusión.

Algunos especialistas argumentan que es crucial ajustar la mordida constructiva (registro de la relación oclusal) para un aparato funcional adelantando la mandíbula solo unos milímetros, ya esto optimiza la activación muscular. Si la mandíbula se adelanta significativamente, por ejemplo 1 cm o más, los músculos tienden a volverse eléctricamente inactivos en lugar de activarse. No obstante, los aparatos diseñados a partir de mordidas constructivas tan pronunciadas pueden demostrar eficacia clínica y ser tan efectivos en la modificación del crecimiento como aquellos con avances más modestos. En resumen, no es imprescindible la activación muscular para lograr cambios en el crecimiento.

Cuando se protruye (o se retrae) la mandíbula, pueden ocurrir modificaciones en la articulación temporomandibular, tanto en el lado temporal como en el mandibular. En algunos casos, la elongación de la mandíbula puede tener un impacto menos significativo de lo esperado en una maloclusión de clase II esquelética, ya que la fosa articular se remodela con posterioridad al alargamiento mandibular, y en ocasiones, el desplazamiento anterior de la articulación contribuye de manera sustancial a la corrección del problema de clase II. Sin embargo, no existen datos que indiquen que el adelantamiento de la región de la articulación temporomandibular sea un factor crucial en la respuesta clínica común a los aparatos funcionales. [8]

Para mantener la mandíbula adelantada de manera pasiva, se requiere aplicar una fuerza de varios cientos de gramos. Cuando los músculos se relajan, la fuerza de reacción se disemina por el maxilar y los dientes superiores e inferiores en la medida en que el aparato hace contacto con ellos.

Las fuerzas reactivas resultantes del avance mandibular son insuficientes para modificar el crecimiento del maxilar a niveles óptimos. Cuando un aparato funcional entra en contacto con los

dientes, generando un sistema de fuerzas similar al de los elásticos de clase II, que produce un desplazamiento de los dientes superiores hacia atrás y de los inferiores hacia delante. Para maximizar los efectos esqueléticos y minimizar los dentales, se aconseja evitar que las fuerzas reactivas afecten directamente a los dientes en la medida de lo posible. En este contexto, si el paciente utiliza activamente sus músculos para adelantar la mandíbula o la mantiene en reposo pasivamente en el dispositivo puede o no influir en el crecimiento mandibular, pero sí tiene un impacto en el movimiento dental y puede determinar los efectos sobre el maxilar. [8]

## **6. EFECTOS PERJUDICIALES DE LAS FUERZAS ORTODÓNICAS**

### **6.1. Movilidad**

La movilización de los dientes mediante ortodóncia no solo implica remodelar el hueso adyacente a los dientes, sino también reestructurar el ligamento periodontal. Durante este proceso, las fibras se desinsertan de la superficie ósea y del cemento, para luego volver a insertarse. Radiográficamente, se puede notar un ensanchamiento en el espacio del ligamento periodontal durante la movilización ortodóncica. La combinación de un espacio ligamentoso más amplio y un ligamento algo desorganizado resulta en una mayor movilidad para los pacientes. Es previsible que el tratamiento ortodóncico genere un aumento moderado en la movilidad, pero fuerzas ortodóncicas más intensas pueden llevar a una reabsorción basal y movilidad mayores. Una movilidad excesiva indica la aplicación de fuerzas demasiado intensas; en tal caso, es necesario suspender todas las fuerzas hasta que la movilidad del diente disminuya a niveles moderados. A diferencia de la reabsorción radicular, la movilidad excesiva tiende a corregirse por sí sola y sin dejar secuelas permanentes. [8]

### **6.2. Dolor**

Es común que después de aplicar fuerzas ortodóncicas se experimente un período inicial de molestias o dolor que suele extenderse de 2 a 4 días. Desde una perspectiva histológica, este fenómeno se atribuye a una mayor compresión de las fibras periodontales, resultando en daño tisular y un incremento en la respuesta dolorosa. [52]

Es responsabilidad del ortodoncista gestionar el dolor en los pacientes, el cual alcanza un punto máximo 24 horas después de la activación de la mecánica, sin restar importancia a los efectos de las moléculas que

favorecen del remodelado óseo, como las prostaglandinas y las interleuquinas. Durante la fase inicial de alineación y nivelación dental en el tratamiento de ortodóncico, el dolor, es un efecto no deseado, afecta a un elevado porcentaje de pacientes, generalmente con una intensidad moderada. En algunos casos, este malestar puede interferir con las actividades diarias, lo que lleva a que algunos pacientes abandonen el tratamiento. Además este aspecto negativo de la terapia ortodóntica, destaca la importancia de que los ortodoncistas estén familiarizados o, idealmente, tengan la capacidad de gestionar estos efectos no deseados. [52, 53]

### **6.3. Efectos en pulpa**

Aunque las respuestas de la pulpa ante el tratamiento ortodóncico son generalmente mínimas, puede surgir una inflamación leve y temporal al inicio del proceso. Esta leve pulpitis, como se ha mencionado previamente, puede contribuir a las molestias experimentadas por los pacientes al activar los aparatos, pero no conlleva consecuencias a largo plazo. A veces, se informa de casos de pérdida de la vitalidad dental durante el tratamiento ortodóncico y esto suele estar vinculado a historias de traumatismos dentales anteriores al control inadecuado de las fuerzas ortodóncicas. Cuando un diente está sometido a una fuerza constante e intensa, se producen una movimientos bruscos que pueden interrumpir los vasos sanguíneos en la entrada del ápice radicular. Además se ha observado pérdida de vitalidad cuando los incisivos se inclinan distalmente al punto de que el ápice de la raíz sale del proceso alveolar al moverse en la dirección opuesta. Aunque el movimiento ortodóncico de los dientes generalmente depende de la respuesta del ligamento periodontal en lugar de la pulpa, se destaca la viabilidad de mover dientes sometidos a

tratamiento endodóncico sin asociar este movimiento con reabsorción radicular severa, siempre que se realice correctamente. [8]

#### **6.4. Efectos en tejidos periodontales**

El ortodoncista debe tener precaución al ejercer fuerzas a los dientes afectados por enfermedad periodontal severa. Asimismo, es crucial proporcionar a los pacientes orientación sobre la higiene oral tanto antes como durante y después de la colocación de aparatología ortodóncica. Dado que estos aparatos suelen afectar negativamente la higiene oral, se requiere una evaluación meticulosa y motivación adecuada. [54]

Durante el proceso de Ortodoncia, es necesario realizar una evaluación clínica periodontal, que incluye el sondaje periodontal, cada 6 meses. En caso de detectarse una bolsa patológica, se requerirá evaluación radiográfica más detallada y la remisión a un periodoncista. Considerar la retirada de la aparatología de Ortodoncia puede ser necesario para mejorar los resultados periodontales. Después de resolver la enfermedad periodontal, se puede reanudar el tratamiento ortodóncico; sin embargo, en situaciones de inclinación excesiva de los incisivos, se debe prestar atención especial y realizar un seguimiento cuidadoso para prevenir la recurrencia de la enfermedad periodontal. [55]

La falta de cuidado adecuado de la higiene oral en pacientes que lleven aparatología ortodóncica, puede aumentar la probabilidad de desarrollar caries y manchas blancas, así como inflamación gingival, hiperplasia gingival, pérdida de inserción y disminución de los tejidos de soporte. Este riesgo, podría estar vinculado con los aparatos fijos y sus componentes adicionales. [56]

Estos elementos representan mecanismos de tensión que complican el proceso de cepillado, incrementando las áreas donde las partículas de alimento y la placa bacteriana se acumulan, lo que favorece la adhesión y



proliferación de microorganismos. También se ha sugerido que podrían inducir modificaciones en el medioambiente oral, generando un aumento en la concentración bacteriana. [57]

## **7. CONCLUSIONES**

El tratamiento de Ortodoncia interceptiva siempre debe verse como un procedimiento individualizado ya que debemos ajustarlo dependiendo a las necesidades de cada paciente, por ello, obtener un diagnóstico preciso es de suma importancia para el éxito de este. Sin embargo, necesitamos además de un buen diagnóstico el conocimiento de los conceptos biomecánicos para la correcta aplicación en la aparatología seleccionada dependiendo el tipo de maloclusión que se presente.

Conocer los fundamentos biomecánicos aplicados a la Ortodoncia interceptiva nos ayudará a ser más eficaces durante el tratamiento, ya que podremos saber qué tipo de movimiento es necesario realizar para llevar a nuestro paciente a una correcta oclusión y a su vez podremos entender el mecanismo de acción de los aparatos ortodóncicos, la fuerza aplicada durante los movimientos ortodóncicos, la reacción tisular ante las fuerzas ortodónticas, etc.

Llevar estos conceptos a la práctica clínica ayudará al especialista a cumplir con el propósito de la Ortodoncia interceptiva, que es, detectar de manera temprana una maloclusión, con el objetivo de prevenir que se desarrolle o que lo haga de una forma menos severa, evitando daños tisulares originados de la falta de conocimiento de la biomecánica.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carrasco-Sierra M, Mendoza-Castro AM, Andrade-Vera FM. Implementación de la ortodoncia interceptiva. Dom Cien [Internet]. 2018 [consultado Sep 2023];4(1):332. Disponible en: <https://goo.su/p1aB>
2. Quirós O. Introduccion a la ortodoncia. Acta odontol. venez [Internet]. 2004 [consultado Sep 2023] ; 42( 3 ): 230-231. Disponible en: <https://goo.su/LqbSOj2>
3. Gacitúa P., Zárate M., Rojas J., Revenco C. Principales beneficios de un tratamiento de ortodoncia en niños. RECIAMUC, [Internet] 2020 [Consultado Dic 23] 4(1), 333-345. Disponible en: <https://goo.su/te7h>
4. Graber LW, Vanarsdall RL, Vig KWL, Huang GJ. Ortodoncia: Principios y técnicas actuales. 6ta edición. España. Elsevier; 2017.
5. Sandoval P., Bizcar B.. Beneficios de la Implementación de Ortodoncia Interceptiva en la Clínica Infantil. Int. J. Odontostomat. [Internet]. 2013 Ago [Consultado Oct 2023] ; 7( 2 ): 253-265. Disponible en: <https://goo.su/l9oCW>
6. Santiesteban F., Vlvorado E.. Ortodoncia Interceptiva - Revisión Bibliografica. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría [Internet]. 2015 [Consultado Oct 2023]; . Disponible en: <https://goo.su/VcUvGZ>
7. Nanda R. Biomecánica en ortodoncia clínica. 1ra ed. Buenos Aires. Editorial Médica Panamericana; 1998

8. Fields, Henry W., Jr.. Ortodoncia Contemporánea. Sarver. [Internet] 5ta ed. Barcelona Elsevier, 2014. [Consultado Sep 2023] Disponible en: <https://goo.su/WXEM>
9. Quirós Alvarez OJ. Bases biomecánicas y aplicaciones clínicas en ortodoncia interceptiva. 1a ed. México: AMOLCA; 2006.
10. Ceglia A. Indicadores de maduración de la edad ósea, dental y morfológica. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría. [Internet] 2005 [Consultado Dic 2023] disponible en: <https://goo.su/BZCJtnV>
11. Ustrell M.. Diagnóstico y tratamiento en ortodoncia [Internet]. 1ra ed. Elsevier; 2016 [Consultado Dic 2023]. Disponible en: <https://goo.su/G2Ora>
12. Bernal N., Arias M.. Indicadores de maduración esquelética y dental. Revista CES Odontología [Internet]. 2007 [Consultado Dic 2023]; 20(1): 59-68.
13. Malavé Y, Rojas I. "Análisis Carpal como Indicador de Maduración Ósea". Acta odontol. venez [Internet]. 2000 [Consultado Dic 23] ; 38( 3 ): 4-9. Disponible en: <https://goo.su/US0kMPH>
14. Mejía G., Canseco J., Martínez C., Reyes A., Cuairán V.. Correlación entre los estadios de maduración carpal y los estadios de desarrollo del canino mandibular en pacientes que reciben tratamiento ortodóncico. Rev. Odont. Mex [Internet]. 2014 [consultado Dic 2023] ; 18( 1 ): 9-13. Disponible en: <https://goo.su/x5OUZI>
15. Domínguez M., López M., Ramírez G., Jiménez C., Ruidíaz C.. Relación existente entre el tamaño y forma de las vértebras cervicales con los

estadios de maduración ósea carpal. Parte II. Revista Mexicana de Ortodoncia [Internet]. 2014 [Consultado Dic 2023]; 2(1):24–31. Disponible en: <https://goo.su/4Ullr>

16. Arciniega A., Ballesteros M., Meléndez A. Comparative analysis between dental, skeletal and chronological age. Revista Mexicana de Ortodoncia [Internet]. 2013 [Consultado Dic 2023]; 1(1):e33–7. Disponible en: <https://goo.su/m2ZmUos>
17. Ramos A., Lozano B., Ocampo M.. Análisis comparativo entre la edad ósea, edad dental y edad cronológica. Revista Mexicana de Ortodoncia [Internet]. 2013 [Consultado Dic 2023]; 1(1):33–7. Disponible en: <https://goo.su/vmVz mh>
18. Ugalde M. Clasificación de la maloclusión en los planos anteroposterior, vertical y transversal. Revista ADM [Internet] 2007 [Consultado Dic 23]; 64(3): 97-109. Disponible en: <https://goo.su/H3hrF6>
19. Hurtado C. Ortopedia maxilar integral. 1ª Ed. Bogotá. ECOE Ediciones; 2012
20. Bell R. Kiebach T.. Posterior crossbites in children: Developmental-based diagnosis and implications to normative growth patterns. Semin Orthod [Internet] 2014 [Consultado Dic 23]; 20(2): 77-113. Disponible en: <https://goo.su/g1zl6Bn>
21. Bell R. A review of maxillary expansion in relation to rate of expansion and patients age. AJO. [Internet] 1982 [Consultado Dic 23]; 8(1): 32-37. Disponible en: <https://goo.su/dpL7h>
22. Sarver D., Johnston M.. Skeletal changes in vertical and anterior displacement of the maxilla with bonded rapid palatal expansion

- appliances. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop. [Internet] 1989 [Consultado Dic 23];95(6):462-466. Disponible en: <https://goo.su/uSA7eim>
23. Caballido E. ¿Qué es la disyunción? CPHD. [Internet] 2017 [Consultado Dic 23] Disponible en: <https://goo.su/DvkOH>
24. Schneidman E., Wilson S., Erkis R.. Two-point rapid maxillary expansion: an alternative approach to traditional treatment. Pediatr. Dent. [Internet] 1990 [Consultado Dic 23]; 12: 92-97 Disponible en: <https://goo.su/iFm7NW>
25. Reni Muller K, Piñeiro S. Malos hábitos orales: rehabilitación neuromuscular y crecimiento facial. Revista Médica Clínica Las Condes [Internet]. 2014 [Consultado Oct 2023]; 25(2):380–8. Disponible en: <https://goo.su/Ai0qYA>
26. Boysen, B. Three dimensional evaluation of dentoskeletal changes after posterior cross-bite correction by quad hélix or removable appliances. Br. J. Ortho. [Internet] 1992 [Consultado Dic 23];19(2):97-107. Disponible en: <https://goo.su/PudjWY>
27. Botero P., Vélez N., Restrepo C., Mariaca L.. Manual de ortodoncia interceptiva: teoría y práctica [Internet]. Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia; 2020 [Consultado Dic 23]. Disponible en: <https://goo.su/vKTHWMz>
28. Vaden J, Perason L. Diagnosis of the vertical dimension. Semin Ortho. [Internet] 2002 [Consultado Dic 23];8:120-129. Disponible en: <https://goo.su/8hAa6Ee>

29. Baccetti T. Franchi L. McNamara J.. Cephalometric variables prediction the long term success of failure of combined rapid maxillary expansion and face mask therapy. AJO. [Internet] 2004 [Consultado Dic 23]; 126:16. Disponible en : <https://goo.su/KVmThcU>
30. Da Silve L. Tratamiento temprani vs tratemienti tardío en la maloclusión clase III. Revista latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatria. [Internet] 2006 [Consultado Dic 23] Disponible en: <https://goo.su/W1SyDlz>
31. Ocampo Z.. Diagnóstico de las alteraciones verticales dentofaciales. Rev Fac Odont Univ Ant. [Internet] 2005 [Consultado Dic 23] ; 17 (1): 84-97. Disponible en: <https://goo.su/DWyi9sK>
32. Belger I. Cephalometric analysis of growth in subjects using bite plate. Angle Orthod. 1956 [Consultado Dic 23]; 26: 42.
33. Alió Sanz JJ. Ortodoncia y ortopedia: con aparatos funcionales. Madrid, España: Editorial Médica Ripano; 2006. 234 p.
34. Retrouvey J., Kousaie K. Physics in Orthodontics. IFDE [Intenet]. 2021 [Consultado Oct de 2023]; Disponible en: <https://goo.su/UvZzrC0>
35. Da Silva de Carballo L. Tratamiento de la maloclusión de clase III con máscara facial. Acta odontol. venez [Internet]. 2006 Dic [Consultado Dic 2023] ; 44( 3 ): 424-430. Disponible en: <https://goo.su/1iP50b>
36. Quintanilla D. Alineadores: Biomecánica básica de los Ataches (1<sup>a</sup> Parte) [Internet] DT Latin America. 2021 [Consultado Oct 2023]. Disponible en: <https://goo.su/qihF>
37. Quirós O. Haciendo Fácil La Ortodoncia . Venezuela: Amolca; 2012

38. Saturno, L. D. Ortodoncia En Dentición Mixta. Venezuela: Amolca;2010
39. Quiros Alvarez O. Ortopedia funcional de los maxilares y ortodoncia interceptiva. 1ra Edición Caracas: Amolca (Actualidades Medico Odontologicas Latinoamericanas); 2010.
40. Quiros Alvarez O. Haciendo fácil la ortodoncia. 2a ed. Caracas, Venezuela: AMOLCA; 2012.
41. López A., Ospina L., Megia A.. Análisis del torque coronal y radicular del incisivo inferior en pacientes tratados con un sistema de ortodoncia transparente. SEDO [Internet] 2021 [Consultado Dic 2023]; Disponible en: <https://goo.su/DDLSFMx>
42. Somer J. Movimientos dentales [Internet] Clearcorrect. 2023 [Consultado Oct 2023] Disponible en: <https://goo.su/43r6Xxz>
43. Mora D, Botero P, Camargo L. Manejo estético periodontal y ortodóncico del segmento anterior. Revista CES Odontol. [Internet] 2008; [Consultado Oct 2023] 19(2): 41-5. Disponible en: <https://goo.su/VXP6c>
44. Mateu M., Schweizer H., Bertolotti M.. Ortodoncia. Permisas, Diagnóstico, Planificación y Tratamiento. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2015
45. Rodríguez E. Ortodoncia Contemporánea. Diagnóstico y tratamiento 3 ed. [Internet]. Colombia: AMOLCA, 2019 [consultado Dec 2023]. Disponible en: <https://goo.su/UJKe>
46. Graber M. Ortodoncia Teoría y práctica. 3ª Ed. México. Editorial Interamericana; 1991



47. González M. Ortodoncia MG: Ortodoncia para Niños y Adultos en Vigo [Internet] 2017 [Consultado Dic 23]. Disponible en: <https://goo.su/KrAap>
48. Terán V., Gurrola B., Casasa A.. Manejo ortodóntico con aparato de Hass y Schwartz en paciente con colapso transversal maxilar y mandibular. Revista Latinoamericana de ortodoncia y odontopediatría [Internet] 2015 [Consultado Dic 23]. Disponible en: <https://goo.su/9PtQJ>
49. Vargas P., Piñeiro M.S., Palomino H., Torres M.A.. Factores modificantes del movimiento dentario ortodóntico. Av Odontoestomatol [Internet]. 2010 [Consultado Dic 23] ; 26( 1 ): 45-53. Disponible en: <https://goo.su/CTGm>
50. Canut J. Ortodoncia clínica y terapéutica. 2ª ed., Amsterdam ; Barcelona: Elsevier-Masson; 2010
51. Guercio E. Biología del movimiento dentario ortodóntico: Revisión de conceptos. Acta odontol. venez [Internet]. 2001 Ene [Consultado Nov 2023] ; 39( 1 ): 61-65. Disponible en: <https://goo.su/UXE7>
52. Aristizábal JF., Martínez R. Tratamiento ortodóntico y periodontal combinado en pacientes con periodontitis agresiva tratada y controlada. Rev Fac Odontol Univ Antioq [Internet] 2014 [Consultado Nov 2023] ; 26(1): 180-204. Disponible en: <https://goo.su/G2FfG>
53. Holmberg F., Fabres R., Zaror C., Sandoval P. Uso de Paracetamol en el Control del Dolor en Ortodoncia. Int. J. Odontostomat. [Internet]. 2012 [Consultado Nov 2023] ; 6( 1 ): 39-44. Disponible en: <https://goo.su/6TEV8o>
54. Saquelli-Perdomo A., Orellana A., Garzon R. Alternativas de tratamiento para disminuir el dolor de origen ortodóntico. Revista Latinoamericana

de Ortodoncia y Odontopediatría. [Internet] 2015 [Consultado Nov 2023]  
Disponible en: <https://goo.su/UesaxqZ>

55. Levin L, Einy S, Zigdon H, Aizenbud D, Machtei EE. Guidelines for periodontal care and follow-up during orthodontic treatment in adolescents and young adults. J Appl Oral Sci [Internet]. 2012 [Consultado Nov 2023];20(4):399–403. Disponible en: <https://goo.su/E8luG>
56. Compton D., Claiborne W., Hutchens LH Jr. Combined periodontal, orthodontic, and fixed prosthetic treatment of juvenile periodontitis: a case report. Int J Periodontics Restorative Dent [Internet] 1983 [Consultado Nov 2023]; 3(4): 20-33. Disponible en: <https://goo.su/8aQOA6>
57. Quintero A., García C. Control de la higiene oral en los pacientes con ortodoncia. Rev. Nac. Odontol. [Internet] 2013 [Consultado Nov 2023]; 9 (edición especial): 37-45. Disponible en: <https://goo.su/qR8kS>