



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

FÍSICA APLICADA A ORTODONCIA: CONCEPTOS DE  
MOVIMIENTO DENTAL Y SUS POSIBLES  
COMPLICACIONES.

**T E S I N A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**C I R U J A N A   D E N T I S T A**

P R E S E N T A:

MARÍA FERNANDA CARRILLO ESTRADA

TUTORA: Esp. CECILIA ISABEL SUÁREZ NEGROE



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.



## **A DIOS**

Por darme la oportunidad de alcanzar una meta más en mi vida, estoy segura de que sin Él nada de esto sería posible.

## **A MIS PADRES**

Que han estado siempre a mi lado, en cada uno de mis sueños, a ustedes que me han dado más que su apoyo, gracias por cada uno de sus consejos y las palabras de aliento.

## **A MI HERMANA**

Por impulsarme siempre y estar a mi lado apoyándome con esa alegría que te caracteriza.

## **A MI TUTORA**

Por el tiempo dedicado, su paciencia y sus enseñanzas que siempre estarán presentes en mi vida profesional.

## **A MI FAMILIA**

Que siempre me ha motivado a seguir adelante.

## **A MIS PROFESORES**

Los que siempre me han brindado un poco de su conocimiento tanto en mi carrera como en lo personal, siempre estaré agradecida por sus enseñanzas.

## **A MIS AMIGAS**

Que siempre llenaron de alegría mis días en estos cinco años y me han brindado su amistad incondicional.

## **A MI FACULTAD**

Por ser un lugar que siempre tuvo sus puertas abiertas para mí y en donde he obtenido tantas enseñanzas.

## **A MI UNIVERSIDAD, LA UNAM**

Por darme diariamente las herramientas para perseguir mis sueños y realizarme en todos los sentidos. Gracias por ser mi hogar, siempre te llevaré con orgullo en mi corazón.



## ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	5
<b>OBJETIVO</b>	6
<b>1. MOVIMIENTO DENTAL</b>	7
1.1 Tipos de fuerza	10
1.2 Fases del movimiento dental en ortodoncia	11
1.2.1 Movimiento dental sin lesión	13
1.3 Fundamentos biológicos involucrados en el movimiento dental	16
1.3.1 Mecanismos celulares y moleculares involucrados en el movimiento dental	18
1.3.2 Cambios del hueso en ortodoncia	20
1.3.3 Teorías biomecánicas del ligamento periodontal	22
1.3.3.1 Fases del ligamento periodontal	27
1.3.3.1.1 Primera fase	27
1.3.3.1.2 Segunda fase	27
1.3.3.1.3 Tercera fase	28
<b>2. TIPOS DE MOVIMIENTO DENTAL</b>	29
2.1 Inclinación	29
2.1.1 Inclinación no controlada	30
2.1.1 Inclinación controlada	31
2.2 Torque	32
2.3 Traslación	33
4.4 Rotación	34
4.5 Intrusión	35



4.6 Extrusión	36
<b>3 FUERZAS ÓPTIMAS PARA LA MOVILIZACIÓN ORTODÓNICA DE LOS DIENTES</b>	<b>37</b>
<b>4 COMPLICACIONES</b>	<b>37</b>
4.1 Anquilosis	37
4.2 Resorción de la raíz	38
4.3 Hialinización	41
4.4 Defectos óseos	42
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>44</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>45</b>



## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se muestra todo lo que conlleva al movimiento dental en la ortodoncia, teniendo como base los fundamentos biológicos y mecánicos que se deben de conocer para poder comprender de una manera más concreta cómo es que se lleva a cabo el movimiento de los dientes.

Se puede apreciar un profundo análisis sobre la reacción que tienen todos los tejidos adyacentes al diente y cómo estos al verse expuestos ante una fuerza exógena, se ven obligados a hacer recambios para así adaptarse al nuevo medio en el que se sienten agredidos, sin duda el conocimiento de estos procesos son los que definirán el éxito de un tratamiento de ortodoncia.

Por otro lado, se definen varios conceptos que, si bien están muy relacionados con la física, se pueden aplicar perfectamente a esta rama de la odontología para que con uso de la lógica obtengamos armonía en la cavidad bucal y la cara de un paciente, además de lograr que la autoestima se vea estimulado.

En la parte final de este trabajo se hace una reflexión sobre las complicaciones que se pueden presentar en los tratamientos de ortodoncia, para así tener una mayor conciencia sobre las consecuencias que pueden llegar a existir si no ponemos atención a las bases biológicas, las reacciones moleculares y las características del paciente, pudiendo desencadenar un resultado no deseado en nuestro plan de tratamiento.

Es importante que el especialista en ortodoncia cuente con todas las herramientas necesarias para así devolver la salud dental, además de promover con responsabilidad los hábitos que pueden brindar al paciente una mayor calidad de vida.



## OBJETIVO

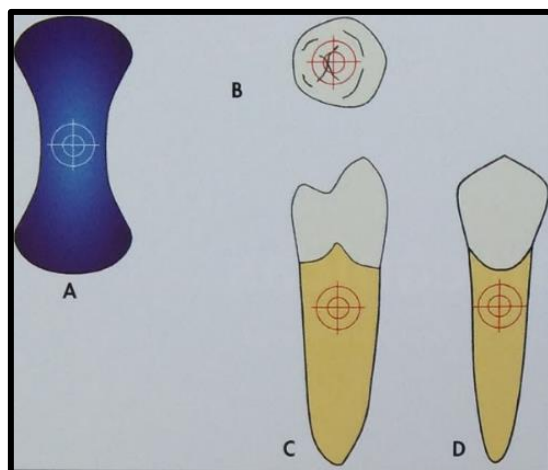
Conocer de una manera más amplia y detallada el funcionamiento de la biomecánica en ortodoncia y cómo gracias a ella se puede lograr el movimiento dental, además se exponen las posibles complicaciones que se pueden llegar a dar en el tratamiento ortodóncico.

## 1. MOVIMIENTO DENTAL

El movimiento dental se puede explicar con conceptos enfocados mayormente a la física por lo que a continuación se explicarán los conocimientos básicos para entender de una mejor manera cómo es que se mueven los dientes.

La **mecánica** es la que describe el efecto e impacto que tienen las fuerzas simples o de sistemas de fuerza aplicados a uno o varios cuerpos, no importa que se encuentren en movimiento o estáticos; esto nos ayuda a entender la biomecánica, la cual es la reacción presente, una vez aplicada la mecánica a los sistemas biológicos.<sup>1</sup>

Para entender la biomecánica dental, en el tratamiento de ortodoncia, es necesario conocer varios conceptos, como el **centro de masa** el cual se describe como el punto a través del cual se debe aplicar una fuerza para que el objeto libre se mueva linealmente, también es conocido como punto de equilibrio (fig. 1)<sup>2</sup>

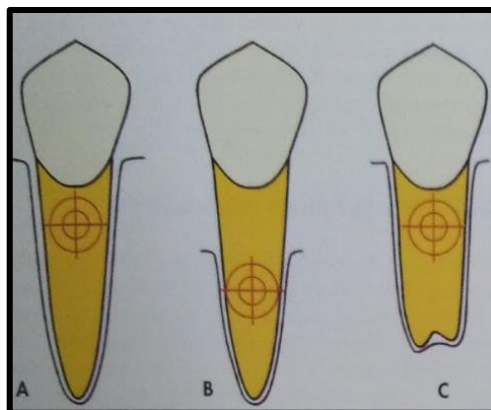


**Fig. 1** A. Centro de masa de un objeto. B. Centro de Resistencia Oclusal. C. Mesial. D. Frontal.

Es importante saber que el centro de resistencia de un diente va a depender de la longitud de la raíz y la forma de ésta, así como el número y el nivel de apoyo óseo alveolar es por esto que la ubicación exacta del centro de

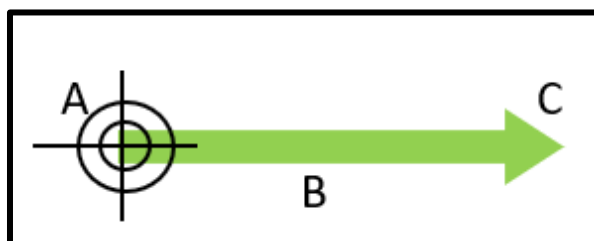


resistencia para un diente no se identifica fácilmente, sin embargo, varios análisis han determinado que el centro de resistencia para dientes con una sola raíz con niveles óseos alveolares promedio es cerca de un cuarto a un tercio de distancia desde la unión cemento-esmalte al vértice de la raíz, de acuerdo al centro de resistencia y el sistema de fuerza utilizado se determinará el tipo de movimiento dental. (fig. 2)<sup>2</sup>



*Fig. 2 A. Centro de resistencia en salud. B. Centro de resistencia con pérdida de hueso alveolar. C. Centro de resistencia con una raíz reducida.*

La aplicación de una fuerza es la que produce el movimiento dental ortodóncico; por eso es importante saber que las **fuerzas** son las acciones aplicadas a cuerpos y una fuerza es igual a la masa multiplicada por la aceleración, sus unidades son Newtons o gramos por milímetros sobre segundos. Los gramos se sustituyen frecuentemente por Newtons en ortodoncia ya que el concepto de aceleración a la magnitud de la fuerza es irrelevante clínicamente.<sup>2</sup>



*Fig. 3 Fuerza de acción representada por un vector. A. Punto de origen. B. Línea de acción. C. Dirección*

Otro aspecto para tomar en cuenta es que la fuerza es un vector por lo tanto se puede decir que se caracteriza por tener tanto, magnitud como dirección en donde la magnitud representa su tamaño y la dirección se describe por la línea de acción del vector, sentido y punto de origen es por esta razón por la que la orientación es tan importante, ya que clínicamente, la determinación de componentes horizontal, vertical y transversal de una fuerza mejora la comprensión de la dirección del movimiento dental. Las fuerzas producidas durante el tratamiento de ortodoncia son producidas en distintas formas por la modificación de alambres, activación de resortes y elásticos, entre muchos otros métodos. (fig. 3)<sup>2</sup>

Así mismo es importante mencionar que la adición de dos o más vectores se conoce como resultante, éstos se pueden añadir colocando el origen de un vector en el extremo de otro, mientras se conserva la línea de acción, tanto en dirección como distancia, la resultante se encuentra conectando el origen del primer vector con la punta del vector final (fig. 4).<sup>2</sup>

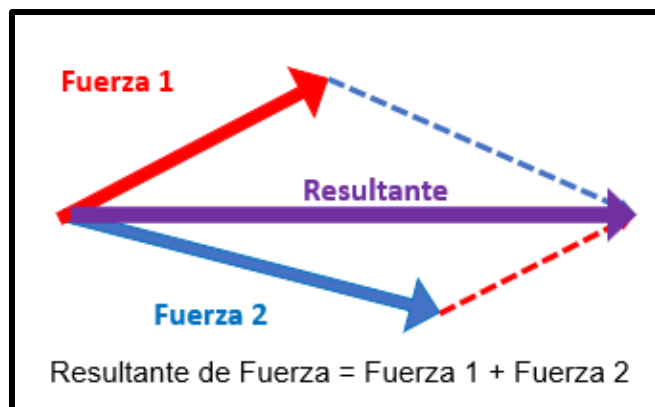


Fig. 4 Vector resultante.

El **momento de una fuerza** se define como la medida de la capacidad de la fuerza que se necesita para producir un movimiento rotacional, de igual manera el momento de fuerza tiene una dirección y una magnitud por lo que se representa con un vector, en este caso la magnitud será igual a la fuerza



multiplicada por el trayecto perpendicular dividido entre la línea de acción y el centro de resistencia.<sup>1</sup>

El centro de resistencia por su parte *es el punto alrededor del cual un objeto gira sobre sí mismo.*<sup>1</sup>(Quirós, 2012: pág. 220)

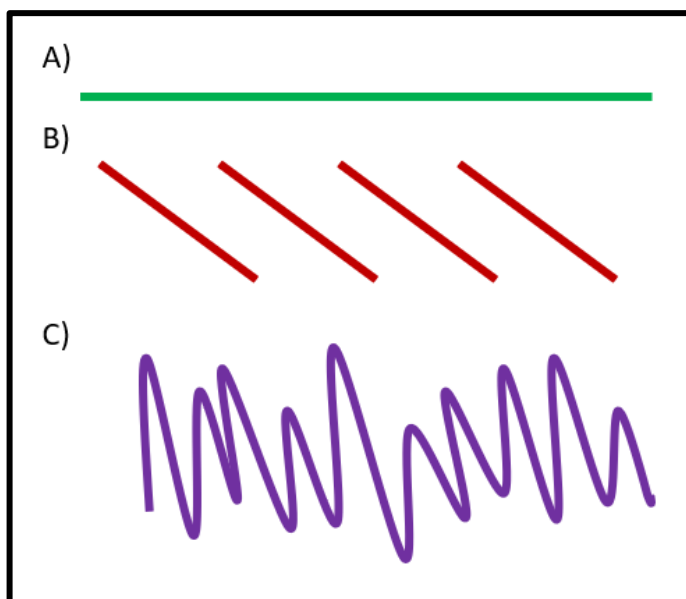
La **fricción** es un aspecto a consideraran dentro de la biomecánica de la ortodoncia, en dónde esta se describe como una fuerza de roce entre dos superficies que se opone a el movimiento entre ambos objetos, a esto se le conoce como **fuerza de fricción dinámica**, mientras que cuando la fuerza se opone al inicio del movimiento se conoce como **fuerza de fricción estática.**<sup>1</sup>

Una vez entendido esto se puede decir que las fuerzas ortodónticas se aplican más comúnmente a la corona de un diente, por lo tanto, la aplicación de la fuerza no es generalmente a través del centro de resistencia de un diente. La dirección del movimiento se encuentra siguiendo la línea de acción alrededor del centro de resistencia hacia el punto de origen.<sup>2</sup>

### 1.1 Tipos de fuerza

Para poder realizar el movimiento dental es importante conocer los tipos de fuerza que se pueden llevar a cabo a lo largo del tratamiento ortodóncico y cómo deben de ser aplicados para tener un resultado satisfactorio. Fig. 5

- a) **Continua:** Es la que se mantiene en una proporción observable entre cada una de las citas del paciente. Es posible que sea dañina para el ligamento periodontal y el diente como tal.<sup>1</sup>
- b) **Interrumpida:** Se observa cuando la fuerza se ve disminuida hasta cero entre cada una de las citas.<sup>1</sup>
- c) **Intermitentes:** Los niveles de fuerza disminuyen de manera brusca a cero cuando el paciente retira la aparatología o el factor que esté ejerciendo fuerza sobre los dientes.<sup>1</sup>



*Fig. 5 Fuerzas ortodóncicas. A. Continuas; B. Interrumpidas; C. Intermitentes.<sup>3</sup>*

## 1.2 Fases del movimiento dental en ortodoncia

Teniendo en cuenta los conceptos de física y mecánica aplicados a el tratamiento ortodóncico podemos empezar a explicar cómo es que se lleva a cabo este proceso a nivel estructural del diente y de los tejidos adyacentes a éste. Fig. 6

Desde la perspectiva clínica, el movimiento ortodóncico dental tiene tres fases definidas:

- 1) Fase de desplazamiento.
- 2) Fase de retardo.
- 3) Fase lineal y de aceleración.

**Fase de desplazamiento.** La reacción inicial de un diente después de la aplicación de fuerza es casi instantánea y refleja un movimiento inmediato del diente dentro del ligamento periodontal. Estos movimientos son en su mayoría, previsibles y generalmente no implican una remodelación o deformación de tejido del hueso alveolar de revestimiento extensa. Los compartimentos fluidos dentro del ligamento periodontal juegan un papel importante en la transmisión



y amortiguamiento de las fuerzas que actúan sobre los dientes. Es importante mencionar que la respuesta del desplazamiento dental también depende de la longitud de la raíz y la altura del hueso adyacente, los cuales son factores que determinan la ubicación de un centro de resistencia del diente y el centro de rotación, como se explicó con anterioridad. Por ejemplo, la pérdida de hueso alveolar da por resultado un centro de resistencia ubicado más apicalmente, lo que afecta la naturaleza tanto del desplazamiento inicial como del movimiento dental neto.<sup>2</sup>

**Fase de retardo:** Esta es la segunda fase del ciclo de movimiento ortodóncico se caracteriza por la ausencia de movimiento clínico y generalmente se conoce como fase de retraso o latencia. Al no encontrarse movimiento se describe como la fase en la que ocurre una remodelación extensiva en todos los tejidos que rodean al diente. Dependiendo de la comprensión localizada del ligamento periodontal, se puede presentar cualquiera de las siguientes situaciones.<sup>2</sup>

1) Oclusión parcial de los vasos sanguíneos en el área, en la cual los vasos sanguíneos que irrigan al área tienen la capacidad de adaptarse, comenzando así la angiogénesis para evitar áreas totalmente ocluidas.<sup>3</sup>

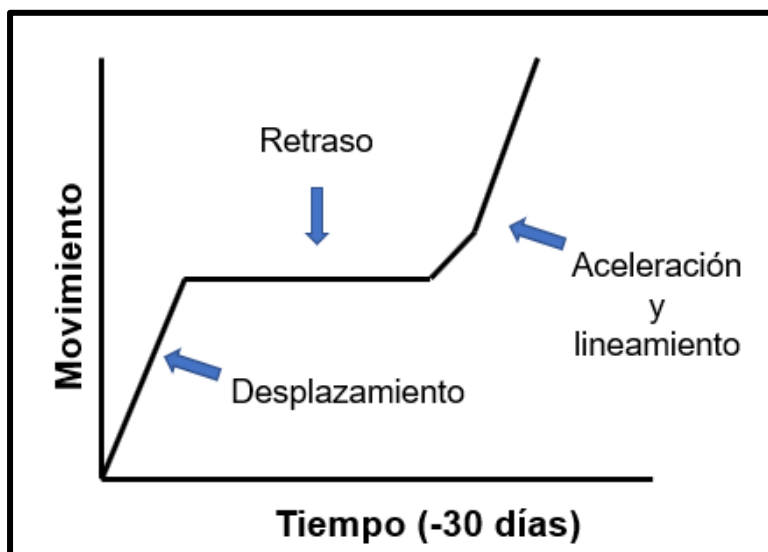
2) Oclusión absoluta de los vasos sanguíneos cuando se han aplicado fuerzas excesivas, en la cual la completa oclusión del flujo vascular desencadena una necrosis temporal del área, alejándose así del movimiento dental, el cual se inicia después de 1 o 2 semanas.<sup>3</sup>

En cualquier situación los cambios estructurales y biomecánicos inician una cascada de mecanismos celulares requeridos para la remodelación ósea.

**Fase de aceleración lineal.** La tercera fase del ciclo se define por un desplazamiento dental rápido. Este movimiento se inicia por la adaptación del ligamento periodontal de apoyo y cambios óseos. Los estudios sobre la respuesta de osteoclastos de resorción ósea después de activar los aparatos

ortodóncicos indican que cuando ocurre la reactivación se pueden reclutar inmediatamente un segundo grupo de osteoclastos<sup>1</sup>. Esto produce inmediatamente, movimiento dental visible, sin gran riesgo de resorción de la raíz. La magnitud de la fuerza afecta directamente la velocidad del movimiento dental, las fuerzas de más de 100 g usadas en ortodoncia producen una fase de retraso de hasta 21 días antes del movimiento dental, contrario a las fuerzas inferiores que pueden inducir traslación dental sin una fase de retraso a importantes velocidades clínicas.

Las fuerzas leves continuas conducen a un movimiento ortodóncico mayor, ya que el sistema celular permanece en un estado sensible, por otro lado, las fuerzas intermitentes crean un ambiente variable en el que existe actividad e inactividad celular de forma aleatoria.



*Fig. 6 Fases del movimiento ortodóncico. Desplazamiento inicial, periodo de retraso. Movimientos mínimos ocurren durante las dos primeras fases y la mayoría del movimiento ocurre durante la aceleración y fase lineal. <sup>2</sup>*

### 1.2.1 Movimiento dental sin lesión

El movimiento dental fisiológico natural es de erupción intraalveolar dental. Cuando la corona de un diente termina su fase de mineralización, comienza



su trayecto, mejor conocido como migración dental fisiológica, por el hueso alveolar.

La cripta en la que está envuelta la corona se traslada mediante un esfuerzo combinado entre la resorción ósea osteoclástica a lo largo de la vía de erupción y la formación ósea inducida por osteoblastos en la ruta que ya ha pasado la corona. Mientras esto sucede, la velocidad de la etapa más intraósea de la erupción se puede ver limitada por la resorción ósea, donde la erupción puede verse acelerada o retardada por la aplicación local de factores que alteran este mecanismo y por consiguiente la actividad osteoclástica.<sup>2</sup>

Por otro lado, cuando los dientes se mueven, también se mueve con ellos el sistema de fibras supraalveolares, lo que implica una remodelación de del ligamento periodontal y por consiguiente del hueso alveolar, de igual manera el cemento radicular es de suma importancia en este proceso ya que en la superficie de éste se produce una lenta aposición, en donde el precemento antes de mineralizarse funciona como capa para cubrir a la superficie radicular durante la migración dental fisiológica.<sup>3</sup>

Según Nanda hay algunas hormonas como la proteína relacionada con la hormona paratiroidea (PTHrP), la cual es fundamental en los procesos de la erupción dental, por lo que las condiciones sistémicas patológicas relacionadas con la PTH/PTHrP disfuncional o sus receptores análogos pueden desencadenar un impedimento en la erupción regular de los dientes e inhibir la cementogénesis.<sup>2</sup>

La respuesta del tejido adyacente ante la migración dental fisiológica es una función predeterminada para las estructuras de soporte del diente, los autores Stein y Weinmann describieron este proceso en donde observaron que los molares en una dentición permanente se mueven gradualmente hacia mesial.<sup>3</sup>



Cuando erupcionan los dientes en la cavidad oral, hay una tendencia natural de éstos para seguir en movimiento a lo largo de la vía de menor resistencia, en la mayoría de los casos el movimiento está limitado por el contacto interproximal con los dientes adyacentes o con el contacto oclusal desde un diente en el arco contraído. Cuando existe una ausencia, la resistencia se verá minorizada y por lo tanto habrá una inclinación mesiodistal continua en el caso de los contactos interproximales y una supra-erupción en el caso del contacto oclusal.

Varios estudios han confirmado que el movimiento mesial de un diente puede tener importancia clínica sobre su composición morfológica, ya que, en este tipo de movimiento, las fuerzas tensionales sobre las superficies distales de la raíz podrían ser las responsables del aumento de grosor del cemento de estas superficies de las raíces de los dientes desviados mesialmente.<sup>2</sup>

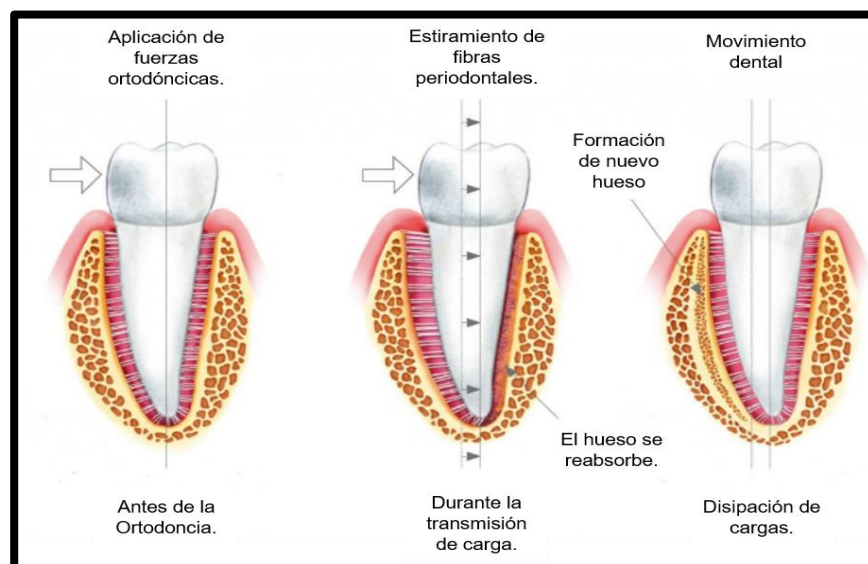
Además de la migración dental fisiológica es importante mencionar la carga de masticación a la que siempre están expuestas las estructuras dentales, estas cargas se clasifican como intensas e intermitentes, se puede determinar esto debido a su duración, la cual es de 1 segundo o menos y su intensidad que va de 1 a 2 kg al masticar alimentos blandos, pero que puede alcanzar los 50 kg cuando se trata de un alimento de mayor consistencia. Cuando los dientes se ven sometidos a estas cargas el líquido periodontal evita el movimiento brusco del diente y esta fuerza se transmite al hueso alveolar, el sufre de una mínima deformación, la cual no suele apreciarse, pero transmite un impulso para estimular la reparación y reconstrucción, demostrando así que el movimiento dental está presente diariamente en el funcionamiento normal del sistema masticatorio, incluyendo a los dientes y los tejidos adyacentes de soporte.<sup>4</sup>



### 1.3 Fundamentos biológicos involucrados en el movimiento dental

Al hablar de las reacciones del tejido adyacente al diente ante las fuerzas ortodóncicas podemos decir que el movimiento y su mecanismo se asemeja al que se aprecia cuando se da la migración dental fisiológica, aunque al existir una fuerza externa y de mayor magnitud se pueden observar cambios significativos y extensos.

Cuando se aplica una carga/fuerza al diente, ésta se transmite a los tejidos de soporte del diente, entendiéndose por éstos al ligamento periodontal y el hueso alveolar, desencadenando una resorción ósea en las zonas en donde hay una compresión y una aposición ósea en los sitios de estiramiento, causando así un movimiento a través del hueso. (fig. 7)<sup>3</sup>



*Fig. 7 Proceso del movimiento dental, involucrando los tejidos de soporte del diente.*



Para que exista un movimiento dental debe de existir un estímulo, lo que en ortodoncia serán las fuerzas, éstas actúan sobre el ligamento periodontal y el hueso alveolar. La respuesta de los tejidos de soporte puede variar dependiendo de la dirección, la aplicación, duración y magnitud, de las cargas.

En diversos estudios se ha observado que, debido a la magnitud de la fuerza, las reacciones tisulares ocurren primeramente en la membrana del periodonto, las cuales comienzan con un aumento de la vascularización, seguidas por una proliferación y finalizando con la formación de fibras y la aposición osteoide. Después de que se supera el nivel determinado de fuerza o duración, la irrigación del ligamento periodontal se ve disminuida, además de haber una destrucción celular entre las fibras que estaban bajo compresión. Por otro lado, las reacciones óseas son mucho más visibles ya que al haber una pérdida y reabsorción de las fibras de Sharpey, se posibilita la invasión vascular de células del periodonto desde el tejido óseo.<sup>3</sup>

Una vez aclarado esto podemos deducir que las fuerzas ligeras que actúen a una distancia logran el movimiento del diente sin provocar lesiones en los tejidos de soporte ya que al aplicar una fuerza ligera lo que logramos es aumentar la actividad celular para generar una compresión de tejidos excesiva, preparando así estas zonas para el movimiento dental.

La duración de la fuerza es igualmente un factor determinante ya que estará determinada por el tiempo que dure el tratamiento ortodóncico, por lo que deberá de ser considerado, incluso antes que la magnitud, para así no generar algún daño a largo plazo en los tejidos adyacentes<sup>3</sup>. Los movimientos dentales de calidad se producen por fuerzas ligeras y duraderas (6< horas al día), dando como resultado un movimiento dental mayor, comprobando así que los aparatos fijos ofrecen mejores resultados, en comparación de los aparatos removibles.<sup>1</sup>



Por último, la dirección es la que producirá distintos movimientos y la cual tenemos que tener en mente para aprovechar la respuesta biológica de las estructuras de soporte dental y así lograr que los dientes lleguen a la posición estimada en el diseño del tratamiento.

### **1.3.1 Sistema RANK/RANKL/OPG: mecanismos celulares y moleculares involucrados en el movimiento dental**

La estructura ósea es el resultado de una interacción equilibrada y dinámica entre osteoblastos que forman hueso y los osteoclastos que reabsorbe hueso.

La rapidez en la remodelación está definida en su mayoría por los osteoblastos los cuales, además de formación de hueso, también son responsables de la activación y reclutamiento de las células que en un futuro serán osteoclastos.

La comunicación entre osteoblastos y osteoclastos se da por la presencia de un intermediario que se encuentra sobre la superficie de los osteoblastos y que se encarga del inicio de la osteoclastogénesis. Este factor se encuentra en la familia del Factor de Necrosis Tumoral (TNF) y también pertenece a la liga de del Receptor de Activador de Factor Nuclear, también conocido como RANKL. Cuando se une esta sustancia con su receptor (RANK), que se encuentra presente en la superficie de las células antecesoras a los osteoclastos, se inicia la osteoclastogénesis y también se activan los osteoclastos, cuando existe una estimulación de macrófagos, se observa una mayor resorción ósea. Por otro lado, el RANKL también se puede unir a la osteoprotegerina (OPG), la cual en conjunto con las proteínas RANKL inhabilita la activación de la osteoclastogénesis, por lo que hay una baja en la resorción ósea, tanto RANKL como OPG se han encontrado en células periodontales humanas.<sup>2</sup>

La interacción RANKL/RANK/OPG es un componente esencial del movimiento dental ortodóncico, ya que varios estudios indican que la



manipulación de estas interacciones a nivel celular, pueden emplearse para controlar el movimiento dental y la recidiva que pueda haber después de éste, ya que la expresión de OPG se ve aumentada en las regiones del ligamento periodontal que están bajo y en el hueso, mientras que la expresión de RANKL está aumentada en las regiones del ligamento periodontal y el hueso que están bajo compresión después del movimiento dental. Con base en estos conceptos y reacciones podemos concluir que el suministro de OPG inhibe la osteolcastogenia y por consiguiente el movimiento dental, mientras que, por el contrario, el suministro de RANKL potencia la osteoclastogenia y el movimiento dental. <sup>3</sup>

Cuando el sistema no trabaja con normalidad, la presencia de linfocitos y macrófagos en la zona se relaciona íntimamente con la producción de proteína RANKL, por lo que se explicaría la pérdida ósea como uno de los signos característicos de la periodontitis.

Al hablar de ortodoncia, es probable que los cambios de presión que se dan con la aplicación de fuerza sobre los dientes sean los responsables sobre la regulación irregular de los genes RANKL y OPG, lo cual influye en la producción de proteínas y por consiguiente la remodelación.

Además del papel que juega el complejo RANKL/OPG en la regulación de osteoclastos por osteoblastos, la velocidad de remodelación ósea se controla por otros mecanismos sistémicos y locales. Los mecanismos locales implican numerosas citosinas inflamatorias (interleuquinas, TNFs y factores de crecimiento) que tienen actividades biológicas que influyen sobre las fases individuales del ciclo. Por otro lado, hay prueba de que las alteraciones en la expresión genética de os agentes bioactivos pueden ocurrir directamente sobre las células óseas. Control sistémico de remodelación ósea ocurre a través de varios mecanismos endócrinos, incluyendo las hormonas calcitotrópicas. Estos factores actúan sobre los osteoblastos como un intermediario para regular el equilibrio de osteoblasto/osteoclasto y puede



regular de manera fluctuante una cascada de vías de señalización hacia abajo que finalmente afectan a la expresión de genes específicos necesarios para sintetizar proteínas implicadas en la remodelación ósea.

Por ejemplo, los estrógenos inhiben resorción ósea, por lo menos en parte, regulando la producción de varias citosinas, incluyendo interleuquinas, RANKL y OPG por células de origen osteoblástico.

El ciclo de remodelación ósea humana toma cerca de 4 meses y se caracteriza por un rápido periodo de resorción seguido por un periodo de formación bastante lento. En un adulto sano la resorción ósea se acopla a la formación de tal manera que no haya ni pérdida ni ganancia neta.

### 1.2.2 Cambios del hueso en ortodoncia

La estructura ósea se puede cambiar en 3 formas principales: Fig.8

- 1) **Osteogénesis:** Es la etapa en la que se forma hueso sobre el tejido blando y generalmente ocurre durante las primeras etapas de crecimiento y desarrollo embrionario. Para ésta existen dos principales subclasificaciones, las cuales son la osificación intramembranosa y la osificación, en esta última se forma hueso sobre el tejido fibroso blando, usualmente cartílago. Es importante mencionar que los osteoblastos son un producto de diferenciación de células mesenquimáticas y actúan independientemente de los osteoclastos, dando como resultado una gran capacidad para la creación significativa de hueso.<sup>2</sup>
- 2) **Formación del hueso:** Se caracteriza por formación ósea sobre el tejido óseo existente en áreas superficiales amplias, por un largo periodo de tiempo. Se observa mayormente durante el desarrollo y crecimiento craneofacial, además conduce a un cambio en la forma de la estructura. En el ámbito ortodóncico, esta etapa es muy importante en el crecimiento normal de la estructura craneofacial, así como los



cambios en el tamaño y la forma del hueso alveolar, cuando existe movimiento dental.<sup>2</sup>

- 3) **Remodelación ósea:** Se conoce como reparación y esta reparación que implica una serie de cambios celulares que ocurren durante todo el ciclo de vida del ser humano. Se trata de un mecanismo fisiológico para mantener y reparar la integridad estructural ósea. La remodelación ósea comienza con un periodo conocido como activación, en el que se lleva a cabo el reclutamiento y activación de osteoclastos en el sitio a ser remodelado. Después viene la etapa de resorción, que es cuando una parte del hueso se elimina, la cual se detiene después de un tiempo limitado, esta fase en la que se detiene la resorción se conoce como inversión. Una vez terminada la resorción viene la fase de formación caracterizada por el reclutamiento de células de formación ósea además de la reparación activa del defecto generado en la fase de resorción. Ya que se completa el ciclo, la superficie ósea regresa a un estado de reposo.<sup>2</sup>

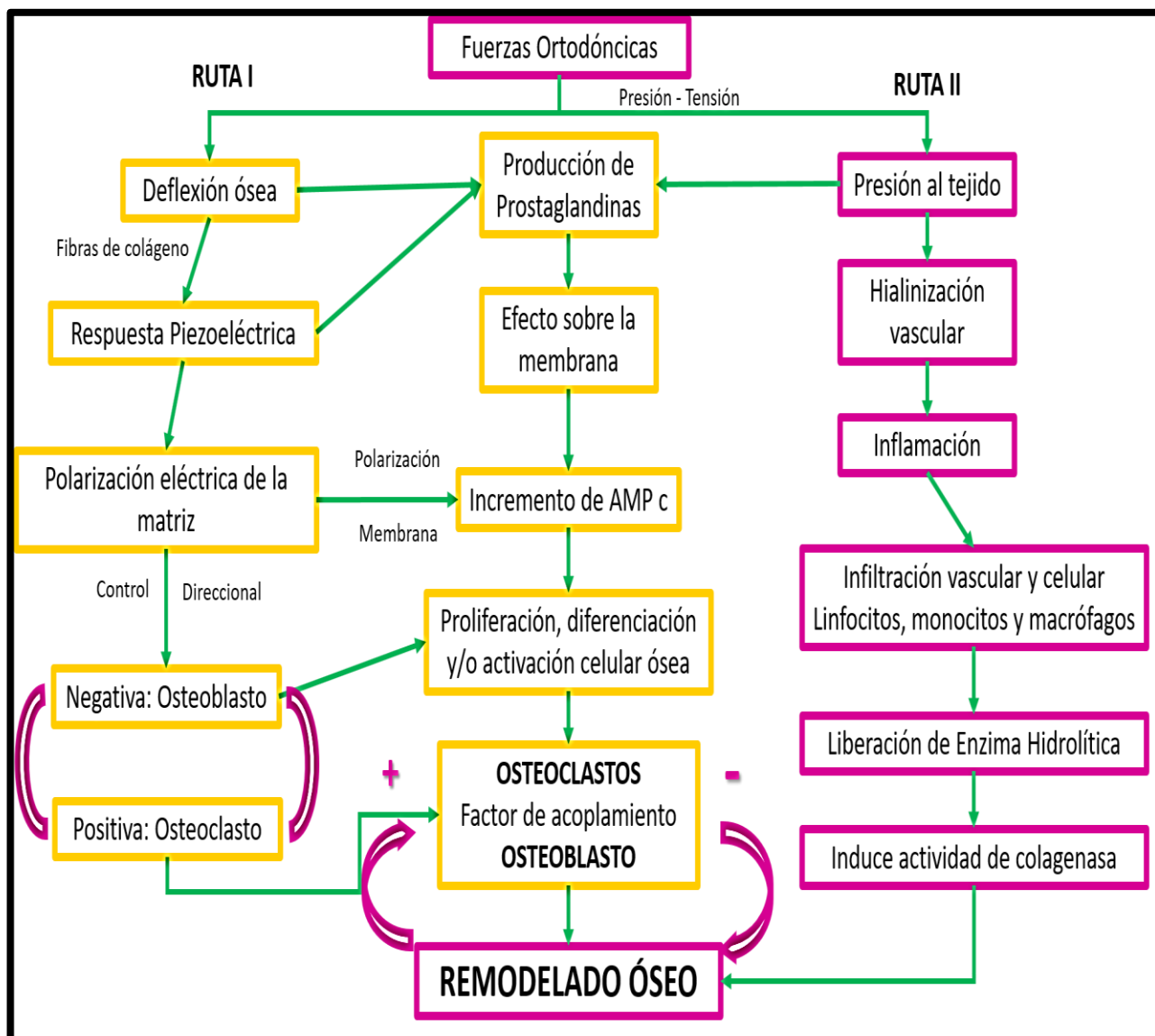


Fig. 8 Mapa que muestra la secuencia que sigue el tejido óseo para llevar a cabo el movimiento dental.<sup>1</sup>

### 1.3.2 Teorías de biomecánica del ligamento periodontal

El ligamento periodontal contiene fibras elásticas, principalmente colágena, alrededor de otros componentes como sangre y vasos linfáticos y fluido intersticial. Es de aproximadamente 0.25 mm, en donde el 75% de su composición son las fibras de colágeno.<sup>5</sup>



Estas fibras están agrupadas en haces, los cuales forman una especie de malla, similar a una red de pesca estirada que se extiende entre el cemento y el hueso alveolar. El arreglo de las fibras del complejo periodontal asegura que independientemente de la dirección de la fuerza aplicada, algunas fibras se mantengan en tensión.

Se cree que estas fibras transmiten fuerzas verticales por los dientes, al igual que fuerzas laterales hacia el alveolo y al hacerlo previene de movimientos bruscos al ápice de la raíz dental.

Mientras que la deformación del hueso alveolar puede tener un papel muy importante en el movimiento dental ortodóncico, se ha sugerido también que este movimiento está realmente mediado por el ligamento periodontal y no por el hueso alveolar<sup>2</sup>. La principal razón por la que se cree esto es porque mientras las tensiones pueden ocurrir en el ligamento periodontal, la tensión en el hueso alveolar debido a las fuerzas ortodóncicas es muy baja para causar una remodelación del hueso.

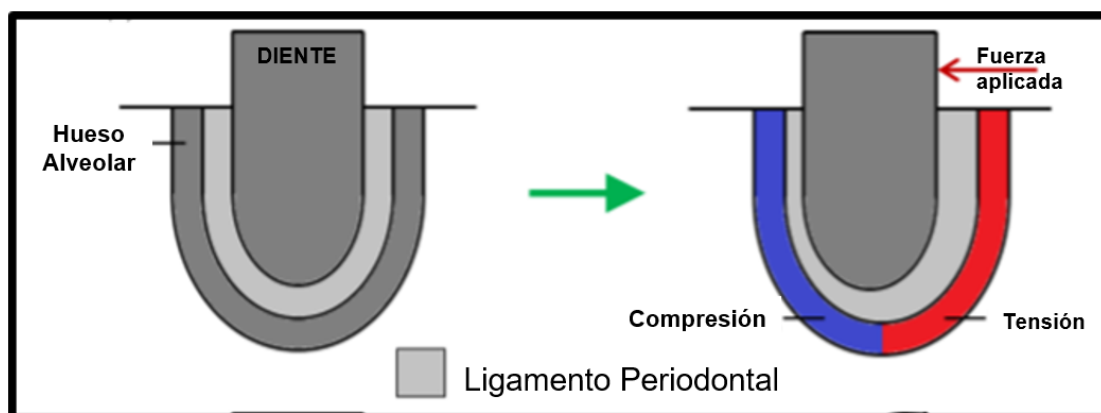
Las fuerzas continuas de alrededor de un Newton aplicadas una vez en varias semanas se transfieren de los dientes al hueso que lo rodea mediante el ligamento periodontal.

Existen diversas hipótesis sobre la biomecánica del movimiento dental, las cuales se mostrarán a continuación.

La primera y una de las más antiguas es conocida como la de *presión tensión*, esta sugiere que el movimiento dental en la dirección de carga comprime al ligamento periodontal en el lado en el que el diente se mueve y hay un estiramiento en el lado opuesto.<sup>5</sup>



Esto da como resultado zonas simétricas de compresión y tensión que ocurren en el periodonto, lo que lleva a una resorción ósea y tensión causando formación de hueso, sin embargo, esta hipótesis no está de acuerdo con cómo se lleva a cabo la adaptación ósea que comúnmente conocemos. Aquí un incremento en la carga y la tensión del hueso se relaciona con la formación ósea mientras que una disminución en las cargas es la causa de la resorción ósea, para confirmar esta hipótesis Cattaneo (et al) desarrolló un modelo para examinar la distribución del estrés en el periodonto después de la aplicación de una carga ortodóncica, en este estudio se concluye que el movimiento dental puede no ser explicado simplemente por la compresión y tensión en la dirección de la fuerza aplicada (fig. 9).<sup>5</sup>



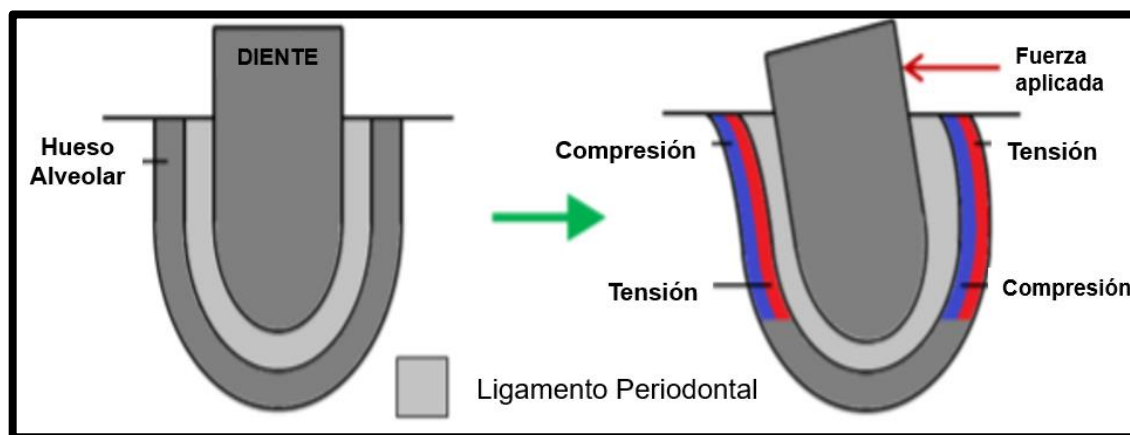
*Fig. 9 Hipótesis de Presión Tensión, mostrando el desplazamiento del diente conduciendo a una compresión y tensión en el hueso adyacente.*

Existe una segunda hipótesis llamada *flexión alveolar* fue descrita por Baumrind. Esta sugiere que, así como la deformación del ligamento periodontal, el movimiento dental también causa la deformación del hueso alveolar.

En esta hipótesis las paredes del alvéolo se comportan mediante la fijación de un extremo (hacia el ápice) y libre en el otro lado (hacia la corona del diente). Cuando se aplica una fuerza ortodóncica esto produce una nueva posición del lado libre, como el otro lado está fijo ocurre un doblamiento del

alvéolo dental. El lado en el que el diente es empujado se dobla lejos del diente y el otro lado es jalado hacia el diente. Esta hipótesis explica la remodelación ósea inicialmente descrita por Frost y desarrollada por Currey, en donde este último dice que los gradientes de deformación son los responsables en la determinación de la naturaleza de adaptación del hueso, en donde el hueso se agrega a la superficie si, bajo la aplicación de una carga, la tensión del hueso se vuelve mayor con la profundidad a partir de la superficie. De manera inversa, hay una resorción ósea si las fuerzas tensionales se vuelven menores con la profundidad.<sup>5</sup>

Aplicado a esta hipótesis, el hueso se agregará a la superficie comprimida y habrá una resorción de éste las superficies de tensión, causando que la posición del diente se mueva en la dirección de la fuerza aplicada. (fig.10).<sup>5</sup>

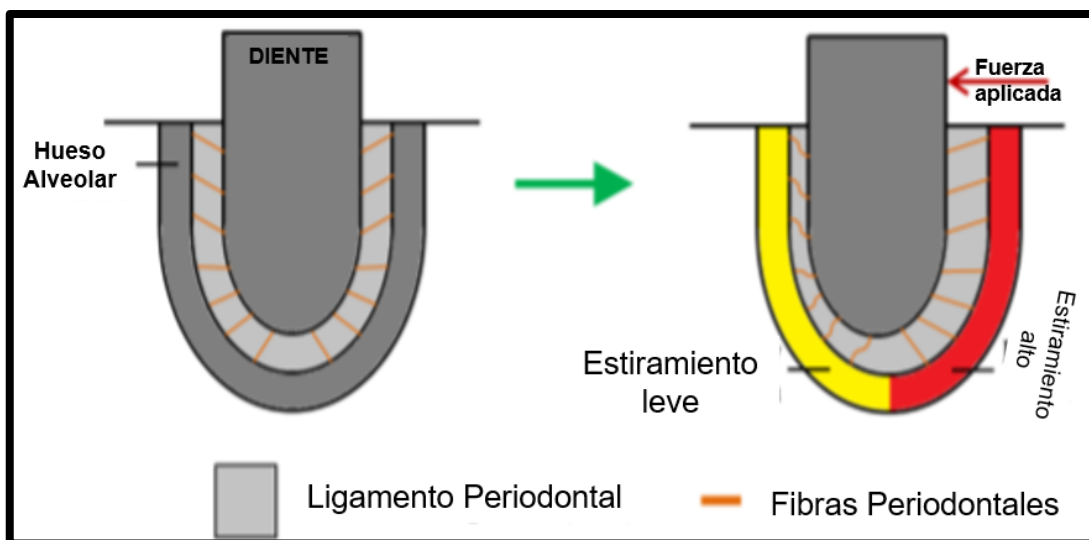


*Fig. 10 Hipótesis de doblamiento alveolar, mostrando el movimiento dental causando un doblamiento del hueso alveolar.*

Recientemente ha surgido una tercera hipótesis llamada *fibra estirada*, respaldada por Melsen, la cual tiene la intención de relacionar el movimiento dental ortodóncico con la remodelación ortopédica ósea de acuerdo con la teoría de Frost, ésta nos dice que la baja tensión conduce a una resorción ósea y por el contrario una alta tensión conlleva a la formación ósea. Melsen sugiere

que las fibras del ligamento periodontal estarán comprimidas en el sitio en el que el diente es empujado y estirado en el lado opuesto, así las fibras del ligamento periodontal solo ejercerán fuerza en el hueso circundante, en donde estas están en tensión, y no donde están en compresión. Por lo tanto, el ligamento periodontal proveerá de una ligera resistencia al movimiento dental en la dirección de la fuerza aplicada y así se transferirá una fuerza despreciable al hueso alveolar en ese sitio. De manera inversa las fibras se estirarán en el lado opuesto, en consecuencia, la carga será esencialmente trasladada ahí.

Según la teoría mecanostática de Frost, puede ser utilizada para explicar el movimiento dental ortodóncico, en donde el hueso alveolar que se encuentra bajo una carga sufrirá una resorción, mientras que la fuerza ejercida por el estiramiento de las fibras periodontales en el lado opuesto causará una formación ósea. (fig. 11).<sup>5</sup>



**Fig. 11** Hipótesis de la fibra estirada, mostrando el estiramiento y la compresión de las fibras del ligamento periodontal creando áreas de baja y alta tensión en el hueso adyacente. La flecha roja indica la dirección de la fuerza ortodóncica aplicada.



### **1.3.3.1 Fases del ligamento periodontal**

Al igual que el hueso alveolar, el ligamento periodontal forma parte esencial en el proceso del movimiento dental, por lo que es necesario analizar cómo se lleva a cabo el proceso ortodóncico en el tejido laxo que rodea al diente, el cual atraviesa diferentes fases que involucran diferentes fenómenos celulares para lograr el movimiento dental.

#### **1.3.3.1.1 Primera fase**

Cuando se aplica una fuerza continua sobre la corona del diente, la cual tiene como objetivo el movimiento dental, primero ocurre la compresión del ligamento periodontal, después de un tiempo, aproximadamente entre 30 y 40 horas, las células que se encuentran en los alrededores del ligamento periodontal se encargan de los cambios que caracterizan al movimiento ortodóncico, en donde el ancho del ligamento aumentará debido a una eliminación ósea, además de que la dirección de las fibras cambiará significativamente, a este proceso se le conoce como periodo inicial del movimiento dental.<sup>3</sup>

#### **1.3.3.1.2 Segunda fase**

Mejor conocida como fase de hialinización: Cuando la fuerza llega a su máximo, se encuentran algunas áreas limitadas en donde el ensanchamiento de la membrana impide la circulación vascular y la diferenciación celular, lo que desencadena una degradación tanto celular como vascular, por lo que se observa una zona transparente, conocida como zona de hialinización, la cual se describe como una zona necrótica estéril y que se divide en tres etapas: degeneración celular, eliminación del tejido y la creación de una inserción nueva.<sup>3</sup>

Debido a la naturaleza necrótica de las zonas hialinizadas, es importante mencionar que no es posible el reclutamiento celular en estas



áreas, por lo que la reabsorción ósea no se lleva a cabo desde el ligamento periodontal. El tejido hialinizado se elimina en consecuencia a la presencia de células y vasos sanguíneos de la membrana periodontal que no sufre una compresión, por lo que los macrófagos de la zona “sana” se encargan de digerir completamente el material hialinizado.

Por su parte el hueso alveolar es reabsorbido por un mecanismo indirecto en el que las células de la médula adyacente se han diferenciado en osteoclastos, lo cual determina la degradación ósea, mientras que la fijación final se da cuando se eliminan por completo las zonas comprimidas y se comienza una síntesis de nuevos tejidos ahora que el espacio del ligamento periodontal es más amplio.<sup>4</sup>

#### **1.3.3.1.3 Tercera fase**

En esta fase el ligamento periodontal se reorganiza gracias a la formación de nuevas fibras, por su parte las fibras antiguas se incorporan a capas de hueso nuevo que se mineralizan en la parte más profunda del alvéolo, estas fibras, que fueron estiradas, no sufren ninguna ruptura, más que nada sufren una remodelación, la cual implica un reemplazo de colágeno.<sup>3</sup>

De igual manera el hueso nuevo se adhiere en el tejido óseo hasta que se logra un ancho en el espacio periodontal similar a la inicial, al mismo tiempo que ocurre esto el sistema de fibras se renueva.<sup>4</sup>

Esto es un ejemplo de cómo la inflamación en ortodoncia es un proceso que se lleva a cabo en un ambiente local y controlado, cuando el organismo considera que se necesita una respuesta celular inmediata ante la presencia de fuerzas que amenazan, según las células, la armonía de los tejidos adyacentes al diente.



## 2. TIPOS DE MOVIMIENTO DENTAL

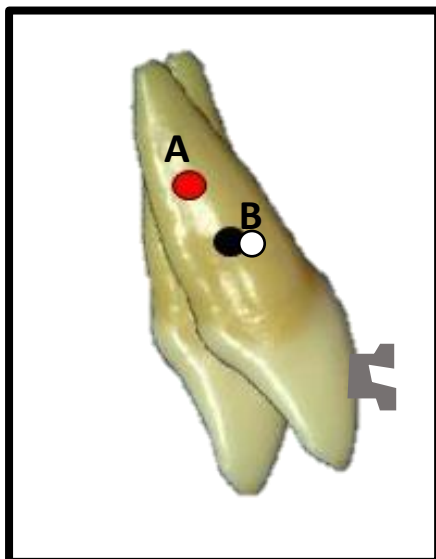
Cada tipo de movimiento dental es el resultado de diferente momento y fuerza aplicadas, la relación entre el sistema de fuerza aplicada y el tipo de movimiento se puede describir por la relación momento fuerza, esta relación determina el tipo de movimiento o el centro de rotación. Este movimiento depende del momento, la fuerza y de la calidad del soporte periodontal: raíces más cortas o menor altura alveolar altera el tipo de movimiento.

### 2.1 Inclinación

Este movimiento se caracteriza por el aumento de presión en zonas específicas del ligamento, lo que hace que se forme un sostén para que se realice el movimiento dental en la dirección opuesta. La inclinación genera una zona de hialinización debajo de la cresta del hueso alveolar y por esta razón este movimiento produce un movimiento más visible que cualquier otro, además de que no son necesarias fuerzas excesivas, sólo que sean continuas.<sup>2</sup>

Cuando hablamos de un paciente joven se puede concluir que la reabsorción ósea en el movimiento de inclinación moderado se acompaña de una compensación ósea, ésta va a variar según la situación del paciente ya que depende enteramente de la presencia de osteoblastos ya que estos son los principales formadores de hueso en el periostio. Lo que también puede variar es la aposición del hueso que compensa la zona apical, de nuevo relacionado a la presencia o ausencia de osteoblastos en la región anteriormente mencionada.<sup>3</sup>

La inclinación es el movimiento ortodóncico con un desplazamiento de la corona mayor al de la raíz. A continuación, se muestran los diferentes tipos de inclinación, los cuales se conocen como inclinación controlada y no controlada. <sup>1</sup> Fig. 12

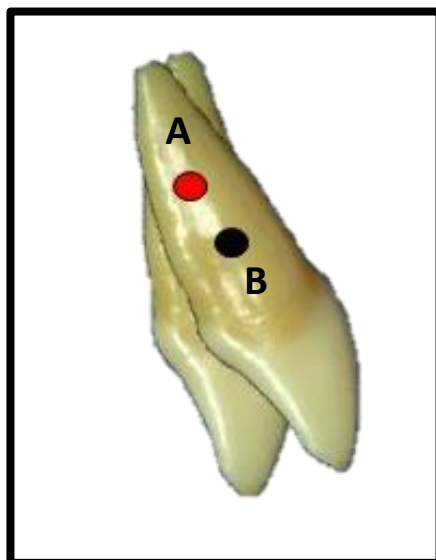


*Fig. 12* Donde se muestra cómo se lleva a cabo el movimiento de inclinación. A. Centro de Rotación. B. Centro de Resistencia <sup>6</sup>

### 2.1.1 Inclinación no controlada

Incluye la inclinación con un centro de rotación entre el centro de resistencia y el ápice dental.

Es una fuerza simple, horizontal, a nivel de un bracket causará un movimiento en el ápice de la raíz y la corona en direcciones contrarias. Este es el tipo más simple de movimiento dental, pero no es deseable es el más deseable. A menudo se utiliza este tipo de movimiento en pacientes con Clase II, en donde los incisivos necesitan separarse. <sup>2</sup> Fig. 13

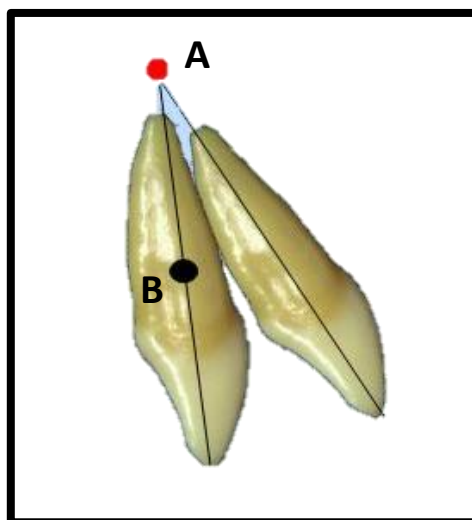


*Fig. 13* Inclinación no controlada A. Centro de Rotación. B. Centro de Resistencia. En este tipo de inclinación el centro de rotación se encuentra entre el ápice dental y el centro de resistencia. <sup>6</sup>

## 2.1.2 Inclínación controlada

Es la inclinación con el centro de rotación en el vértice de la raíz. Este es un tipo de movimiento deseable, se alcanza aplicando una fuerza para mover la corona, como se hace en la inclinación no controlada y aplicando un momento para controlar o mantener la posición del vértice de la raíz. Generalmente se necesita una relación momento/fuerza de 7:1 para este tipo de inclinación.<sup>2</sup>

La tensión en el vértice de la raíz es mínima, lo que ayuda a mantener la integridad del vértice y la concentración de tensiones en el área cervical permite oportuno movimiento dental. En pacientes con incisivos maxilares salientes, el vértice de la raíz con frecuencia está en una buena posición y no requiere ser movida. El único movimiento grande es el de la corona. Fig. 14

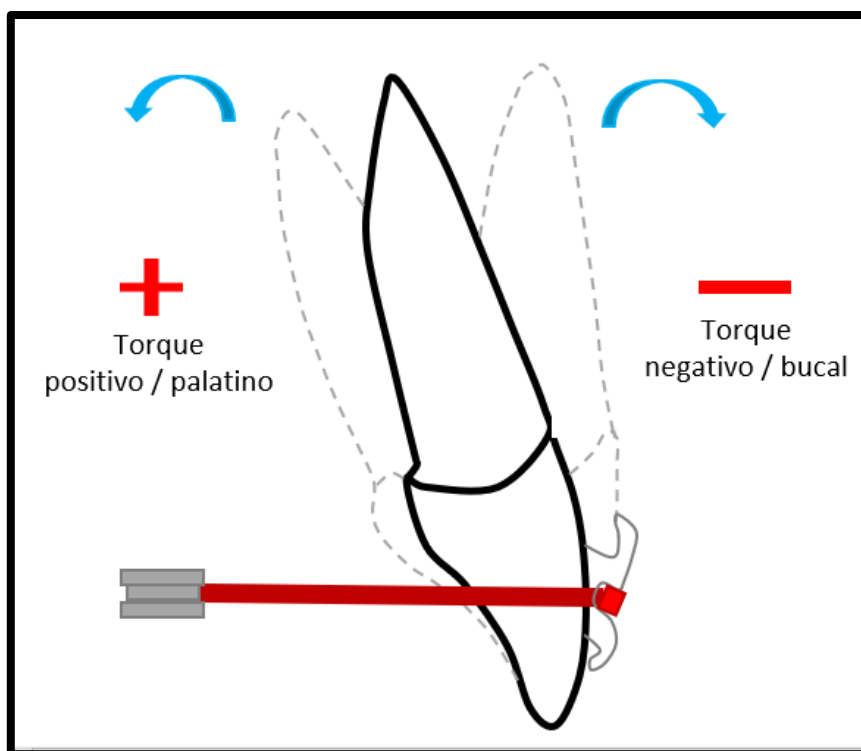


*Fig. 14 Inclínación controlada A. Centro de Rotación. B. Centro de Resistencia. En donde el centro de rotación se encuentra apical al ápice dental.<sup>6</sup>*



## 2.2 Torque

Este movimiento se lleva a cabo cuando hay una inclinación del ápice. En una etapa inicial, la zona de presión se encuentra en el tercio medio del diente, esto sucede debido a que el ligamento periodontal tiene una mayor anchura en el ápice que en la zona medial. Después de la reabsorción ósea en el área anteriormente mencionada, la superficie apical comienza a comprimirse progresivamente por lo que se crea un área de presión de mayor superficie. Aunque si se aplica un mayor torque, la carga aumentará, causando así posiblemente una reabsorción y fenestración de la tabla ósea bucal (fig.15).<sup>3</sup>



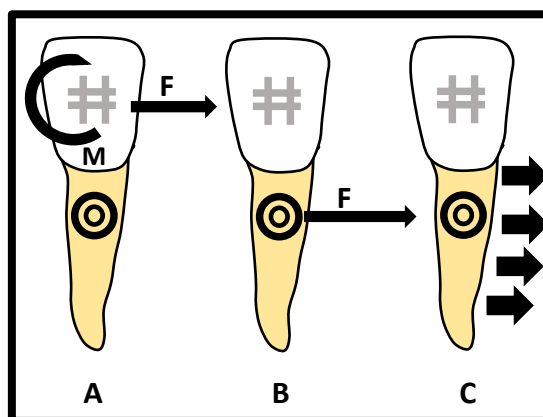
**Fig. 15** Torque, movimiento del ápice del diente. Positivo que conduce hacia un movimiento palatino de la raíz. Negativo que conduce a un movimiento vestibular de la raíz.

## 2.3 Traslación

También se conoce como “movimiento en bloque”. La traslación de un diente tiene lugar cuando el vértice de la raíz y la corona se mueven en una misma distancia y en la misma dirección horizontal. El centro de rotación es significativamente lejano.<sup>1</sup>

Este tipo de movimiento se logra cuando se establecen dos fuerzas que actúan paralelamente y por lo tanto hacen que la carga se difunda a toda la superficie alveolar, provocando así una reabsorción ósea en ambos lados, tanto en el de tensión como el de compresión, en donde están las áreas hialinizadas.<sup>3</sup>

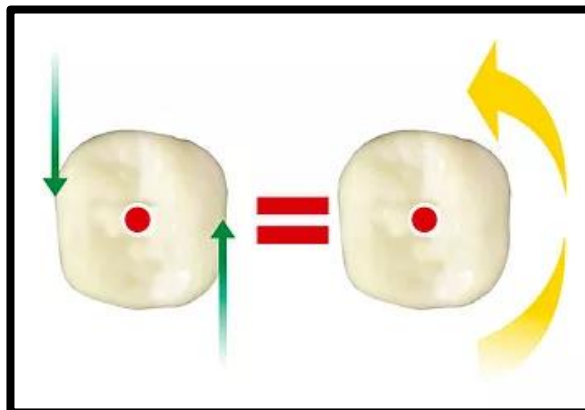
Una fuerza horizontal aplicada al centro de resistencia de un diente de un diente dará por resultado este movimiento, sin embargo, el punto de aplicación de la fuerza en el bracket está lejos del centro de resistencia. Al igual que con la inclinación controlada, la traslación requiere de la aplicación simultánea de una fuerza y un acoplamiento en el bracket. Comparado con la inclinación controlada, la magnitud en este movimiento debe de ser mayor para así mantener la inclinación axial del diente.<sup>3</sup> Fig. 16



*Fig. 16* Movimiento de traslación. a. en donde  $F$  representa la fuerza lineal y  $M$  representa el par de momentos de las fuerzas aplicadas. b. en donde  $F$  representa la fuerza que pasa por el centro de resistencia. c. Resultado del movimiento de traslación.<sup>7</sup>

## 2.4 Rotación

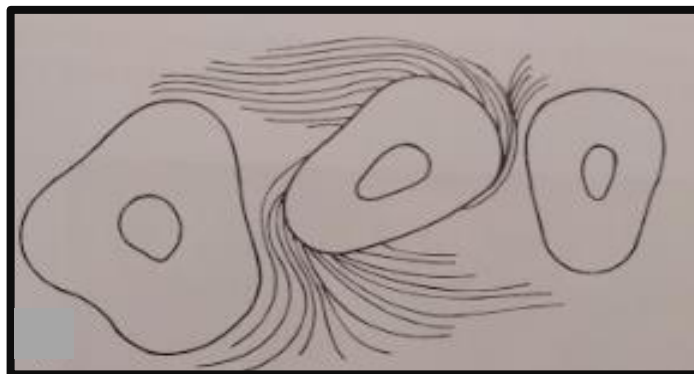
La rotación pura de un diente requiere una cupla, lo cual se describe como un sistema de fuerzas paralelas que van en sentido contrario y además la separa una pequeña distancia, por lo que no existe una fuerza que actúe directamente sobre el centro de resistencia dando como resultado un movimiento rotacional. (fig. 17).<sup>4</sup>



*Fig. 17 Se muestra como la aplicación de dos fuerzas opuestas resulta en un movimiento rotacional.*

La magnitud de un sistema de cupla se calcula multiplicando la magnitud de las fuerzas por la distancia entre ellas; las unidades también están en gramos sobre milímetros. La dirección de la rotación se determina siguiendo la dirección de cualquier fuerza contraria. La cupla da por resultado el movimiento rotacional puro alrededor del centro de resistencia sin tomar en cuenta el lugar donde se aplican las fuerzas opuestas.<sup>2</sup>

En este tipo de movimiento existen dos lados de presión y dos lados de tensión, en uno de los lados de presión se lleva a cabo un proceso de hialinización y reabsorción, mientras que en el otro lado de presión ocurre una reabsorción ósea directa. Por otro lado, en las zonas de tensión se forman espículas a lo largo de los haces de fibras periodontales que se encuentran estirados y por ende en una posición oblicua, lo que resulta en un desplazamiento del tejido fibroso que se encuentra a una distancia del diente que fue rotado. (fig. 18)<sup>3</sup>



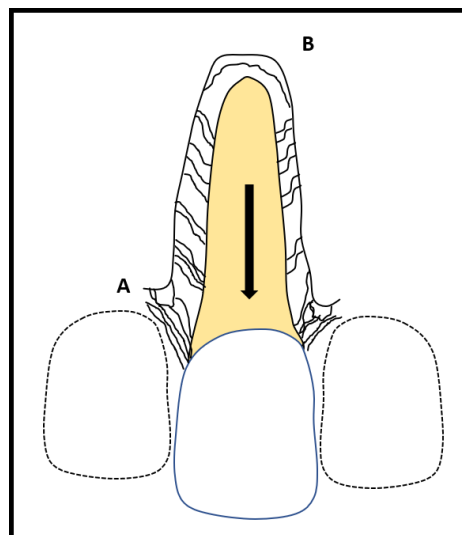
*Fig. 18* Muestra de cómo se distribuyen las fibras periodontales una vez realizado el movimiento de rotación.

## 2.5 Extrusión

Como su nombre lo dice, en este movimiento se busca jalar al diente por arriba del plano oclusal.

Este movimiento no produce áreas de compresión en el ligamento periodontal, si no que se crea una zona de tensión, se requiere de fuerzas ligeras ya que se podría provocar una extracción del diente, estas fuerzas mínimas son las que provocan un movimiento en conjunto del diente con el hueso alveolar.

Para lograr una extrusión, los haces de las fibras periodontales supraalveolares se estiran y el nuevo hueso se posiciona en la cresta alveolar, generando así una posición nueva para el diente. (fig. 19)<sup>3</sup>



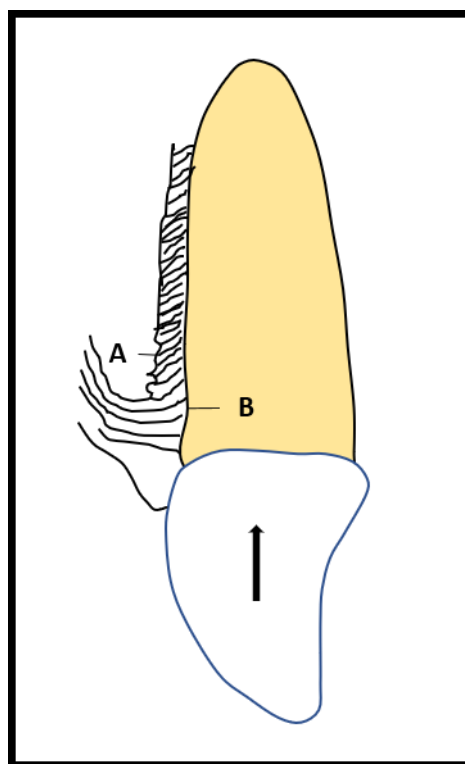
*Fig.19* Distribución de las fibras periodontales en la extrusión. A. Hueso nuevo en la cresta alveolar. B. Nuevas capas óseas al fondo del alvéolo.

## 2.6 Intrusión

Es un movimiento opuesto a la extrusión ya que en este movimiento lo que se pretende es llevar al diente al plano de oclusión, “metiéndolo” en el alveolo, para que se logre una armonía con los dientes adyacentes.

En este movimiento el ligamento sufre cambios muy ligeros y por la misma razón es muy raro que haya una recidiva ya que los haces periodontales quedan ligeramente relajados.<sup>3</sup>

A diferencia de la extrusión, aquí el estiramiento se da en las fibras principales por lo que el hueso nuevo se encuentra en la zona marginal, por la precisión de este movimiento es necesario que la fuerza ejercida sea monitoreada periódicamente además de que debe de ser ligera ya que se pueden presentar diversos problemas en tejido pulpar, como la vascularización del odontoblasto y el edema pulpar. (fig. 20)<sup>3</sup>



*Fig. 20* Distribución de fibras periodontales durante la intrusión. A. Hueso nuevo en dirección de las fibras donde hay tensión. B. Tejido periodontal relajado.



### 3. FUERZAS ÓPTIMAS PARA LA MOVILIZACIÓN ORTODÓNICA DE LOS DIENTES

A continuación, se muestran las fuerzas que se deben de utilizar para lograr los diferentes movimientos dentales. (tabla 1)<sup>3</sup>

MOVIMIENTO	FUERZA EN GRAMOS	FUERZA EN ONZAS
<i>Inclinación</i>	35 – 60	1.2 – 2.1
<i>Traslación</i>	70 – 120	2.5 – 4.2
<i>Movimiento de la raíz</i>	50 – 100	1.7 – 3.5
<i>Rotación</i>	35 – 60	1.2 – 2.1
<i>Extrusión</i>	35 – 60	1.2 – 2.1
<i>Intrusión</i>	10 – 20	0.35 – 0.70

Tabla 1. Fuerzas en gramos y onzas para el movimiento dental.

### 4. COMPLICACIONES

A lo largo del tratamiento ortodónico se pueden presentar distintas complicaciones, las cuales si bien, no son deseables, pueden presentarse y hay que tenerlas en cuenta a la hora de planear un tratamiento que conlleve un movimiento dental.

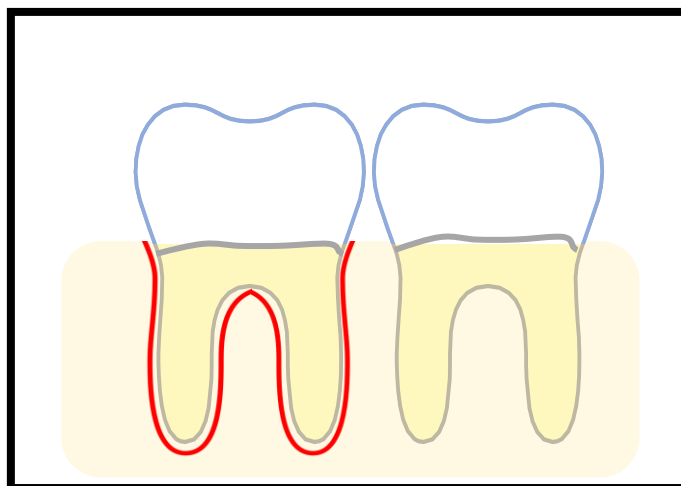
#### 4.1 Anquilosis

La anquilosis dental es una respuesta de recuperación del diente ante un traumatismo, en el cual se observa la pérdida total del ligamento periodontal y hay un contacto directo de la raíz del diente con el hueso alveolar.<sup>3</sup> En casos de trauma dental grave, tal como avulsión o intrusión, hay lesión a la membrana periodontal dando como resultado una fusión directa del hueso alveolar con el diente.<sup>1</sup>

Este fenómeno también se puede presentar en dientes tratados quirúrgicamente.<sup>3</sup>

En estos casos el diente no se mueve en absoluto, sin considerar la cantidad de fuerza externa aplicada sobre él. Una causa probable de esto es el fenómeno conocido como anquilosis donde las fibras del ligamento periodontal están visiblemente ausentes y por lo tanto no pueden servir como un intermediario entre la estructura de raíz y hueso alveolar.

Las consecuencias de esta condición incluyen resorción progresiva de la raíz con el reemplazo por hueso, además de una detención de crecimiento del proceso alveolar en pacientes en crecimiento. La anquilosis parcial también puede ocurrir cuando sólo áreas limitadas de los dientes se fusionan al hueso. Si estas regiones localizadas de anquilosis se pueden superar con la aplicación de suficiente fuerza, se puede llevar hacia un patrón normal de remodelación de tejido y movimiento dental (fig. 21).<sup>1</sup>



*Fig. 21 Anquilosis, en donde la línea roja representa al ligamento periodontal, en el diente de lado derecho se observa una ausencia del ligamento periodontal, mejor conocida como anquilosis.*

#### **4.2 Resorción de la raíz**

Es conocida como resorción apical externa apical y es una reducción de la estructura radicular que involucra los ápices y es un fenómeno común que se presenta en el tratamiento de ortodoncia, la cual es un proceso patológico que



se induce por un estímulo externo y avanza desde el cemento hacia la dentina, por lo que afecta la superficie externa o lateral de un diente<sup>3</sup>. La mayoría de los casos de resorción es clínicamente insignificante, pero las consecuencias fluctúan desde movilidad dental leve que resulta de poca resorción de la raíz hasta completa pérdida de dientes, debido a excesiva resorción. El tipo y la magnitud de resorción varían considerablemente desde leve debilidad apical de la raíz en una gran mayoría de los casos, hasta resorción lateral de la raíz y hasta poco frecuente, pérdida excesiva de la raíz.<sup>1</sup>

La prevalencia de la resorción radicular es alta y los factores que la causan son muy complejos, éstos pueden ser tanto internos como externos. Los factores internos son los que tiene el paciente como genética, género, edad a la que se inició el tratamiento ortodóncico, el tiempo de aplicación, nutrición, morfología radicular, densidad del hueso alveolar, tipo de maloclusión, entre otras. Los factores de riesgo externos son principalmente causados por el tratamiento ortodóncico, como son el tipo de aplicación, técnica del tratamiento, fuerzas intermitentes y continuas, magnitud de la fuerza y dirección de ésta, duración de la fuerza aplicada, extracciones de premolares, distancia entre dientes y el movimiento radicular.<sup>8</sup>

En la actualidad se desconocen los factores causantes o que contribuyen a esta patología, varios estudios proponen que existe un grupo de factores que pueden predisponer a los pacientes, entre ellos se encuentra el factor hereditario, otros mencionan que la relación de potencia de la fuerza, así como la velocidad y dirección del movimiento dental, aunque este último no ha demostrado resultados consistentes. Sin embargo, por otro lado, se ha demostrado una asociación positiva entre la duración del tratamiento y la resorción de la raíz. La morfología de la raíz, especialmente las anormales también pueden ser un factor que desencadene la resorción radicular.<sup>1</sup>

Existe una hipótesis que habla sobre la densidad ósea la cual se basa en la presunción de que el hueso y las raíces con niveles similares de





calcificación es probable que experimenten un grado comparable de degradación cuando se aplican fuerzas exógenas.<sup>1</sup>

La resorción radicular se clasifica en:<sup>9</sup>

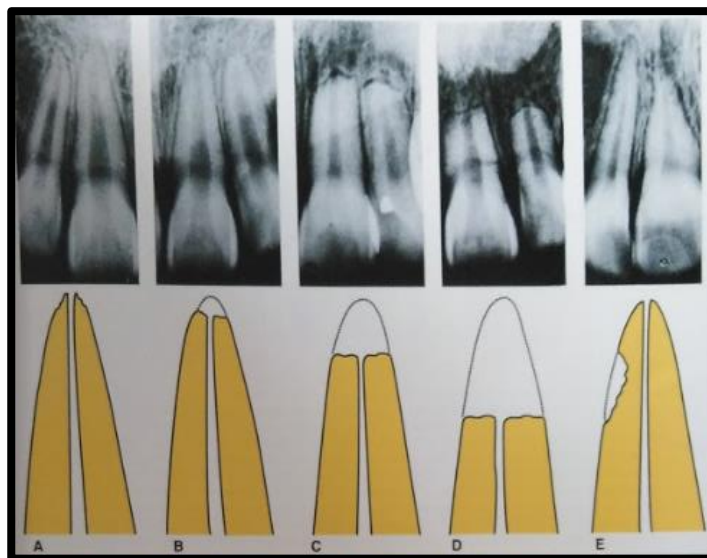
- 1) **En la superficie:** Compromete áreas pequeñas de la superficie radicular y se produce una reparación espontánea.
- 2) **Inflamatoria:** En donde hay presencia de células multinucleadas que colonizan las superficies desprovistas de cemento, reabsorben la dentina. Esta a su vez se divide en:
  - a. *Transitoria:* Se presenta cuando el daño es de poca magnitud o duración, en la mayoría de los casos el defecto que se produce no es visible en radiografías y se repara rápidamente.
  - b. *Progresiva:* Esta se produce por estímulos que duran periodos largos.
- 3) **Por reemplazo:** Ocurre cuando hay una necrosis extensa en el ligamento periodontal con formación de hueso en la superficie de la raíz. El hueso reemplaza lentamente el cemento perdido de la superficie radicular y se une al cemento restante produciendo anquilosis.

En este estado patológico se pueden distinguir 4 grados de severidad, en el primer grado se observa un contorno radicular irregular, en el segundo hay un acortamiento no mayor a 2 mm de la longitud radicular, en el grado 3 la resorción radicular es aproximadamente de 2 mm o de 1/3 de la longitud radicular y por último en el cuarto grado la pérdida es superior a 1/3 de la raíz, este último es el que peor pronóstico tiene.<sup>10</sup> Fig. 22

Existen estudios que afirman que la progresión de las lesiones provocadas por fuerzas ortodóncicas, una vez retiradas éstas, se estabiliza.<sup>8</sup>

Debido a posibles, importantes implicaciones clínicas y legales de resorción de la raíz, es necesaria la monitorización radiográfica durante el tratamiento ortodóncico, para minimizar los daños y prevenir lesiones futuras.

Según Herrera y colaboradores, los dientes más susceptibles a la resorción radicular son los incisivos tanto inferiores como superiores.<sup>10</sup>



*Fig. 22. Diferentes tipos de reabsorción radicular. A. Nula. B. Leve. C. Moderada. D. Severa. E. Lateral.<sup>2</sup>*

### 4.3 Hialinización

En diversos estudios se han descrito las lesiones necróticas en los sitios de compresión en el espacio del ligamento periodontal, documentando los cambios histológicos que acompañan el movimiento dental ortodóncico. Estas áreas se conocen como “Zonas de hialinización” debido a su semejanza en apariencia al cartílago hialinizado<sup>2</sup>.

Las técnicas morfológicas modernas han aclarado que las llamadas “hialinizaciones” son de hecho áreas de necrosis focal de tejido. Mientras estas lesiones, no ocurre movimiento ortodóncico dental. Este periodo coincide con la fase de retardo del ciclo de movimiento dental. Las células fagocíticas son reclutas y migran al lugar a fin de eliminar estas lesiones necróticas. Estas



células eliminan el tejido lesionado de la periferia, dando por resultado la resorción no sólo de la lesión necrótica del tejido blando, sino también del hueso alveolar adyacente al cemento.<sup>3</sup>

Las respuestas del tejido en sitios de tensión consecuentes con aquellas que han sido descritas para otros sitios donde el tejido blando separa al hueso.

#### 4.4 Defectos óseos

Se ha demostrado que en muchos casos en los que se realizan tratamientos de ortodoncia existe la posibilidad de que se desarrollen defectos óseos, esto está determinado por un desequilibrio en la reabsorción y neoformación ósea.

Cuando tenemos a un paciente con biotipo gingival fino es fundamental hacer un análisis profundo sobre las fuerzas que se utilizarán ya que estos pacientes son más propensos a presentar defectos óseos, como dehiscencias y fenestraciones, especialmente cuando se realizarán movimientos de inclinación y torque.<sup>11</sup> Fig. 23

Melsen propone dos tipos de movimiento dentario:

1. Movimiento dentario a través del hueso: En este tipo de movimiento se crea una reabsorción lejana por lo que el diente da un “salto”, es decir, un movimiento brusco, por lo que si hay un desequilibrio en la reabsorción y neoformación puede presentarse una recesión gingival acompañada de un defecto óseo ya sea una fenestración o una dehiscencia, en los que la raíz lesiona la cortical externa del hueso alveolar.<sup>11</sup> Fig. 24
2. Movimiento dentario acompañado por el hueso: Este es el movimiento deseado en el tratamiento de ortodoncia, ya que como su nombre lo dice, el diente y el alvéolo se mueven como un conjunto.<sup>11</sup>

Este es un fenómeno poco común pero que puede darse si no hacemos un diagnóstico y tratamiento adecuado, por lo que es necesario contar con el

material necesario, si observamos que nuestro paciente muestra recesiones gingivales o un biotipo gingival fino, podemos pedir una Tomografía Cone Beam para observar el grosor de la cortical y así prevenir daños al hueso.<sup>12</sup>



*Fig. 23 En donde F. Fenestración. D. Dehiscencia.<sup>12</sup>*



*Fig. 24 Paciente en tratamiento ortodóncico que presenta un defecto óseo.<sup>13</sup>*



## CONCLUSIONES

- El Conocimiento sobre la biomecánica en el ámbito ortodóncico es fundamental para así tener un plan de tratamiento establecido, en el que seamos conscientes de las necesidades de nuestro paciente.
- La remodelación ósea que se lleva a cabo durante el tratamiento de ortodoncia es la que determinará el movimiento dental por lo que se debe de conocer a profundidad cómo se lleva a cabo para así tomar las respuestas biológicas del cuerpo a nuestro favor buscando realizar un tratamiento de calidad, en el que se vea beneficiada la salud oral del paciente.
- El conocimiento sobre los conceptos de física y de movimiento dental será primordial para su aplicación adecuada sobre el paciente, abordando las maloclusiones de una manera directa y planeada.
- Cuando se conocen, de una manera más amplia, las complicaciones que se pueden presentar en un tratamiento ortodóncico, éstas se pueden prevenir para así no perjudicar la salud del paciente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Quiros Alvarez O. Haciendo fácil la ortodoncia. Caracas, Venezuela: AMOLCA; 2012.
2. Nanda R. Biomecánicas y Estética. 1a. Colombia: Amolca; 2007.
3. Graber LW, Vig KW., Vanarsdall RL, jr, Huang GJ. Ortodoncia: principios y técnicas actuales. Barcelona: Elsevier; 2017.
4. Proffit WR. Ortodoncia contemporánea [Internet]. 2014 [citado 19 de septiembre de 2018]. Disponible en: <http://public.ebib.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=3430396>
5. McCormack SW, Witzel U, Watson PJ, Fagan MJ, Gröning F. The Biomechanical Function of Periodontal Ligament Fibres in Orthodontic Tooth Movement. Agarwal S, editor. PLoS ONE. 18 de julio de 2014;9(7): e102387.
6. BIOMECÁNICA APLICADA A LA ORTODONCIA - ppt video online descargar [Internet]. [citado 2 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://slideplayer.es/slide/39471/>
7. Movimiento dentario [Internet]. Gaceta Dental. 2009 [citado 2 de octubre de 2018]. Disponible en: <https://www.gacetadental.com/2009/02/movimiento-dentario-31710/>
8. Jang Y, Hong H-T, Chun H-J, Roh B-D. Influence of Dentoalveolar Ankylosis on the Biomechanical Response of a Single-rooted Tooth and Surrounding Alveolar Bone: A 3-dimensional Finite Element Analysis. Journal of Endodontics. noviembre de 2016;42(11):1687-92.
9. Herrera Chávez MG. Incidencia de reabsorción radicular en pacientes terminados del Departamento de Ortodoncia de la División de Estudios de Postgrado e Investigación de la Facultad de Odontología UNAM, en el periodo 2010-2012. Revista Mexicana de Ortodoncia. 2015;3(3):176-85.



10. Deng Y, Sun Y, Xu T. Evaluation of root resorption after comprehensive orthodontic treatment using cone beam computed tomography (CBCT): a meta-analysis. BMC Oral Health [Internet]. diciembre de 2018 [citado 18 de septiembre de 2018];18(1). Disponible en: <https://bmcoralhealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12903-018-0579-2>
11. Alonso Tosso Á, Bejarano E. Movimiento dentario y cresta alveolar. Prevención de dehiscencias y fenestraciones. Ortod Esp. 2017;55(1):11-28.
12. Caballero Curtido S. Dehiscencias y Fenestraciones en el tratamiento ortodóncico. [Internet] [Revisión sistemática]. [Sevilla]: Universidad de Sevilla; 2016. Disponible en: <https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/61345/TFG%20SA%C3%9AL%20CABALLERO.pdf?sequence=1>
13. ENCIAS.com [Internet]. [citado 2 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://encias.com/recesiongingivaetiologia.html>