



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---



**FACULTAD DE ODONTOLOGÍA**

BIOMECÁNICA EN ORTODONCIA Y ORTOPEDIA  
CRANEOFACIAL.

**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:

ELIZABETH HERNANDEZ VILLANUEVA

TUTOR: Mtro. GABRIEL ALVARADO ROSSANO



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **Dedicatoria**

La presente tesina está dedicada principalmente a dios por ser el soporte de mi vida. A mis padres y hermanos que han sido el principal motor en mi vida, agradezco por todo el amor y paciencia que me han tenido, pero sobre todo gracias por brindarme su apoyo y sus consejos para hacer de mí una mejor persona.

A mis amigas que de una u otra manera han contribuido para el logro de mis objetivos. A todas aquellas personas que me dieron la oportunidad de ser su dentista en mis inicios, gracias por apreciar mi actitud porque con experiencia no contaba y eso es algo valioso que siempre admirare y recordare con mucho cariño.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Odontología por darme una gran formación académica.

Gracias al Dr. Gabriel Alvarado Rossano por apoyarme en la elaboración de mi tesina.

## Índice

<b>I. Historia de la Ortodoncia.....</b>	<b>8</b>
<b>II. Leyes de Newton .....</b>	<b>11</b>
<b>III. Crecimiento cráneofacial.....</b>	<b>12</b>
<b>IV. Osteogénesis, modelado y remodelado óseo .....</b>	<b>17</b>
<b>V. Componentes del aparato masticatorio .....</b>	<b>20</b>
<b>VI. Estructuras de soporte .....</b>	<b>21</b>
6.1 Periodonto.....	21
6.2 Encía.....	21
6.3 Ligamento periodontal.....	25
6.4 Cemento.....	28
6.5 Proceso alveolar .....	30
6.6 Hueso alveolar .....	30
6.7 Surco gingival .....	31
6.8 Fluido crevicular cervical.....	31
<b>VII. Reacción del ligamento periodontal.....</b>	<b>32</b>
<b>VIII. Reacción pulpar .....</b>	<b>34</b>
<b>IX. Reacción de la cresta alveolar .....</b>	<b>35</b>
<b>X. Reacción en hueso.....</b>	<b>36</b>
<b>XI. Biomecánica del movimiento dentario en Ortodoncia.....</b>	<b>37</b>
<b>XII. Tipos de movimiento dental Ortodóntico.....</b>	<b>41</b>
12.1 Extrusión ortodóntica .....	41
12.2 Intrusión ortodóntica .....	42
12.3 Inclinación .....	43
12.4 Traslación.....	45
12.5 Desplazamiento radicular.....	45
12.6 Rotación.....	46
<b>XIII. Dobleces y torque .....</b>	<b>47</b>
<b>XIV. Tipos de fuerza.....</b>	<b>50</b>
<b>XV. Duración adecuada de las fuerzas Ortodónticas .....</b>	<b>51</b>

<b>XVI. Reabsorción .....</b>	<b>53</b>
<b>XVII. Fases del movimiento dental Ortodóntico .....</b>	<b>54</b>
<b>XVIII. Alambres en Ortodoncia .....</b>	<b>55</b>
<b>18.1 Alambres usados en Ortodoncia .....</b>	<b>56</b>
18.1.1 Alambres de acero.....	56
18.1.2 Alambres de cromo cobalto.....	58
18.1.3 Alambres de níquel titanio .....	59
18.1.4 Alambres de niticobre.....	60
18.1.5 Neo Sentalloy.....	60
18.1.6 Longuard TM.....	61
18.1.7 Aleación de titanio- molibdeno .....	61
18.1.8 Alambre australiano .....	62
<b>XIX. Módulos de fuerza .....</b>	<b>63</b>
<u>19.1 Cadenas .....</u>	<u>63</u>
19.2 Ligadura elástica.....	64
19.3 Cuñas .....	65
19.4 Resortes abiertos.....	65
19.5 Resortes cerrados .....	66
19.6 Resortes pletcher.....	66
19.7 Elásticos .....	66
19.8 Separadores.....	67
<b>XX. Retención .....</b>	<b>68</b>
<b>20.1 Principales retenedores removibles .....</b>	<b>68</b>
20.1.1 Placa Hawley.....	68
20.1.2 Retenedor circunferencial o wrap around .....	69
20.1.3 Retenedor elástico wrap around.....	70
20.1.4 Retenedor Osamu .....	71
<b>20.2 Principales retenedores fijos.....</b>	<b>72</b>

## Introducción

La compilación de información para realizar la presente tesina tiene por objetivo conocer la biomecánica del movimiento dentario y los procesos biológicos que lo acompañan ya que es de suma importancia a la hora de realizar tratamientos ortodónticos, puesto que esto nos dará como resultado un procedimiento más eficaz.

Los principios biomecánicos usados en ortodoncia, son contemplados dentro de una rama de la ingeniería denominada mecánica, la cual estudia los efectos que causan las fuerzas sobre los cuerpos (en este caso dientes y huesos). Estos conceptos nos ayudan a entender el comportamiento de los cuerpos para poder elegir los materiales idóneos con los cuales vamos a trabajar a lo largo del tratamiento y de esta manera poder conseguir resultados exitosos. Dentro de los materiales utilizados en ortodoncia encontramos una gran variedad de aditamentos como los son los diversos tipos de arcos, ligas intermaxilares de distintas medidas, separadores etc. los cuales nos serán de gran utilidad al momento de escoger el material que mejor se adapte a nuestras necesidades, por eso es de suma importancia conocer cada uno de ellos

Los conocimientos básicos sobre el sistema estomatognático son fundamentales para el diagnóstico, planificación de tratamiento, pronóstico y evaluación de resultados posteriores a la terapia ortodóntica, al conocer la manera idónea en la que nos desarrollamos, nos será más sencillo poder identificar a tiempo posibles anomalías en el desarrollo y tratarlas a tiempo.

Los temas tratados son el crecimiento craneofacial, los componentes del aparato estomatognático, la biomecánica del movimiento dental y los aditamentos más usados para realizar dichos desplazamientos, así como las

consecuencias de no llevar a cabo un adecuado control del tratamiento, entre estas se encuentra la reabsorción radicular, pérdida dental, etc.

Por otro lado, la ortopedia es una rama relevante en la odontología, debido a que nos ayuda a tratar padecimientos de una manera prematura sin tener que llegar a cirugías o tratamientos más complejos y largos, además de obtener resultados satisfactorios para los pacientes. Tanto en ortodoncia y ortopedia se emplean momentos y fuerzas que actúan en tejidos específicos que dan soporte y sostén a los dientes, por ende, debe haber un conocimiento de cada estructura.

## I. Historia de la Ortodoncia

La ortodoncia al igual que la odontología ha ido cambiando a lo largo del tiempo, dentro de su evolución encontramos nuevos paradigmas, diversos objetivos de tratamiento, además de mejoras en técnicas y mecánicas empleadas; todo esto se ha hecho posible gracias a los profesionales que nos procedieron puesto que aportaron conocimiento, experiencia, formación e innovación a la ortodoncia.

En 1880 Edward H. Angle comenzó a enseñar ortodoncia en distintas escuelas de odontología, 6 años después había desarrollado un nuevo sistema de “regulación de dientes”, además de haber publicado en 1923 la primera edición de su libro Malocclusion of the teeth. A finales del siglo XIX inauguro su propia institución odontológica, ya que no logro que las escuelas dentales de esa época formaran un departamento de ortodoncia.

La Angle School of Orthodontia se abrió en 1900 en St. Louis con el objetivo de instruir a muchos dentistas para especializarlos en ortodoncia hasta 1911, dentro del temario se incluía anatomía, histología, zoología y arte. La demanda a la escuela de Angle era bastante, al grado de que todos aquellos que querían ser admitidos tenían que aprobar un examen, a raíz de este problema se abrieron más escuelas superiores con especialidad en ortodoncia.

En México el maestro José J. Rojo fue el primer dentista mexicano que curso y culmino la especialidad de ortodoncia en Estados Unidos, gracias a su preparación en 1904 el Dr. Ricardo Crombé, director del consultorio Nacional de Enseñanza dental lo consigno a Missouri para que fuera instruido en la universidad del maestro Angle, dicho curso tenía una duración de ocho semanas tiempo suficiente para acreditar a los alumnos admitidos como especialistas en ortodoncia.

Al volver a México, el maestro José J. Rojo comenzó a ofrecer en su consultorio privado ortodoncia con la técnica que aprendió de Angle, además de que inauguró una escuela dental en la cual comenzó a impartir la especialidad en ortodoncia, la cual consistía en la colocación de arcos de plata alemana, mismos que venían con todo y bandas de apoyo con tuercas de ajuste para poder ser instaladas en los primeros molares permanentes del paciente; el arco era usado con la finalidad de corregir problemas de protrusiones, retrusiones y expansión de mandíbula y maxilar, para llegar a su objetivo se utilizaban ligaduras de alambre de bronce y elásticos intermaxilares.

En la segunda y tercera década del siglo XX, en diversos consultorios ofrecían odontología general y prácticas de ortodoncia, sin embargo, todavía no era considerada especialidad, por ende hubo otras situaciones de odontólogos mexicanos que en busca de ser ortodoncistas se especializaron en Estados Unidos, uno de los casos más valiosos fue el del doctor Samuel Fastlicht, quien se preparó en el extranjero con ortodoncia de vanguardia, una vez que culminó sus estudios de especialidad el doctor Fastlicht regresó a México con nuevos conocimientos los cuales compartió al realizar mesas clínicas e impartir cursos.

La Asociación Mexicana de Ortodoncia fue fundada por Samuel Fastlicht en el mismo año de su llegada a México, el maestro Atkinson fue asignado como presidente honorario de la Asociación ya que estaba tan entregado a su labor y por lo tanto constantemente viajaba a México acompañado de distintos profesores ortodoncistas los cuales venían a impartir cursos con la finalidad de compartir experiencias, conocimientos y técnicas.

Pasado el tiempo y ante la alta demanda de dentistas interesados en formarse como ortodoncistas se fueron creando estudios de especialización en distintas instituciones educativas del país. Desde su creación hasta la actualidad, la Facultad de Odontología ha mantenido su excelente nivel académico en la

formación de generaciones de especialistas en ortodoncia de la República Mexicana y toda América Latina.



Fig. 1 Edward H. Angle

## II. Leyes de Newton

En 1686, Newton expuso las leyes esenciales de la mecánica, así como su aplicación y resultados. Las tres leyes del movimiento son:

- a) Primera ley, inercia: Un cuerpo continuara en estado de reposo o en movimiento uniforme en línea recta, a menos que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas que se ejerzan sobre él (cuerpo en equilibrio).

Una malposición dentaria no podrá solucionarse nunca de manera espontánea, para resolverlo será necesario aplicar fuerzas que logran su movimiento.

- b) Segunda ley, dinámica: La aceleración de un cuerpo (cambio de velocidad con el tiempo), es proporcional a la fuerza que lo produce y es inversamente proporcional a la masa del cuerpo.

En ortodoncia se pueden aplicar diversas fuerzas con variables intensidades, todo depende de que diente es el que se desea mover y a que posición, dicho de otra manera, podemos afirmar que el diente se mueve en el sentido de la fuerza aplicada y cuanto mayor sea el volumen radicular del elemento dentario, mayor deberá ser la fuerza utilizada para producir su movimiento fisiológico.

- c) Tercera ley, acción y reacción: Con cada acción o fuerza se produce una reacción igual y en dirección opuesta, la cual puede ser deseable o indeseable.

En ortodoncia es importante minimizar o eliminar el número de efectos secundarios indeseables, para ello debemos identificar estos problemas ya que solo pueden evitarse si son identificados y entendidos. Estas tres leyes proporcionan al ortodoncista y al paciente la seguridad de que si son aplicadas de una forma conveniente se puede mejorar la eficacia del tratamiento, es decir un procedimiento rápido e indoloro con un daño mínimo.

### **III. Crecimiento craneofacial**

La palabra crecimiento involucra el cambio de algo en su magnitud, sin embargo, para poder comprender como funciona este proceso y que ocurre de manera exacta, se usa el termino desarrollo, que connota un proceso de maduración donde se implica la diferenciación progresiva a niveles celulares y tisulares.

El desarrollo no es catalogado como normal o anormal, si no que se usan términos como desviación de los patrones habituales, para referirnos a un problema, la ventaja del uso de estas definiciones es que se puede cuantificar esta variabilidad y así poder realizar un tratamiento oportuno a tiempo.

En el tercer mes de vida intrauterina la cabeza representa aproximadamente el 50% de la longitud del cuerpo, durante esta etapa el cráneo es más grande en relación con la cara, por otro lado, las extremidades y el tronco están poco desarrollados, es hasta poco antes de nacer que los brazos y piernas crecen más rápido que la cabeza y la cara, estos cambios forman parte del patrón normal de crecimiento.

Entre las 8 y 12 semanas de desarrollo intrauterino se presenta el cráneo cartilaginoso, que es una placa continua de cartílago que se expande desde la capsula nasal posterior hasta el agujero occipital, cuyas células se nutren por difusión a través de capas exteriores. En el cuarto mes de gestación se produce una penetración de elementos vasculares sanguíneos hacia varios puntos internos del condrocráneo, estas zonas se convierten en puntos de osificación, en los que el cartílago se convierte en hueso, este proceso es denominado osificación endocondral.

El cartílago sigue creciendo, pero es reemplazado por hueso con la misma velocidad, el resultado es la cantidad aumentada de hueso y una disminución de cartílago; finalmente en el endocráneo quedan pequeñas zonas de cartílago

impuestas entre grandes secciones de hueso, que asumen la forma característica de los huesos etmoides, esfenoides y basilar.

La mandíbula se desarrolla de la misma zona que el cartílago del primer arco faríngeo o cartílago de Meckel; el desarrollo de la mandíbula comienza como una condensación de la mesénquima inmediatamente lateral al cartílago de Meckel y continua con la formación de hueso intramembranoso. El cartílago de Meckel se desintegra y desaparece al desarrollarse la mandíbula ósea, restos de este cartílago se transforman en dos pequeños huesos del oído medio. Su pericondrio persiste, formando el ligamento esfenomandibular.

El cartílago condilar se desarrolla como un cartílago secundario independiente que está separado del cuerpo de la mandíbula por un hueco considerable, a comienzos del periodo embrionario se fusiona con la rama mandibular en desarrollo. Por otro lado, el maxilar se origina del centro de condensación mesenquimatosa del proceso maxilar, esta zona se localiza en la superficie lateral de la placa nasal, la parte más anterior del condrocráneo; el cartílago cigomático o malar, se origina a partir del proceso malar en desarrollo, desaparece y es reemplazado completamente por hueso mucho antes del nacimiento.

La maxila crece por medio de modelado intramembranoso, por aposición y resorción en casi toda su extensión, además de proliferar el tejido conjuntivo sutural en los puntos en los que el hueso se une a sus piezas vecinas. La principal área de crecimiento se sitúa en la región de la tuberosidad, siendo el septo nasal cartilaginoso es el orientador del crecimiento hacia abajo y adelante del complejo maxilar.

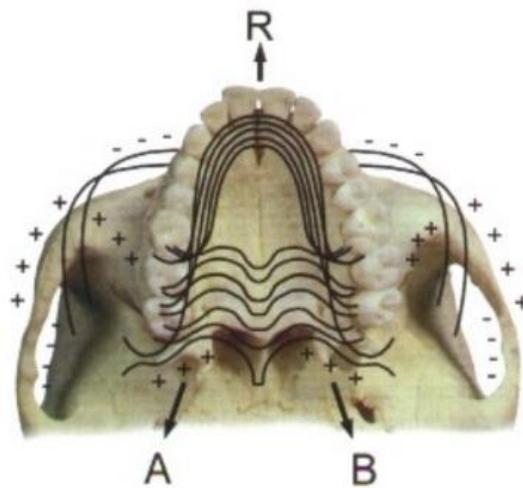


Fig. 2 Crecimiento de la maxila en dirección posterior, como indican las flechas A y B, pero con una resultante de desplazamiento anterior R.

Cualquier zona en la cual se forme hueso intramembranoso, no será posible producir crecimiento intersticial, por lo tanto, el hueso debe formarse completamente por aposición del hueso neoformado a las superficies libres. La forma de modificar el hueso es mediante la reabsorción de una zona para después dar paso a la aposición de otra área, este proceso es un equilibrio de suma importancia en el proceso de crecimiento. La formación de hueso nuevo a partir de un predecesor cartilaginoso o formación ósea directa de hueso neoformado se denomina modelación, por otro lado, los cambios en la forma de hueso neoformado como consecuencia de reabsorción se denomina remodelación.

A nivel celular, solo existen tres posibilidades de crecimiento:

-La primera posibilidad se trata de un aumento de tamaño de cada una de las células, mejor conocido como hipertrofia, que se produce en una serie de sucesos puntuales como al hacer ejercicio.

-La segunda posibilidad nos habla de un aumento de células o hiperplasia. La hiperplasia es una característica de todas las formas de crecimiento.

-La tercera posibilidad es la secreción de sustancia extracelular, que auxilia al crecimiento de tamaño, independientemente del número o del tamaño de las células. La sustancia producida termina por mineralizarse.

Estos tres procesos también se pueden apreciar en el crecimiento esquelético. Cuando se origina la mineralización y se produce tejido duro no es posible el crecimiento intersticial, aun así, es posible que se dé la hiperplasia, la hipertrofia, además de la secreción de sustancia extracelular; y de esta manera se puede producir la adición directa de hueso nuevo a la superficie del hueso existente.

Para el complejo craneofacial, el proceso de crecimiento por remodelación va al ritmo de los tejidos blandos relacionado con cada uno de los huesos, los objetivos de la remodelación son:

- crear cambios en el tamaño de cada uno de los huesos.

- Trasladar cada uno de los huesos para permitir un agrandamiento conjunto.

- Dar forma al hueso para adaptarse a sus distintas funciones.

- Adaptación a los cambios por condiciones extrínsecas e intrínsecas.

Cuando el hueso crece, empuja de manera simultánea a los huesos adyacentes que se articulan directos en éste, lo que crea un espacio entre ellos permitiendo que se presente el agrandamiento óseo. Este proceso es denominado desplazamiento (o traslación) y ocurre de manera simultánea mediante la reabsorción y aposición, durante el crecimiento del hueso en una dirección determinada.

De manera similar, la mandíbula es desplazada lejos de su articulación en las fosas glenoideas por el crecimiento y agrandamiento del complejo de los tejidos blandos de la cara en desarrollo, mientras esto sucede el cóndilo y la rama crecen hacia arriba y atrás (relocalización) en el espacio creado por el proceso de desplazamiento. La rama también cambia de tamaño y de forma debido al remodelado que la relocaliza posterosuperior, de este modo se vuelve más larga y ancha.

La configuración del neurocráneo (y encéfalo) determina la forma de la cabeza de una persona, y a su vez, establece la mayor parte de las características proporcionales y topográficas de cada tipo facial. Los huesos faciales pueden variar en la velocidad y dirección de crecimiento, razón por la cual existen desequilibrios faciales y oclusales.

#### **IV. Osteogénesis, modelado y remodelado óseo**

El tejido óseo es el único de consistencia firme lo que sirve de sostén de los tejidos blandos, y protección de órganos vitales, este tejido es de origen mesenquimatoso, sus células se diferencian en osteoblastos (localizados en el endostio), osteoblastos (diferenciados en el periostio), los osteocitos (localizados en las lagunas) y los osteoclastos (encargados de reabsorber el tejido óseo y participan en el remodelado). El ritmo del remodelado óseo será establecido por los osteoblastos.

Los Osteocitos son células aplanadas que se localizan dentro de la matriz ósea, los osteocitos son indispensables para la conservación de la matriz ósea, a su muerte le sigue la resorción de la matriz. Los osteoblastos son células que sintetizan osteonectina (la cual facilita el depósito de calcio) y osteocalcina (estimula la actividad de los osteoblastos), se ubican en las superficies óseas uno a lado del otro, colocándose en una disposición parecido a un epitelio simple. Los osteoclastos son células gigantes multinucleadas y ramificadas de manera irregular, se localizan en las zonas donde hay resorción ósea.

La estructura ósea puede modificarse principalmente debido a tres sucesos: osteogénesis, modelado óseo y remodelado óseo. La osteogénesis es un suceso que ocurre cuando el hueso se forma en tejido blando y esto generalmente se da en las etapas tempranas del crecimiento y cicatrización del desarrollo embrionario.

La osteogénesis tiene dos subclasificaciones: osificación intramembranosa (el hueso se forma en tejido blando) y endocondral (el hueso será formado en cartílago).

La osificación intramembranosa se origina en el interior del tejido conjuntivo, mediante este proceso se producen huesos como el frontal, parietal, occipital,

mandíbula, maxilar, temporal, etc. El proceso comienza con la diferenciación de las células mesenquimales las cuales se convierten en osteoblastos encargados de sintetizar osteoide la cual se mineraliza para englobar algunas células y se transformen en osteocitos, lo que confiere al hueso una característica esponjosa.

La osificación endocondral es la principal fuente de formación de huesos cortos y largos, este proceso inicia con la modificación del cartílago hialino, los condrocitos se hipertrofian provocando la reducción de matriz cartilaginosa y la apoptosis de los condrocitos, el lugar dejado por los condrocitos será ocupado por los capilares sanguíneos y células osteogénicas que proliferan y se diferencian en osteoblastos los cuales formaran tabiques cartilaginosos que posteriormente se calcificaran y formaran tejido óseo.

El modelado se caracteriza por la nueva producción de hueso en el tejido óseo existente sobre una área o superficie por un tiempo considerable, este tipo de remodelación ósea prevalece durante el crecimiento y desarrollo craneofacial. En ortodoncia es de suma relevancia conocer el crecimiento natural de la estructura craneofacial, así como los cambios de tamaño y forma del alveolo durante el movimiento dental.

El remodelado consiste en los mecanismos de reparación que involucran elementos celulares que ocurren de manera cíclica a lo largo de la vida, la remodelación es el único mecanismo fisiológico que mantiene y repara la integridad del hueso. El ciclo de remodelación ósea se inicia con la activación que se caracteriza por la agrupación y activación de osteoclastos en el sitio que será remodelado.

En el movimiento ortodóntico los sitios de tensión producen osteogénesis sobre un área, por otro lado, los sitios de compresión sufren más frecuentemente el ciclo de remodelado, esto junto a la constancia de los ligamentos estirados y fibras gingivales, conducen a un relapso rápido de los

dientes que fueron movidos ortodonticamente, el cual necesita ser estabilizado al menos hasta que la formación ósea pueda recuperarse.

El estrés mecánico y la rotación ósea están íntimamente relacionados, por lo que una mayor cantidad de estrés estimula la osteogénesis, y de manera contraria, la ausencia de estrés en el hueso causa osteopenia.

## V. Componentes del aparato masticatorio

La unión entre los dientes y los maxilares se encuentra dada por el periodonto de inserción que está compuesto por el cemento, el ligamento periodontal y el hueso alveolar.

### 1. Estructuras pasivas:

- Hueso de soporte
- Dientes y elementos de soporte
- Mucosa bucolingual

### 2. Estructuras activas

- Músculos
- Labios, carrillo y piso de boca
- Lengua
- Glándulas salivales
- Vasos y nervios

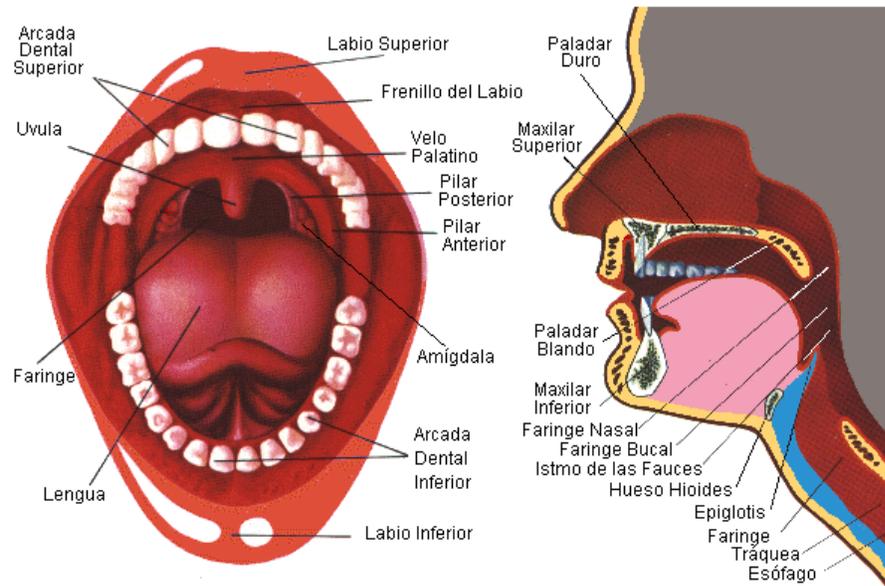


Fig. 3 Anatomía de la boca.

## **VI. Estructuras de soporte**

### **6.1 Periodonto**

Se le llama periodonto a los tejidos que rodean y alojan los dientes, siendo su principal objetivo resistir y resolver las fuerzas de la masticación, así como la protección; abarca dos tejidos blandos (encía y ligamento periodontal) y dos tejidos duros (cemento y hueso alveolar).

Las funciones del periodonto son:

- Inserción del diente al alveolo
- Resistir y resolver las fuerzas generadas por la masticación, el habla y la deglución.
- Mantener la integridad de la superficie separando el medio ambiente externo e interno.
- Adaptación a los cambios estructurales asociados con el uso y envejecimiento a través del remodelado y regeneración continua.
- Defensa contra influencias nocivas del medio ambiente que están presentes en la cavidad bucal.

### **6.2 Encía**

Es la mucosa masticatoria que cubre el proceso alveolar y rodea a los dientes en la parte cervical, se extiende desde el margen de la encía marginal hasta la línea mucogingival. Es el único tejido visible a la inspección.

Se divide en 3 zonas:

-Encía insertada o adherida: Se adhiere directamente al hueso alveolar subyacente, generalmente mide de 4 a 6 mm en las zonas vestibulares de los incisivos y de menores dimensiones de caninos a premolares,

-Encía libre o marginal: Se localiza coronalmente a la encía insertada, corresponde a un pequeño borde de mucosa que rodea al diente, pero no se une a éste. Una vez concluida la erupción dentaria la encía libre se ubica aproximadamente de 0.3 a 0.5 mm coronal a la unión cemento-esmalte.

-Encía interdientaria: Se encuentra entre los dientes por debajo del punto de contacto, sus características están determinadas por el contacto entre los dientes, las dimensiones de las superficies dentarias proximales y la trayectoria de la unión cemento-esmalte. Su forma es piramidal, su vértice se encuentra por debajo del área de contacto de los dientes, en los dientes anteriores, en los cuales existe un área de contacto pequeña la papila termina de manera puntiaguda; en las regiones posteriores la papila presenta una concavidad llamada col que se encuentra por debajo del área de contacto, formando una papila vestibular y otra lingual o palatinas separadas por la región de col.

Características clínicas de la encía:

-Color: El color de la encía sana usualmente varia de un rosa pálido a un rosa coral, esto depende del grado de vascularización, queratinización, espesor del epitelio.

-Forma: La forma del margen gingival esta dado por posición y trayecto de la unión cemento-esmalte y del margen óseo. La encía marginal sana tiene forma de filo de cuchillo mientras que la encía insertada sigue la forma festoneada del hueso alveolar, el cual a su vez sigue la forma de las raíces que aloja.

-Consistencia: Es firme y resilente ya que está dada por la gran cantidad de fibras de colágena que posee.

-Textura: La encía sana presenta un puntilleo parecido a la cascara de naranja, esto debido a la interdigitación del epitelio con el tejido conectivo, generalmente está presente en la base de la papila.

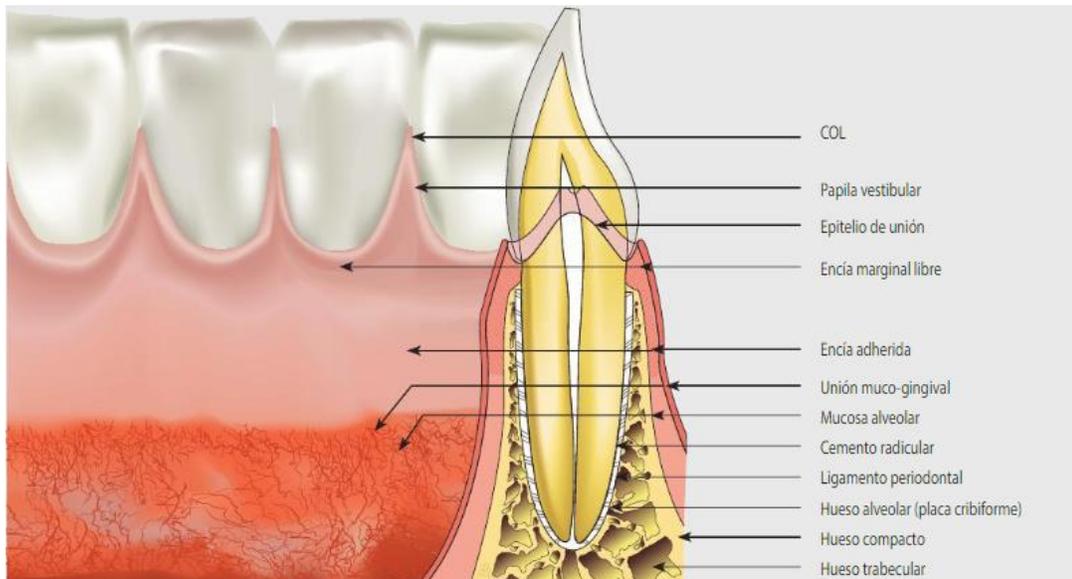


Fig. 4 Componentes de la encía.

### Tejido conectivo gingival.

Es el principal componente de la encía, está formado por una densa red de fibras principalmente de colágena que abarcan cerca del 60% de su volumen las cuales le proporcionan firmeza a la encía y la insertan al cemento y al hueso subyacente.

Las fibras de colágena se organizan en dos grupos; uno compuesto por haces grandes y densos de fibras llamadas fibras principales, y otros compuestos por un patrón laxo de fibras delgadas mezcladas llamadas fibras secundarias.

#### -Fibras principales

-Dentogingivales: Su principal función es otorgar soporte gingival, provienen del cemento inmediatamente por debajo del epitelio de unión y se dispersan dentro de la encía.

-Circulares: Mantienen el contorno y la posición de la encía marginal libre, pasan alrededor de la región cervical del diente en la encía libre.

-Alveologingivales: Su principal ocupación es insertar la encía al hueso, provienen de la cresta alveolar y se distribuyen coronalmente dentro de la lámina propia terminando en la encía libre y papilar.

-Dentoperiosteales: Su principal cargo es adherir la encía al hueso, se curvan apicalmente sobre la cresta alveolar para insertarse dentro del periostio.

-Transeptales: Se comunica con los dientes adyacentes, además de proteger el hueso interproximal. Proviene del cemento apical al epitelio de unión atravesando por encima del hueso interdental para insertarse de manera similar en el diente adyacente.

#### -Fibras secundarias:

-Transgingivales: Se encargan de reforzar las fibras circulares y semicirculares, asegurando la alineación de los dientes en la arcada. Proviene del cemento cervical y se extienden dentro de la encía marginal del diente adyacente, emergido con fibras circulares.

-Interpapilares: Proveen sostén a la encía interdental.

-Semicirculares: Se expanden por dentro de la encía marginal libre, se incrustan en el cemento de la zona mesial a la parte distal del mismo diente.

-Intergingivales: Dan soporte y contorno a la encía adherida, se distribuyen a lo largo de la encía marginal vestibular y lingual de un diente a otro.

### **6.3 Ligamento periodontal**

Es un tejido conectivo especializado fibroso y vascularizado, el cual rodea las raíces de los dientes, se localiza entre el cemento radicular y el hueso que conforma la pared del alveolo, exactamente de 1 a 1.5 mm apical a la unión cemento esmalte.

Se caracteriza por ser estrecho en el tercio medio radicular y más ancho en tercio apical y cervical, su anchura va desde los 0.15 a 0.4 mm, sin embargo, conforme la edad aumenta muestra una disminución progresiva de su espesor.

Este compuesto por una matriz extracelular constituida por fibras, vasos sanguíneos, nervios y células encargadas de la formación de los tejidos periodontales. Sus fibras son principalmente colágeno tipo I y III y una menor colaboración de colágenos tipo V, VI, XII y XIV.

Las fibras del ligamento periodontal semejan cuerdas unidas las cuales se remodelan constantemente sin perder su estructura y función, de esta forma se adaptan a las continuas cargas que se aplican sobre ellas.

Las principales fibras del ligamento periodontal son:

-De la cresta alveolar: Se adentran en el cemento por debajo de las fibras gingivales, dirigiéndose a la cresta del alveolo.

-Horizontales: Se localizan apical a la cresta alveolar atravesando el ángulo recto al eje axial de los dientes, proviniendo del cemento y llegando hasta el hueso, por debajo de la cresta alveolar.

-Oblicuas: Son las fibras con mayor presencia en el ligamento periodontal, surgiendo del cemento en dirección oblicua hasta llegar a insertarse al hueso.

-Apicales: Se originan del cemento en torno al ápice radicular hasta el hueso, para que de esta manera se forme la base del alveolo.

-Interradiculares: Se localiza entre las raíces de los dientes multirradiculares, originándose en el cemento para posteriormente finalizar en el hueso, formando la cresta del septum interradicular.

Fibras de Sharpey: Son los extremos de las fibras principales del ligamento periodontal que están impregnados en el cemento y el hueso.

Fibras elásticas: En el ligamento periodontal solo se encuentran de tipo oxitalan y elaunina

Las fibras del ligamento periodontal están ordenadas en un ángulo determinado fijándose más lejos apicalmente sobre el diente que sobre el hueso alveolar adyacente, esta disposición es fundamental ya que permite resistir el desplazamiento del diente durante las funciones cotidianas como la masticación,

Funciones:

-Física: Mantiene a los dientes dentro de su alveolo, y a su vez permite que la localización en la que están resista considerables fuerzas de masticación. Estas fuerzas son amortiguadas por el fluido intravascular que es forzado hacia el exterior de los vasos sanguíneos, por otro lado, las fuerzas moderadas son resistidas por el fluido del tejido extravascular que es forzado fuera del espacio del ligamento periodontal hacia los espacios medulares adyacentes; sin embargo, las fuerzas con mayor magnitud son absorbidas directamente por las fibras principales del ligamento periodontal.

-Sensorial: El ligamento mantiene la posición de los maxilares durante la masticación, además de que contiene nervios dentarios mielinizados los cuales surgen desde el fondo del alveolo perdiendo rápidamente su vaina mielinizada conforme se distribuye para inervar la pulpa y el ligamento periodontal.

-Formativa: La función del ligamento es ayudar en la remodelación, reparación y regeneración de los tejidos periodontales (ligamento periodontal, hueso y cemento), mediante las células que contiene que son capaces de formar y de reabsorber los tejidos que lo constituyen.

-Nutritiva: Se encarga de mantener la vitalidad de varios componentes celulares mediante la vascularización que se origina en las arterias dentarias que entran al ligamento a través del fondo del alveolo.

-Movilidad dentaria: Determina la movilidad y migración de los dientes dentro de sus alveolos.

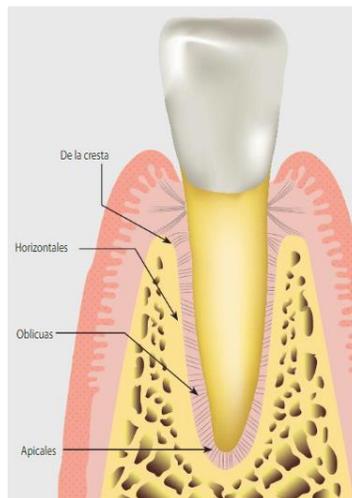


Fig. 5 fibras del ligamento periodontal.

## 6.4 Cemento

Es una capa de tejido conectivo mineralizado que cubre la dentina de las raíces y algunas veces se forma sobre el esmalte, se forma a lo largo de la vida, sin embargo, carece de información y drenaje linfático, y a diferencia de hueso el cemento no presenta procesos de aposición y reabsorción.

Se caracteriza por su color amarillento y de superficie mate, es menos firme que la dentina, sin embargo, su permeabilidad varía dependiendo la edad y tipo de cemento. Conforme pasa el tiempo el cemento comienza a ser más grueso sobre todo en la zona apical y menor en cervical, teniendo un espesor de 0.5 a 0.6 mm.

Funciones:

- Anclar el diente al hueso alveolar mediante las fibras de colágena del ligamento periodontal.
- Es la capa protectora de la dentina.
- Se encarga de mantener la integridad de la raíz ya que es un tejido mineralizado.
- Colabora para mantener al diente en posición funcional debido a su continua deposición.
- Participa en la reparación y regeneración periodontal.

Las funciones del cemento se pueden ver alteradas por varias razones como lo son: estar expuesto al medio externo oral, padecimiento de enfermedad periodontal, dientes exfoliados antes de tiempo.

Células del cemento:

-Cementoblastos: Se localizan en la superficie del cemento, se encargan de producir fibras intrínsecas de colágeno y matriz no colágena, las cuales en colaboración con las fibras extrínsecas y minerales constituyen el cemento.

-Cementocitos: Los cementocitos son cementoblastos que durante la formación de cemento quedan atrapados formando lagunas.

Reabsorción y reparación del cemento:

El cemento puede responder a pequeñas áreas localizadas de reabsorción externa como respuesta a la presión durante los tratamientos ortodónticos, cuando las superficies radiculares sufren resorción externa el daño puede ser reparado con el depósito de nuevo cemento sobre la superficie resorbida. En las fases iniciales de reparación, el cemento reparativo es cemento celular con fibras intrínsecas. Debido a la ausencia de fibras de Sharpey, este cemento no contribuye al anclaje de los dientes, el cual puede darse si posteriormente existe deposición de cemento acelular con fibras extrínsecas o de cemento mixto, formado sobre las fibras intrínsecas; sin embargo, la resorción del cemento se considera un proceso anormal, a excepción de la resorción que se lleva a cabo durante el cambio de dentición primaria.

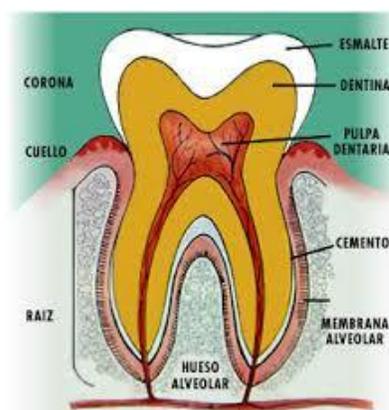


Fig. 6 Cemento

## **6.5 Proceso alveolar**

Los maxilares están compuestos por un proceso alveolar donde se contienen los alveolos que alojan a los dientes y un hueso basal; el proceso alveolar está compuesto por tablas corticales externas formadas por hueso compacto y esponjoso en la porción central, además de hueso que limita a los alveolos dentarios denominado hueso alveolar. Usualmente, las tablas corticales son más delgadas en el maxilar que en la mandíbula, además de ser más gruesas en la zona bucal de los premolares y molares inferiores.

El contorno del hueso del proceso alveolar es festoneado debido a la prominencia de las raíces de los dientes que aloja, produciendo depresiones verticales intermedias que convergen hacia el margen. La alineación y posición de los dientes, la angulación de la raíz con el hueso y las fuerzas oclusales afectan la altura y el espesor de las tablas. Generalmente en la región anterior no existe hueso esponjoso por lo tanto la tabla cortical y el hueso alveolar se fusionan.

## **6.6 Hueso alveolar**

Conforma la pared ósea de los alveolos que sostienen los dientes, comienza 2 mm después de la unión cemento-esmalte, recorriendo el largo de la raíz para terminar en el ápice de los dientes; se forma durante el desarrollo y erupción de los dientes y se reabsorbe gradualmente con la pérdida de los dientes. Radiográficamente se aprecia una línea radiopaca que rodea la raíz del diente por lo que también es llamado "lamina dura".

El hueso alveolar se encuentra constantemente en regeneración debido a la fuerza ejercida por la masticación, y el movimiento continuo que existe en los dientes, esta resorción es asincrónica por lo tanto las fibras del ligamento periodontal se pierden de forma focal y por cortos periodos de tiempo.

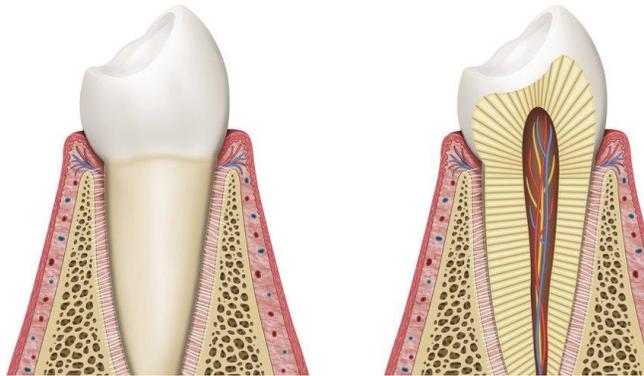


Fig. 7 Hueso alveolar

### **6.7 Surco gingival**

La forma de la encía libre da origen a un pequeño surco entre el tejido gingival y el diente. A través de la sonda periodontal se determina su profundidad, se considera un estado de salud cuando tiene una profundidad entre 0.5 a 3 mm, después de 3mm se considera patológica y puede producir un aumento de volumen en la encía o la presencia de una bolsa periodontal.

### **6.8 Fluido crevicular cervical**

Es el fluido contenido en el surco, el cual es un trasudado que se filtra desde el tejido subepitelial hacia el surco gingival. En un surco clínicamente sano la producción de fluido crevicular es muy pequeña y sus contribuyentes participan en el mantenimiento de la estructura del epitelio de unión y en la defensa antimicrobiana del periodonto.

## VII. Reacción del ligamento periodontal

Cuando una fuerza es aplicada sobre un diente y como resultado se produce un desplazamiento de su raíz que está contenida dentro de su alveolo, se ocasiona una respuesta biológica dentro del periodonto; esta respuesta depende mucho de la salud actual de los tejidos periodontales y del soporte periodontal que rodea al diente.

En los primeros dos meses, tras la aplicación de una fuerza constante sobre el diente que tiene un ligamento periodontal sano, se observa un ensanchamiento periodontal progresivo, además de la desaparición de la lámina dura. Esto se muestra clínicamente por la presencia de movilidad dentaria y sensibilidad a la percusión. Esta etapa es llamada “traumática”.

Posteriormente se presenta la etapa llamada “post-traumática”, en la cual se estabiliza el movimiento dental, por lo tanto, la lámina dura reaparece y el ensanchamiento del espacio periodontal disminuye. Si la fuerza ejercida sobre el diente es eliminada los signos anteriormente mencionados desaparecen; por el contrario, si la fuerza aumenta el periodonto se adapta a la magnitud, frecuencia y duración.

Las fuerzas oclusales intermitentes que producen tensión de las fibras periodontales son necesarias para el mantenimiento del hueso alveolar, cuando estas fuerzas están ausentes, la densidad del hueso alveolar se encuentra considerablemente disminuido. Las cargas con diferente dirección o duración a las producidas durante la función normal dan lugar al desplazamiento permanente del diente en el ligamento periodontal viscoelástico.

La tensión y deformación conduce a un cambio en la distribución del fluido lo que conlleva a la extrusión. Al aplicar una carga ortodóntica a las fibras periodontales, las células del ligamento periodontal y la matriz extracelular son

sometidas a la deformación y reducción en la resistencia mecánica, especialmente en el lado donde se presenta la compresión.

El cincuenta por ciento del volumen del ligamento periodontal está constituido por vasos sanguíneos, teniendo el mayor porcentaje del lado óseo, en el lado de presión los vasos sanguíneos sufren hialinización, mientras que en el lado de tensión el aumento en la irrigación sanguínea sigue presente.

Las fuerzas ortodónticas ejercidas sobre un periodonto con gingivitis o periodontitis, tiene las mismas etapas, signos y síntomas que un periodonto sano, con la diferencia de que el periodonto no es capaz de adaptarse a fuerzas ortodónticas, por lo tanto, la periodontitis tiende a progresar pudiendo aparecer bolsas infraóseas y defectos óseos angulares, mayor pérdida de hueso alveolar. Este comportamiento diferente se debe a que las fuerzas aplicadas y la inflamación causada por la enfermedad periodontal actúan sobre el periodonto de manera sincronizada y en el mismo lugar (en la cresta alveolar y apicalmente).

Cuando existe alguna enfermedad periodontal, las fuerzas utilizadas en un tratamiento ortodóntico común provocarían una deficiente adaptación del ligamento periodontal al trauma, con pérdida constante del soporte periodontal; por lo tanto, es de suma importancia resolver primero la enfermedad periodontal y posteriormente iniciar el tratamiento ortodóntico.

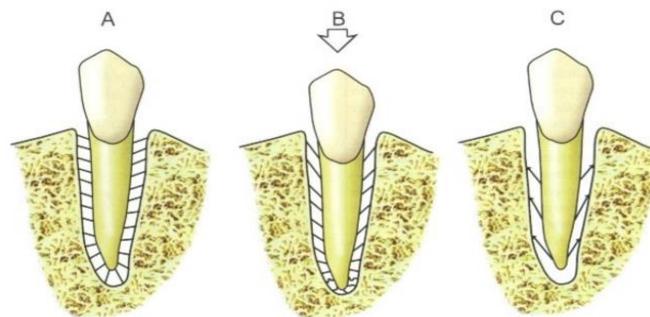


Fig. 8 Periodonto al ser sometido a fuerzas. **A** Diente en reposo y fibras normales. **B** Fibras periodontales distendidas y apicales comprimidas. **C** Las fibras vuelven al diente a la posición inicial, mientras la carga es retirada.

## VIII. Reacción pulpar

El movimiento dental provocado durante el tratamiento ortodóntico puede provocar una respuesta inflamatoria en el tejido pulpar, ya que cuando éste tejido es expuesto a cargas mecánicas con diversas magnitudes, frecuencias y duraciones puede presentar cambios por inducción de alteraciones circulatorias y vasculares, sin embargo, en la mayoría de los casos la pulpa tiende a recuperarse manteniendo su estructura y función.

La pulpa dental se encuentra encapsulada, por lo tanto, su supervivencia depende de los vasos sanguíneos que se introducen al interior del diente a través del foramen apical, por lo tanto, cambios en el flujo sanguíneo pulpar o en la presión del tejido vascular, puede tener diversas aplicaciones para la salud de la pulpa dental.

Existe una relación entre el efecto biológico de una fuerza ortodóntica y la madurez del diente, a mayor actividad dentinogénica y mayor tamaño del foramen apical, más efectos perjudiciales hacia el tejido pulpar. La reabsorción radicular interna y la necrosis pulpar, son efectos que han sido relacionados con el tratamiento ortodóntico.

Durante el movimiento dental hay una fase de hiperemia reactiva pulpar, en la cual la perfusión de los tejidos mejora gracias a la neovascularización, el flujo sanguíneo vuelve a la normalidad después de 72 horas. Dentro de los posibles vectores de fuerza que se aplican durante el tratamiento ortodóntico, el movimiento intrusivo es el que genera mayor impacto sobre la región apical del diente, debido a que dicha fuerza puede generar el movimiento del ápice dental hacia la base del hueso alveolar y producir la compresión de los vasos sanguíneos que entran por el foramen apical, llegando a ocasionar la desvitalización de los diversos elementos celulares del tejido pulpar.

## **IX. Reacción de la cresta alveolar**

En el movimiento dental el espesor óseo es conservado en su totalidad gracias a la resorción y aposición lo que da como resultado el desplazamiento total del alveolo, el tratamiento ortodóntico, se basa en el principio de que, si se aplica una presión prolongada sobre un diente, se producirá una movilización al remodelarse el hueso que lo rodea. El hueso es reabsorbido selectivamente de algunas áreas y va añadiéndose en otras; el diente es desplazado a través del tejido óseo llevando consigo el bracket, produciendo la migración del alveolo dental, Así el movimiento es un fenómeno de dicho ligamento.

Durante el proceso de masticación los dientes y las estructuras periodontales soportan fuerzas intensas e intermitentes, al masticar alimentos suaves se aplican fuerzas de 1 a 2 kg y con alimentos más resistentes hasta 50 kg. Cuando un diente es sometido a sobrecargas, la presión se transmite por el ligamento periodontal y el líquido hístico evita el rápido desplazamiento del diente en el espacio del ligamento periodontal, y la fuerza se transmite al hueso alveolar, el que se deforma en respuesta a la misma, y cada diente se desplaza ligeramente.

El ligamento periodontal está adaptado a fuerzas de una poca duración, cuando las fuerzas se prolongan, el movimiento dental del diente contra el alveolo genera el inicio de la remodelación ósea, aunque la fuerza no sea muy intensa.

## X. Reacción en hueso

Cuando los dientes son sometidos a fuerzas, el hueso alveolar que lo rodea sufre una deformación que es inversamente proporcional a la distancia del ápice. Existen dos tipos de actividad en el hueso que son el modelado y el remodelado óseo, el modelado es la actividad biológica dominante durante el crecimiento que provoca cambios en el tamaño y forma del hueso,

Se ha demostrado la formación ósea en dirección de la fuerza y la resorción ósea en el lado de tensión, estas actividades están óptimamente coordinadas por los osteoblastos y los osteoclastos. El remodelado permite la adaptación del hueso a las tensiones mecánicas, minimizando el daño por fatiga.

La resorción ósea tiene una duración aproximada de 2 semanas, después de que los cual los osteoclastos sufren una muerte celular programada (apoptosis).

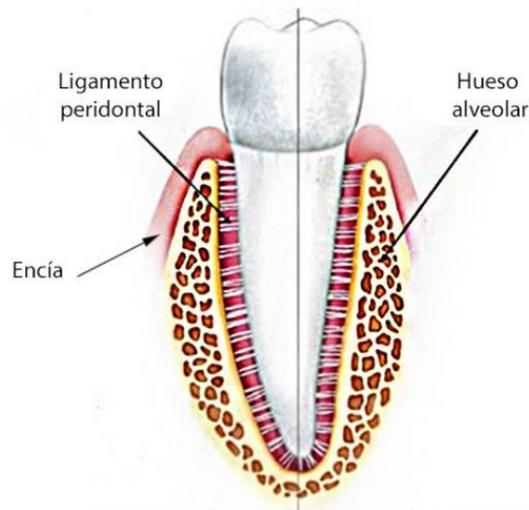


Fig. 9 Hueso alveolar.

## **XI. Biomecánica del movimiento dentario en Ortodoncia**

El término biomecánica es usado para referirse a las reacciones de las estructuras dentales y faciales al aplicarse fuerzas ortodónticas, por otro lado, el movimiento ortodóntico es el resultado de la distribución de fuerzas sobre el diente, que se produce gracias a la interacción entre la respuesta biológica y de la reacción fisiológica, consecuencia de las fuerzas aplicadas.

Para poder lograr un tratamiento ortodóntico exitoso se deben combinar dos elementos: un adecuado plan de tratamiento y una excelente biomecánica, si estos requisitos se cumplen el procedimiento será excelente y eficaz. Los principios biomecánicos se contemplan dentro de una rama de la ingeniería denominada mecánica, la cual describe los efectos de las fuerzas sobre los cuerpos, estas se dividen en tres: estática, cinética y resistencia de los materiales.

La estática estudia los efectos de las fuerzas sobre los cuerpos en reposo a una velocidad constante (en línea recta). La cinética describe el comportamiento de los cuerpos que sufren velocidades cambiantes (aceleración o descenso). La resistencia de los materiales explica la relación entre fuerza y tensión entre estos mismos, para que de esta manera podamos seleccionar los materiales más aptos para ejercer una fuerza.

Las unidades más empleadas en ortodoncia son la fuerza y distancia, las leyes establecen que para cada fuerza existe una reacción equivalente u opuesta (tercera ley de Newton), y que la suma de los momentos alrededor de un punto cualquiera es igual a cero, esto significa que los momentos y las fuerzas originadas por un sistema ortodóntico deben tener un equilibrio para que no se produzcan movimientos dentales indeseados, por lo general solo es posible determinar la dirección de los movimientos puros.

Cuando una fuerza es aplicada sobre el diente éste se disloca en el interior del espacio alveolar, provocando el estiramiento de algunas fibras periodontales y la compresión de otras, a su vez el líquido que llena los espacios entre las fibras también es comprimido contra las paredes óseas provocando una resistencia al movimiento dentario. En este momento la carga se transmite al hueso alveolar y debido a la porosidad del hueso el líquido intersticial drena para los tejidos vecinos, dejando de ejercer la presión hidráulica.

De esta manera la raíz se aproxima todavía más a la pared del alveolo comprimiendo los ligamentos periodontales del lado en que se aplicó la fuerza y distendiendo aquellos de lado opuesto. Dicho de otra manera, si se aplica una presión contante sobre un diente dará como resultado una movilización del mismo al remodelarse el hueso que lo envuelve, ya que el hueso es eliminado de ciertas zonas y a su vez se añade a otras, dando obteniendo así la migración de su alveolo. En resumen, cuando se aplica una fuerza, se produce una resorción ósea del lado donde se aplica la presión, y aposición de hueso en el área de tensión.

Desde el primer momento en que se aplica presión sale un poco de líquido del ligamento periodontal, si dicha presión es constante, el líquido contenido se exprime completamente lo que provoca el desplazamiento del diente dentro del espacio del ligamento periodontal, y que a su vez comprime al ligamento contra el hueso adyacente, este proceso normalmente provoca dolor, el cual nos indica que el líquido ha salido.

El sistema vascular (que ocupa el 50% del espacio periodontal) es comprimido, lo que dificulta la circulación sanguínea tanto del lado de la tensión como del lado de la compresión, en este momento se produce una respuesta inflamatoria del tejido lo que lleva a aumentar la vasodilatación y promoviendo la formación de prostaglandinas para agrandar así la irrigación sanguínea, estimulando la salida de los monocitos los cuales se fusionan entre sí, dando

origen a los osteoclastos, que son las células responsables de la reabsorción de la cortical alveolar donde hay compresión del ligamento periodontal.

Del lado donde hay distensión de las fibras del ligamento periodontal las células mesenquimatosas indiferenciadas se transforman en osteoblastos y fibroblastos que son encargadas de formar tejido óseo y fibras de colágena respectivamente.

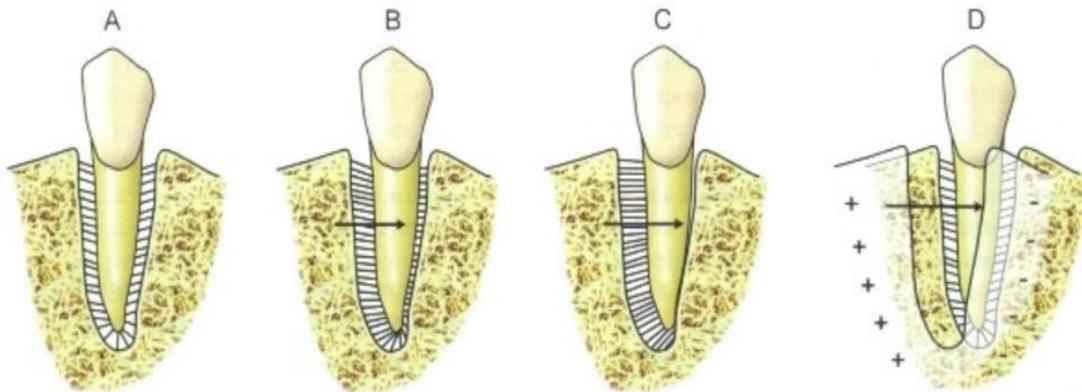


Fig. 10 **A** Diente en reposo. **B** Diente dislocado en el interior del alveolo, fibras distendidas de lado izquierdo y comprimidas de lado derecho. **C** Diente aproximado a la pared del alveolo. **D** Remodelación ósea del alveolo y migración dentaria.

Cuando el suministro sanguíneo es limitado, los dientes no se mueven o lo hacen lentamente, sin embargo, las fuerzas con bastante intensidad pueden limitar la respuesta fisiológica y afectar notablemente la velocidad del movimiento dentario.

El desplazamiento dental comienza dos días después de la aplicación de fuerzas, este movimiento estimula a los osteoclastos y a los osteoblastos para que inicien el proceso de remodelación ósea con aposición del lado donde hay tensión de las fibras periodontales y resorción del lado donde hay compresión del ligamento. Lentamente el alveolo se disloca en el sentido de la aplicación de la fuerza, consecuencia del movimiento ortodóntico.

Al someter al diente a cargas como la masticación (1-50 kg), el líquido hístico evita el desplazamiento del diente dentro del espacio del ligamento provocando la deformación del hueso alveolar. La respuesta a una fuerza continua sobre los dientes dependerá de la magnitud de la misma, las fuerzas intensas dan como resultado la rápida aparición de dolor, necrosis y reabsorción basal; por otro lado, las fuerzas de menor intensidad dan como resultado el buen mantenimiento del ligamento periodontal, además de tener una reabsorción frontal menos dolorosa.

Se ha notado que en los pacientes adultos la respuesta del tejido periodontal a las fuerzas ortodónticas aplicadas es más lenta que en los pacientes en formación como en niños y adolescentes; en periodontos comprometidos o con pérdida de hueso alveolar, la respuesta obtenida es más una inclinación que movimiento de cuerpo. En pacientes adultos la mecánica debe contener un movimiento trabajado con fuerzas livianas para evitar la sobrecarga en el periodonto. En todo tratamiento ortodóntico debe haber una adecuada y rigurosa higiene sin importar la edad.

## XII. Tipos de movimiento dental Ortodónico

El resultado a una fuerza intensa y constante ejercida sobre los dientes depende de la magnitud de la misma, las fuerzas intensas dan como resultado dolor constante y probable necrosis de los elementos celulares del ligamento periodontal; por otro lado, las fuerzas de menor intensidad no ponen en riesgo la vitalidad de los elementos celulares del ligamento periodontal, además de tener una remodelación del alveolo dental mediante una reabsorción frontal menos indolora.

Las fuerzas aplicadas a los dientes también pueden influir en la aposición y reabsorción ósea.

### 12.1 Extrusión ortodónica

Los movimientos de extrusión no producen áreas de compresión en el ligamento periodontal, solo originan tensiones. En caso de que el diente se inclinara durante la extrusión se producirían zonas de compresión y aunque se trate de evitar producir estas áreas de compresión, las fuerzas de tensión pura serían indeseables.

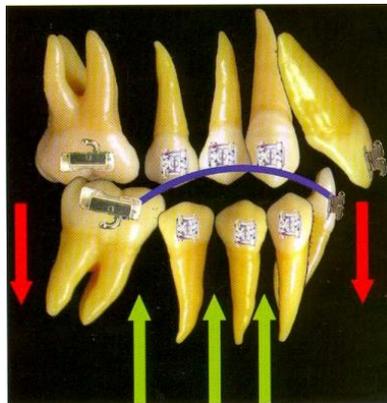


Fig.24 Ligera extrusión a nivel del molar.

## 12.2 Intrusión ortodónica

El usar fuerzas ligeras es lo más recomendable al realizar movimientos dentales ya que reduce considerablemente la resorción radicular y la pérdida de inserción.

Para lograr obtener una intrusión se debe controlar la magnitud de las fuerzas, por lo que se deben aplicar fuerzas muy ligeras sobre los dientes, ya que estas se concentran en una zona mínima del ápice dental; es muy probable que durante el proceso de intrusión el diente se incline, por lo que solo será posible lograr la intrusión al aplicar fuerzas muy leves.

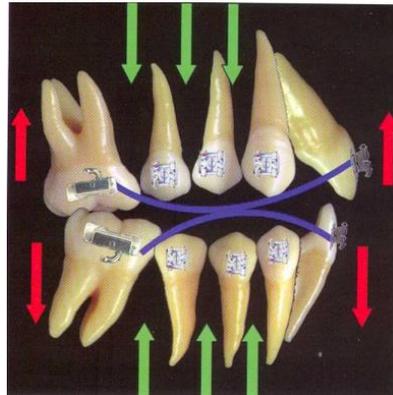


Fig.25 Intrusión de premolares superiores e inferiores.

Movimientos en áreas edéntulas: El desplazamiento de dientes hacia zonas edéntulas se caracteriza por ser un movimiento con la mínima fuerza aplicada, además de ser un movimiento paralelo.

Movimiento labial y proinclinación: Es el método más común y recomendado para solucionar el apiñamiento dental.

### 12.3 Inclinación

Movimiento en el cual existe un mayor desplazamiento de la corona que la raíz del diente.

- a) Inclinación incontrolada: Es producida debido a que el centro de rotación se encuentra entre el centro de resistencia y el ápice del diente. Este tipo de movimiento es fácil de obtener sin embargo en la mayoría de los casos es indeseado. Dicho movimiento es generado por el uso de arcos redondos y el uso de cadenas elásticas para cerrar los espacios, cuando se combina un arco redondo y una cadena se provoca una inclinación de las coronas hacia el espacio, mientras que las raíces quedarán divergentes, esto debido a que la fuerza es aplicada a nivel coronal lejos del centro de resistencia.

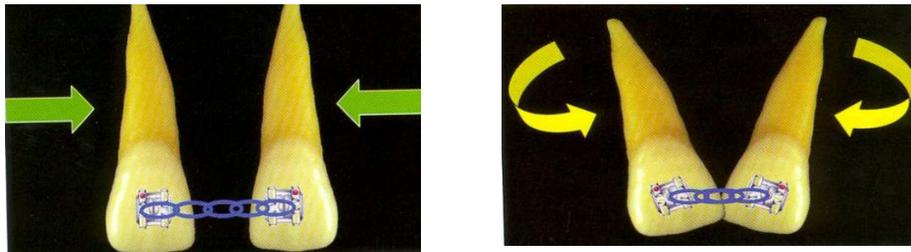


Fig. 11 Inclinación incontrolada. La fuerza es empleada en la corona y al no haber ninguna otra que la contraste se produce un momento que provoca los dientes roten sobre su propio eje.

- b) Inclinación controlada: Este tipo de inclinación es un movimiento deseable que se obtiene mediante la aplicación de una fuerza para desplazar la corona manteniendo o controlando la posición del ápice

radicular. Esto se logra con alambres rectangulares que al momento de entrar en contacto con el slot del bracket contrarrestan parte del momento de rotación causado por la tracción dentaria (torque).

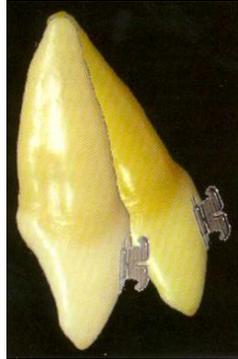


Fig.12 Inclínación controlada. Centro de rotación a nivel de ápice.

La manera más viable a la hora de realizar movimientos ortodónticos es la inclinación ya que se consiguen aplicando una fuerza única contra la corona del diente, al realizar esta inclinación el diente bascula alrededor de su centro de resistencia y el ligamento periodontal queda comprimido cerca del ápice en el mismo lado del aditamento usado para realizar este movimiento, el borde del hueso alveolar queda del lado contrario del aditamento.

Al inclinar un diente solo se trabaja sobre la mitad del ligamento periodontal; el diagrama de carga se conforma de dos triángulos que envuelven la mitad de la superficie del ligamento periodontal, por lo que la presión ejercida en estas zonas en las que se concentra es mayor comparada con la fuerza aplicada sobre la corona del diente, por esta razón las fuerzas ejercidas al inclinar los dientes deben ser de muy baja intensidad, en un diente monorradicular no debe sobrepasar los 50g. y para los dientes unirradiculares deben ser empleadas fuerzas muchísimo más leves ya que tienen un ligamento periodontal más reducido.

## 12.4 Traslación

Es un movimiento que logra obtener que el ápice y la corona sean desplazados horizontalmente; también es conocido como movimiento en masa o en cuerpo, es uno de los movimientos más complicados en ortodoncia, se logra siempre y cuando la línea de acción de la fuerza atraviese el centro de resistencia del diente.

Al emplearse dos fuerzas al mismo tiempo, este se puede mover en masa, es decir, se traslada lo que da como resultado que el ápice radicular y la corona del diente se transportan hacia una misma dirección; en este tipo de movimiento el ligamento periodontal resiste la misma carga, por consiguiente, se necesita el doble de fuerza para que dé como resultado el desplazamiento en masa.

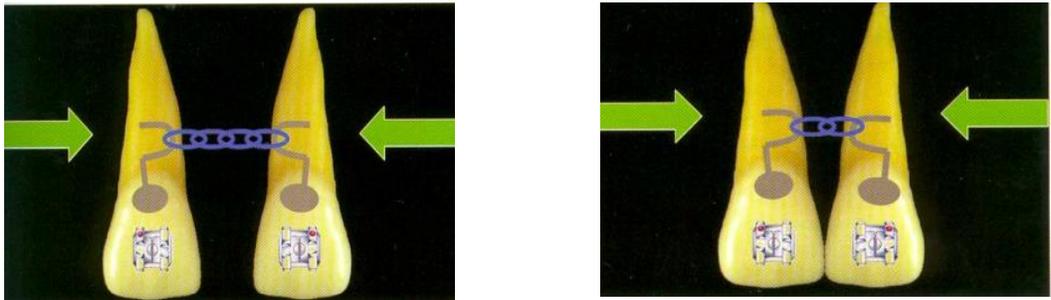


Fig. 13 En el cierre de espacios se pueden producir movimientos de traslación, cuando la fuerza sea aplicada a través del centro de resistencia.

## 12.5 Desplazamiento radicular

Es el movimiento que produce cambios del eje longitudinal del diente sin alterar la posición del borde incisal, se usa generalmente para torquear incisivos, corregir raíces después del cierre de espacios, verticalizar dientes posteriores inclinados. En este movimiento se aplica una fuerza y un momento para desplazar únicamente la raíz, mientras la corona dental se mantiene sin movimiento.

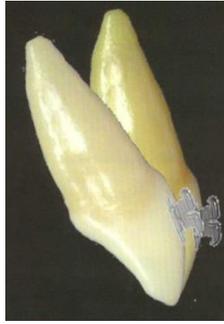


Fig. 14 Desplazamiento radicular, sin alterar la corona (torque)

## 12.6 Rotación

Es la producción de una rotación pura con respecto al eje longitudinal del diente (visto desde oclusal), para este movimiento se requiere de una cupla (que son dos fuerzas paralelas de igual longitud, pero en sentidos opuestos).

Las fuerzas requeridas para realizar la rotación de un diente alrededor de su eje longitudinal debe ser mucho mayor comparada con las fuerzas necesarias que se ocupan para producir otros movimientos dentales. Usualmente es muy mínimamente posible que al aplicar una fuerza rotacional de forma que el diente no se incline también en el alveolo, y cuando esto ocurre, se crea una zona de compresión igual que en los demás tipos de movimientos.

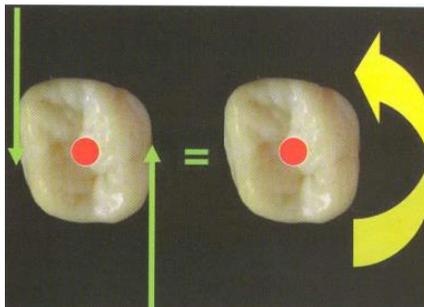


Fig.15 Dos fuerzas iguales pero que actúan en sentidos opuestos producen una rotación pura.

### XIII. Dobleces y torque

Dobleces de primer orden: El objetivo principal de estos dobleces compensatorios son los movimientos vestibulolinguales de los dientes, son ejecutados en posición dentro-fuera y se realizan en plano horizontal; podemos encontrar dobleces de bayoneta de molar, in-set, off-set y dobleces de compensación canina.



Fig. 16 In-set, Off-set.

Dobleces de segundo orden: Son dobleces compensatorios elaborados en planos verticales, estos dobleces. Dentro de estos dobleces encontramos:

-Loops: Son dobleces muy importantes ya que sirven para incrementar la elasticidad del alambre. Se puede realizar de manera horizontal (producen intrusiones y extrusiones) y vertical (sirven para cerrar espacios).

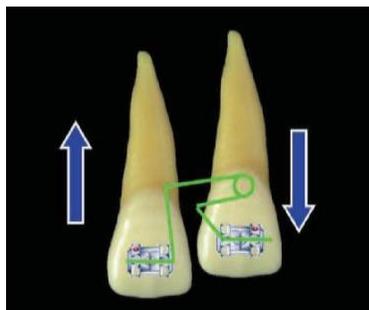


Fig. 17 Loop horizontal

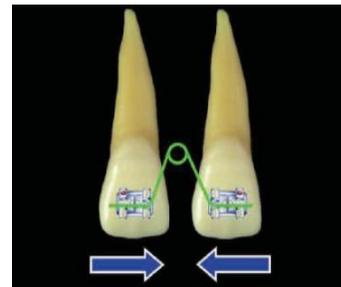


Fig. 18 Loop vertical.

-Tip-back: Son usados para mesializar los ápices de premolares y molares mientras que sus coronas son movidas hacia distal, esto nos va ayudar a obtener un anclaje mínimo durante el tratamiento ortodóntico.



Fig.19 Tip-back

-Doblecetes artísticos: Son usados para realizar el movimiento de ápices en sentido mesiodistal, usualmente se realizan debido a un mal bondeado de los Brackets.

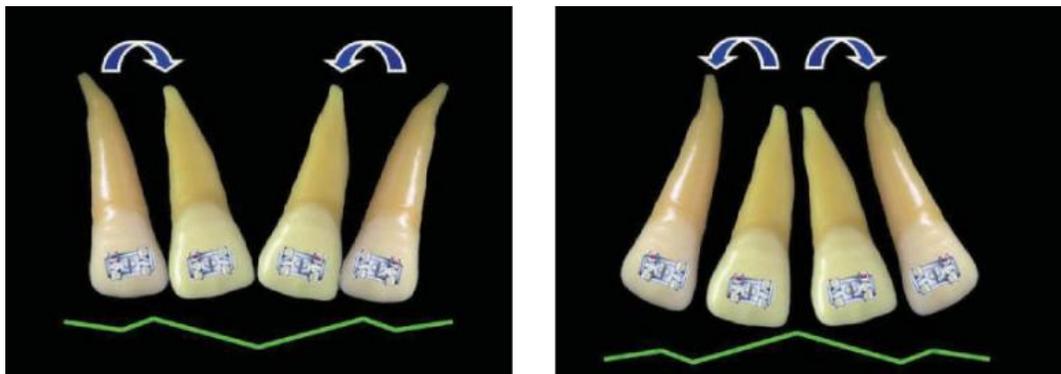


Fig. 20 Doblecetes artísticos.

-Curvas de Spee y curvas reversas de Spee: Los arcos de curva de Spee cuando son usados en superior estos intruyen a los incisivos y molares, pero

a su vez extruyen a los premolares y caninos. Cuando son usados en inferior extruyen a los incisivos y molares e intruyen a los premolares y caninos.

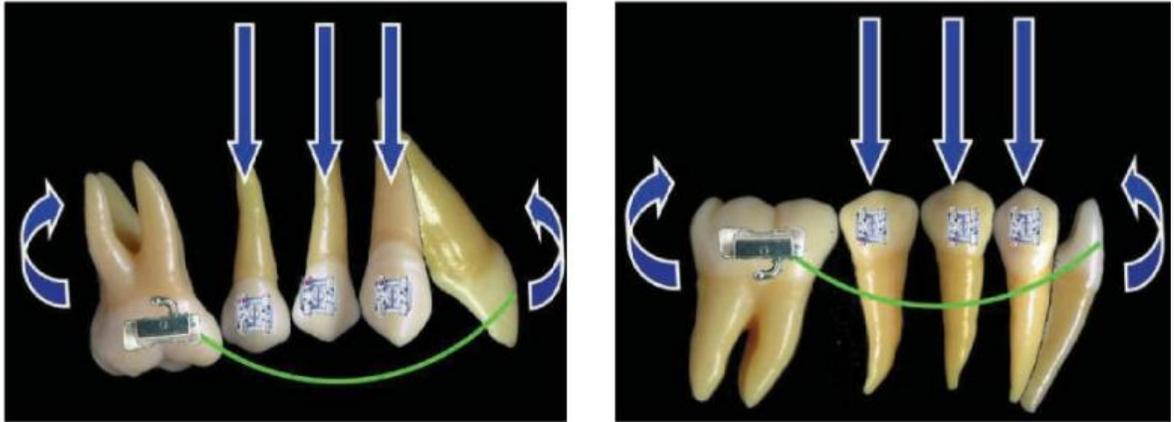


Fig. 21 Curvas de Spee y curva reversa de Spee

Doblecés de tercer orden: La torción o torque son usados para desplazar a las raíces hacia vestibular o lingual. Para poder aplicar un doblez de torque se debe torcer el alambre, puede considerarse torque activo cuando el alambre entra forzado al slot del bracket o pasivo cuando el alambre entra sin esfuerzo. Cuando el torque es positivo (alambre torcido hacia gingival) las raíces se inclinarán hacia palatino o lingual y cuando el torque es negativo (alambre torcido hacia incisal) las raíces serán inclinadas hacia vestibular.

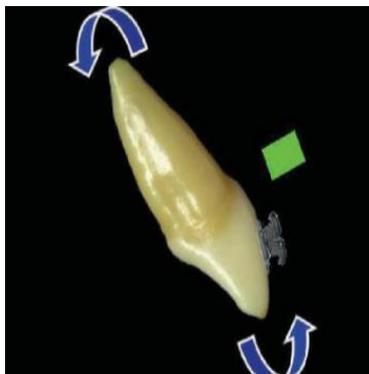


Fig. 22 Torque positivo (desplazamiento de la corona hacia vestibular y la raíz hacia palatino).

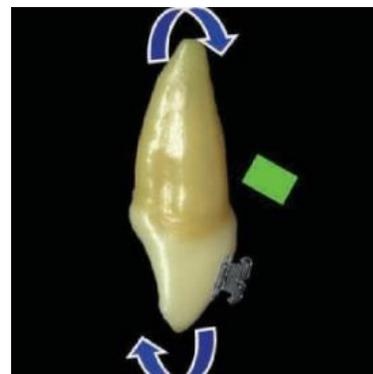


Fig. 23 Torque negativo (desplazamiento de la corona hacia palatino y de la raíz hacia vestibular).

## XIV. Tipos de fuerza

Se debe tomar en cuenta la duración y el tipo de fuerza empleada durante el tratamiento de ortodoncia, las fuerzas aplicadas se clasifican de la siguiente manera:

-Fuerzas ligeras: Son menores de 25 gr y son utilizados para intruir incisivos, el aumento de fuerza puede producir una isquemia y/o necrosis (reabsorción radicular).

-Fuerzas medianas: Se considera entre 25 y 50 gr, son útiles para extruir incisivos.

-Fuerzas pesadas o intensas: Van de los 25 a los 50 gr, son usadas para producir una traslación y corregir rotaciones.

-Fuerzas muy pesadas o intensas: Son fuerzas mayores de 75 gr y son utilizadas para distalizar molares.

Una fuerza ideal debe tener las siguientes características:

- Sin dolor, ni daño tisular
- Sin reabsorción radicular
- Buen mantenimiento de la salud periodontal
- Movimiento adecuado del diente (máximos resultados tisulares).

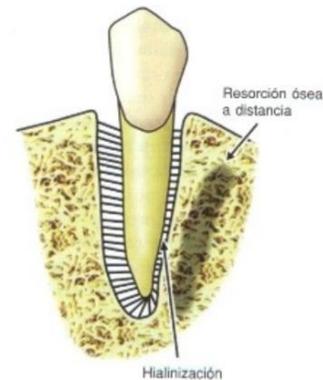


Fig.26 Carga excesiva, la remodelación frontal es impedida.

## **XV. Duración adecuada de las fuerzas Ortodónticas**

La fuerza es la acción ejercida por un cuerpo (en el caso de ortodoncia, un alambre, resorte, elástico, etc.) sobre otro cuerpo (diente o hueso) que cambia o tiende a cambiar la forma del movimiento de este segundo cuerpo, debido a un empuje o tracción. Para poder conseguir con éxito un movimiento ortodóntico se requiere emplear una fuerza que debe ser mantenida, es decir, que actúe constantemente durante un largo periodo de tiempo, esto dará como resultado una eficaz movilidad dental. El vector de la fuerza indica la dirección de esta, y su línea de acción es donde se logra la fuerza.

En el caso de los aparatos fijos se consiguen mejores resultados comparados con los aparatos removibles ya que se llevan durante menos tiempo porque el paciente se los quita por ejemplo al comer. Solo teóricamente es posible elaborar un aparato y/o resorte perfecto, que ejerza una fuerza constante día a día; en la práctica todo aditamento como los resortes, elásticos, etc. tienen un índice de decadencia, en todos se observa una disminución de la fuerza cuando el diente se ha desplazado a una distancia corta.

Debido a esto las fuerzas ortodónticas se clasifican según el índice de decadencia en:

-Continua: Es un tipo de fuerza que se mantiene entre una y otra cita, es común encontrarla en aparatología fija. Si esta fuerza es ligera, el resultado del movimiento dental será con relativa suavidad, teniendo como efecto una reabsorción frontal, sin embargo, si la fuerza continua es intensa el movimiento dental será rápido y se dará cuando la reabsorción basal pueda eliminar el hueso requerido. En fuerzas continuas e intensas dan como resultado la destrucción y pérdida de los componentes periodontales del diente.

-Interrumpida: Es una fuerza que va disminuyendo entre cada activación hasta llegar a cero, algunos aparatos fijos trabajan con dicha fuerza.

-Intermitente: Se encuentra en los aparatos removibles que son activados por el paciente, en este tipo los niveles de fuerza van disminuyendo hasta llegar a cero de manera intermitente cuando el paciente se quita su aparato y vuelve a los niveles originales cuando el aparato se vuelve a colocar; es por esto que en algunas ocasiones la fuerza intermitente se puede convertir en interrumpida. Algunas funciones como la masticación, deglución o habla se consideran fuerzas intermitentes ya que no son impulsos que se mantienen el suficiente tiempo para tener efectos significativos sobre la posición de los dientes.

Los movimientos dentales más eficientes son aquellos en los que se emplearon fuerzas leves y continuas, consiguiendo solo una reabsorción frontal. En cambio, las fuerzas intensas solo son tolerables si el nivel de está disminuye rápidamente a cero de manera que disponga de un período de reparación y regeneración antes de la siguiente activación.

Preferentemente las fuerzas intensas y continuas deben ser evitadas, en su lugar deben ser elegidas fuerzas que declinan rápidamente a cero ya que no causan daños al ligamento periodontal.

Si el diente se mueve en los primeros 10 días, se necesitará de un tiempo igual o mayor para poder obtener la reparación y regeneración del ligamento periodontal antes de poder volver aplicar otra fuerza, esta fase de compensación es muy necesaria para evitar reabsorciones o algún otro daño indeseado.

Las fuerzas también pueden clasificarse como estáticamente determinados, (lo que significa, que se pueden discernir, medir, y analizar los momentos), e indeterminados (este tipo de fuerza es complicada ya que no permiten medir con exactitud la magnitud ni el momento). Por lo general solo es posible determinar la dirección de los momentos netos y la magnitud de las fuerzas aplicadas.

## **XVI. Reabsorción**

La reabsorción radicular significa que el ápice radicular padece de un acortamiento radicular sin que sea posible su regeneración, la resorción es un resultado frecuente en el tratamiento de ortodoncia; las consecuencias van desde la movilidad tenue del diente que es el resultado de una leve resorción radicular o la pérdida completa del diente provocada por una resorción excesiva.

Se ha documentado que la reabsorción radicular comienza a los 10 o 20 días después de comenzar la aplicación de fuerzas y continua durante periodos extensos de retención mayores a un año.

Además de la severidad de la resorción podemos encontrar dos tipos de reabsorción:

-Reabsorción ósea frontal o directa: Al aplicar una fuerza al diente, en el lado donde ocurre la presión existe una disminución de la irrigación causada a la compresión ejercida en el ligamento periodontal. Si la intensidad es leve y se crea un bloqueo de la irrigación, existiendo un medio óptimo para iniciar una actividad osteoclástica que destruirá y reabsorberá la pared ósea alveolar.

-Reabsorción ósea indirecta: Ocurre cuando una fuerza es aplicada con demasiada intensidad provocando un bloqueo vascular lo que provoca el detenimiento de la actividad vital de esa zona del periodonto y la aparición de numerosos osteoclastos que inician el proceso de reabsorción del hueso alveolar que no comienza en la zona proximal sino en una zona alveolar más profunda lo que se conoce como reabsorción en túnel o reabsorción solapante.

## **XVII. Fases del movimiento dental Ortodóntico**

Clínicamente el movimiento dental ortodóntico tiene 3 fases: fase de desplazamiento, fase tardía y fase de aceleración lineal.

Fase de desplazamiento: La respuesta inicial de un diente luego de una aplicación de fuerza es casi inmediata, reflejándose en movimiento dental inmediato dentro del saco del ligamento periodontal, estos movimientos no suelen involucrar cantidades excesivas de remodelación de tejido o de formación del hueso alveolar de la membrana.

La magnitud de la respuesta de desplazamiento también depende de la longitud de la raíz y la altura del hueso alveolar, estos factores también influyen en la determinación de la ubicación del centro de resistencia y el centro de rotación del diente.

Fase tardía: Esta segunda fase del movimiento ortodóntico se caracteriza por la ausencia de movimiento clínico, generalmente también se le conoce como fase tardía o latente. En esta fase no hay movimiento dental clínico, sin embargo, ocurre una remodelación de todos los tejidos que rodean al diente.

Dependiendo la compresión localizada del ligamento periodontal pueden ocurrir dos factores, bloqueo parcial de los vasos sanguíneos en el área (los vasos sanguíneos que llevan nutrientes al área tienen la capacidad de adaptarse a un nuevo ambiente y recurrir a la Angiogénesis) o la oclusión absoluta de los vasos sanguíneos cuando son aplicadas fuerzas bastante intensas (pudiendo provocar una necrosis temporal).

Fase de aceleración y lineal: Esta fase se caracteriza por el desplazamiento rápido del diente, en este movimiento se tiene que tomar en cuenta la adaptación del ligamento periodontal y los cambios en el hueso alveolar.

## **XVIII. Alambres en Ortodoncia**

Los alambres son el componente de la mayor parte de las técnicas empleadas para el movimiento dentario, la aleación más utilizada hasta los años 30 fue el oro, el cual se sustituyó por el acero ya que tiene cualidades como rigidez, alto módulo de elasticidad, resiliencia, resistencia a la corrosión, estabilidad ambiental, buena capacidad para ser doblado y costo accesible.

Con el desarrollo de la metalurgia, actualmente podemos encontrar un variado mercado para el uso de alambres de ortodoncia, creación de nuevas aleaciones como el cromo-cobalto, el níquel-titanio y el beta-titanio. Es responsabilidad del especialista seleccionar el alambre apropiado para cada una de las etapas del tratamiento, por lo que resulta de mucha importancia que conozca ampliamente las propiedades y características de cada una de las aleaciones que se utilizan en Ortodoncia, con el fin de aplicar la fuerza óptima en cada uno de los movimientos.

Es necesario que se utilicen alambres de diámetro pequeño para alinear los dientes que se encuentran mediana o severamente desplazados, sin embargo, una reducción del diámetro del alambre resulta un pobre ajuste de él en el slot del bracket.

Dentro de las características de las aleaciones tenemos:

-Memoria elástica: Se refiere a la máxima deflexión elástica, máxima flexibilidad, rango de activación, rango de deflexión o de trabajo. Se determina por la relación entre el rendimiento y el módulo de elasticidad de un determinado material. Una gran memoria elástica permite largas activaciones, lo que aumenta el tiempo de trabajo del aparato.

La memoria elástica se puede medir u observar como la mayor flexión o doblez que se le puede dar a un alambre sin causarle una deformación permanente o exceder los límites del material.

-Rigidez o carga de deflexión: Es la magnitud de la fuerza liberada por el alambre, la que es proporcional a su módulo de elasticidad. Una baja rigidez permite aplicar fuerzas más suaves, lograr más fuerzas constantes en el tiempo, una aplicación más precisa de las fuerzas.

-Capacidad para ser doblado. Una gran capacidad para ser doblado permite lograr ansas, resortes y topes sin que el alambre se fracture.

-Módulo de resiliencia o energía almacenada: Representa el trabajo que se necesita para mover un diente, se determina bajo el área de la curva que describe la deformación elástica del alambre. Capacidad de almacenar energía.

-Moldeabilidad: Cantidad de deformación permanente que puede tolerar un alambre antes de quebrarse. Es el grado de flexión que posee un alambre.

-Biocompatibilidad y estabilidad ambiental: Se refiere a la resistencia que existe a la corrosión y tolerancia por parte del tejido hacia los elementos que constituyen el alambre. Estabilidad ambiental considera el mantenimiento de las propiedades del alambre por largos períodos, luego de su fabricación.

-Capacidad de unión. Es la capacidad de ser unido a auxiliares ortodóncicos mediante soldadura eléctrica o de plata, lo que provee ventajas adicionales cuando se incorporan modificaciones al aparato.

-Fricción: Es aquella que se genera cuando se produce un movimiento de deslizamiento entre el bracket y el alambre; en la medida que la fricción aumenta se dificulta el movimiento dentario y se puede producir una pérdida de anclaje.

## **18.1 Alambres usados en Ortodoncia**

### **18.1.1 Alambres de acero**

Está compuesto por 18% cromo, 8% níquel y menos del 0,20 % de carbono. Presenta dureza mediana, elasticidad, maleabilidad y es fuerte, debe usarse

en el estado en que se compra, no es factible utilizarlo con calor; este alambre está indicado para trabajar durante todas las fases del tratamiento.

Las aleaciones de acero deben en gran parte su dureza a la presencia de carbonos intersticiales en su microestructura y al proceso de fricado, ambos contribuyen a que posea un elevado campo de trabajo y módulo de elasticidad. Los alambres de acero poseen valores de campos de fuerza elevados, si la fuerza empleada es muy elevada el alambre se puede tornar quebradizo, a pesar de esto, su elevada rigidez es ventajosa para resistir la deformación que es provocada por las fuerzas de tracción intraoral y extraoral.

La energía almacenada en un alambre de acero activado es menor que la de los alambres de beta-titanio o nitinol, lo cual significa que los alambres de acero producen fuerzas que se disipan en cortos períodos, por lo que se requieren activaciones frecuentes o cambios de arco.

Los alambres de acero presentan bajos niveles de fricción entre el brackets y el alambre, pueden ser soldados y presentan buena resistencia a la corrosión; muy usados en la aparatología removible, extraorales y arcos para técnicas fijas; se presentan en forma de rollos, varillas o preformados y pueden ser rectangulares, cuadrados o redondos.

Podemos encontrar los alambres de acero con diferentes grados de dureza clasificados en estándar duroelástico y extra-extraduroelástico, los que responden perfectamente a las exigencias específicas de las etapas de la técnica utilizada.

- Trenzado con 3 hilos redondo: se logra muy buen alineamiento en las primeras fases del tratamiento. Se presentan en tiras, entre ellas encontramos el 0,15"; 0,17"; 0,19"; 0,21.

- Trenzado con 3 hilos redondo preformado.

- Trenzado con 3 hilos rectangular preformado: consiguen buen control de las fuerzas de torque y también se usan en fases de nivelación

- Trenzado con 5 hilos coaxial.

-Trenzado rectangular de 8 hilos preformado: Para las fases finales y de reubicación de soportes, se encuentran desde el 0,016"x 0,016" hasta el 0,021"x 0,025".

### **18.1.2 Alambres de cromo cobalto**

Están compuestas por 40 % de cobalto, 20 % de cromo, 15 % de níquel, 7 % de molibdeno y 16 % de acero. Se caracterizan por presentar gran resistencia a la fatiga y a la distorsión, poseen buena capacidad para ser doblados y baja fricción entre el alambre y el Brackets.

La soldadura en estos alambres puede provocar cambios en su estructura, que causarían una disminución del campo de fuerza y en la resistencia a la tracción.

Existen 4 tipos los cuales se identifican por colores, teniendo en cuenta su resiliencia:

-Azul (suave). Es el más suave de los 4 tipos de alambre, puede ser fácilmente doblado con los dedos y los alicates. Es recomendado cuando se requieren hacer algunos dobleces o soldar algún aditamento. El tratamiento térmico aumenta su resistencia a la deformación.

-Amarillo (dúctil). Es relativamente más dúctil y más resiliente que el azul, se puede doblar con facilidad. El tratamiento térmico aumenta su resistencia a la deformación.

-Verde (semirresiliente). Es más resiliente que el amarillo y puede ser doblado con alicates antes de aplicarle un tratamiento térmico.

-Rojo (resiliente). Es el más resiliente de todos y posee altos niveles de recuperabilidad, se recomienda cuidadosa manipulación con los alicates, ya que resiste mínimas flexiones. El tratamiento térmico lo deja extremadamente resiliente, por lo que puede fracturarse fácilmente.

### 18.1.3 Alambres de níquel titanio

(nitii o nitinol) Están compuestas por 52 % de níquel, 45 % de titanio y 3 % de cobalto, es superelástico y desarrollan fuerzas uniformes; se presentan redondos, cuadrados y rectangulares, son los más utilizados en forma de arcos preformados para las primeras fases del tratamiento, sobre todo el nivelado y alineación. Se requieren menos ajustes y cambios de arco, ya que permanece activo durante todo el tratamiento sin deformarse, y mantiene una fuerza suave y constante que evita la formación de áreas hialinizadas.

Se presentan también en forma de curva reversa denominados también retranol o abridor de mordida, fabricados con NiTi endurecido; proporcionan mayor rango de trabajo que los de acero inoxidable y soporta una estabilidad dimensional ideal para evitar la extrusión de los dientes anteriores durante la retracción.

Presentan bajo módulo de elasticidad que les permite soportar grandes deflexiones elásticas, lo que se refleja en su gran recuperabilidad y flexibilidad que son las principales características de estos alambres que los hacen tener amplio uso en la clínica, ya que se pueden usar desde las etapas iniciales con pocas activaciones y menos cambios de arco porque logra tener gran control sobre los movimientos del diente como son la corrección de las rotaciones, nivelación y torque.

Las desventajas de este alambre están en su incapacidad para ser doblado, por lo que deben ser usados preferiblemente en aparatos preajustados; no permiten ser soldados pues se hace difícil colocar ganchos y topes, además, por su baja rigidez no permiten la estabilidad necesaria, por lo que no deben ser utilizados para la finalización de un tratamiento de ortodoncia.

La fricción que se produce entre el alambre y el brackets es mayor que la que se produce con los alambres de acero y menores que las producidas con los alambres de beta-titanio. Existen diversas opiniones en relación con su resistencia a la corrosión, algunos plantean que es tan resistente como los

alambres de acero, mientras que otros han determinado que el nitinol es más susceptible a la corrosión que otras aleaciones ortodóncicas.

#### **18.1.4 Alambres de niticobre**

Es una aleación térmica, cuaternaria de níquel-titanio, cobre y cromo. Su diferencia con las demás aleaciones es su capacidad para lograr una transformación martensita termoelástica, o sea, un cambio estructural cristalográfico programado reversible, lo que da la base para alcanzar los elevados grados de recuperación que logra este material.

Su característica más importante es la generación de fuerzas más constantes a mayor deflexión del alambre.

#### **18.1.5 Neo Sentalloy**

Este alambre es de tecnología avanzada de aleación NiTi, que combina mayor sensibilidad térmica, alta memoria de forma y fuerzas extremadamente bajas y constantes, lo que permite utilizar el tamaño máximo del alambre desde las etapas iniciales del tratamiento.

A bajas temperaturas los alambres Sentalloy son blandos, flexibles y fáciles de colocar, la memoria de forma y la superelasticidad se activan con la temperatura del cuerpo y el alambre vuelve a la forma original del arco con una fuerza suave y constante, la fuerza constante es activada con la temperatura del cuerpo, lo que provoca un movimiento fisiológico del diente, sin dolor, sin que se rompa el alambre y con pocos cambios.

Este alambre combina mayor sensibilidad térmica, alta memoria de forma y fuerzas extremadamente bajas y constantes.

### **18.1.6 Longuard TM**

El proceso de longuard realmente modifica la superficie del alambre, para reducir drásticamente el coeficiente de fricción en el deslizamiento mecánico, tienen menos fricción que los alambres de acero inoxidable del mismo calibre y la mitad de la fricción de los alambres de NiTi competidores, también sella la superficie del alambre para reducir la liberación de níquel y evitar roturas sin que por ello se modifiquen las propiedades del alambre. Se presentan como:

- Bioforce Sentalloy con longuard (redondos, cuadrados y rectangulares).

- Sentalloy redondo: azul (fuerza ligera), amarillo (fuerza mediana) y rojo (fuerza pesada).

### **18.1.7 Aleación de titanio- molibdeno**

Es la aleación más nueva que se ha introducido en Ortodoncia. Se compone aproximadamente de 11,3 % de molibdeno; 6,6 % de circonio; 4,3 % de estaño y 77,8 % de titanio. Su módulo de elasticidad es menor que el del acero inoxidable y aproximadamente el doble que el de nitinol. Su rigidez lo hace ideal para ser utilizado cuando se requieren fuerzas menores que las del acero, pero que un bajo módulo como el del nitinol sería inadecuado para desarrollar la magnitud de fuerza requerida.

Un alambre de beta-titanio libera aproximadamente la mitad de fuerza que un alambre de acero, por lo que tiene mejor control del torque, posee gran ductilidad que le permite ser doblado con facilidad.

Por medio de soldadura eléctrica es posible colocar aditamentos a los alambres, e incluso, soldar 2 alambres entre sí; se debe tener cuidado, pues si se calienta demasiado se puede tornar quebradizo, sufren una corrosión similar a los alambres de acero y cromo-cobalto, sin embargo, desarrollan gran

fricción entre el brackets y el alambre, por lo que no se recomienda su uso en la etapa de cierre de espacio porque dificulta el movimiento dentario.

#### **18.1.8 Alambre australiano**

También llamado canguro, es un alambre redondo de acero inoxidable a la austenita, tratado en caliente y estirado en frío hasta alcanzar su diámetro, a partir de un alambre redondo de mayor diámetro para darle las propiedades necesarias de resiliencia, dureza y resistencia a la tracción. Sometido a tratamiento de calor que combina el equilibrio entre la dureza y la resiliencia con la propiedad única de relajación de tensión cero.

## **XIX. Módulos de fuerza**

El uso de los arcos para mover los dientes mediante el deslizamiento a través de la ranura del brackets, hace necesario que exista un medio de unión entre ellos y otros módulos que permitan incorporar nuevos vectores de fuerza, fundamentalmente durante la etapa de cierre de espacios. Se pueden encontrar en diferentes formas de acuerdo con su utilidad, tanto para ligadura de arcos como separadores, cuñas de rotación, cadenas, etc.

El elástico funciona mediante tensión-deformación, la tensión es la distribución interna de la carga mientras que la deformación es la distorsión interna producida por dicha carga. Para comprender estos conceptos, podemos considerar que los elásticos ortodónticos son como vigas que se apoyan de uno o ambos extremos; si aplicamos una fuerza sobre la viga, se producen tres propiedades que son resistencia, rigidez y recorrido.

La carga máxima se logra tras haberse producido alguna deformación y que es superior al límite de elasticidad, esta resistencia determina la fuerza máxima que puede proveer la cadena, a menudo los elásticos se deforman por encima de su límite elástico, razón por la cual es necesario conocer su rendimiento clínico.

### **19.1 Cadenas**

Consisten en ruedas elásticas conectadas entre sí que se presentan de diferentes calibres, formas y colores. Aparecen conectadas de forma continua o con pequeños intervalos entre cada una de las ruedas, que pueden ser largos o cortos.

Es el módulo de fuerza más usado para condensar los espacios, fundamentalmente en la etapa de finalización, no debe ser utilizada para cerrar grandes espacios a no ser que se coloque como tie back.

Las cadenetas pierden  $\frac{2}{3}$  de su fuerza a las 48 horas de su colocación, producen en un inicio una fuerza elevada que disminuye con el tiempo. No deben ser utilizadas en alambres con calibre menor que 0,016" porque se puede producir deflexión de este. Al final de las cadenas debe usarse con ligadura metálica para evitar rotaciones indeseadas de los dientes, a menos que esta termine en el molar.



Fig. 27 Cadena elástica.

## 19.2 Ligadura elástica

Hilo elástico de goma cubierto con tejido de seda, de forma tubular que se presenta en rollos, mantiene la elasticidad durante largos períodos; se debe usar con alambres de calibre mayor que 0,018" para condensar espacios atándolo en forma de 8. Se utiliza también para lograr movimiento mesial en masa sin que se produzcan rotaciones, atado en 8 a los aditamentos linguales de los dientes posteriores cuando existen otros módulos de fuerza que actúan por vestibular.

Es muy utilizada para la corrección de rotaciones de algunas piezas dentarias y para incorporar suavemente un diente al arco dental. En la técnica bioprogresiva se utiliza para intruir los caninos cuando los incisivos han sido previamente intruidos con el arco utilitario.

### 19.3 Cuñas

Es usada para rotaciones, consisten en unos pequeños módulos de goma, compresibles y elásticos que permiten corregir las rotaciones de los dientes anteriores y premolares. Se colocan en las aletas del brackets del lado hacia donde se encuentra rotado el diente, deben ser usadas solo con alambres flexibles.



Fig. 28 Cuñas de madera.

### 19.4 Resortes abiertos

Proporcionan una fuerza de expansión, el resorte se inserta dentro del arco y se comprime entre los brackets de 2 dientes con el fin de crear espacio. Se usan con arcos 0,016" o mayores, debe comprimirse de 3 a 4 mm (el tamaño de un brackets) y los extremos de los dientes deben ser ligados con metálica para evitar rotaciones. Se fabrican de acero inoxidable o de NiTi, estos últimos son los que proporcionan una fuerza leve, uniforme y libre de fatiga; además, presentan un alto grado de memoria elástica casi constante. Se presentan en tiras de forma continua o con topes de doble espiral para evitar molestias en los extremos.

### **19.5 Resortes cerrados**

Son de alambre de acero inoxidable 0,010" enrollados en una luz de 0,030" y provocan tracción; se presentan en rollos o tiras.

### **19.6 Resortes pletcher**

Es un módulo de fuerza muy eficaz que provoca retracción y contracción, confeccionado con alambre de NiTi de 0,010" en una luz de 0,030", poseen ojales soldados con láser para facilitar su colocación y evitar que se suelten. Se emplean fundamentalmente en la etapa de cierre de espacios. Su presentación puede ser de 9 y 12 mm, y se emplean según la individualidad del caso, se debe cuidar con esmero el anclaje si no se desea mesializar el sector posterior. En casos específicos, donde se desea utilizar fuerzas ligeras para la retracción anterior, se puede conectar una ligadura metálica como continuación del pletcher hasta el poste del arco, disminuyendo así su activación.

### **19.7 Elásticos**

Confeccionados de goma látex poseen máxima elasticidad y resistencia a la fatiga. Se presentan en forma de anillos de diferentes calibres utilizados para proporcionar fuerzas intramaxilar e intermaxilar. Las fuerzas de tracción indicadas producen su efecto al estirar por 3 veces el diámetro interior de cada anillo. También se encuentran con un grosor y un calibre mayor para ser utilizados en la tracción extraoral. Los calibres más utilizados son: ¼", 5/16", 3/8", 3/16", ½".



Fig. 29 Elásticos ortodónticos.

### 19.8 Separadores

Se presentan de alambre latón en rollos de diferentes calibres para separar molares, bicúspides o incisivos, son muy eficientes e higiénicos. Se encuentran en forma de ruedas elásticas de diferentes tamaños para separar dientes anteriores o posteriores; son de fácil manipulación por parte del operador, pero no siempre logran la separación esperada sobre todo en casos de apiñamientos severos.



Fig. 30 Colocación de separadores.

## **XX. Retención**

La retención es la etapa final en el tratamiento ortodóntico, este paso es imprescindible para minimizar la recidiva de las malposiciones dentarias corregidas, el objetivo de la retención es brindar estabilidad dental, muscular y articular a largo plazo, mediante el uso de retenedores ya sea fijos o removibles.

Los dientes se mantienen en sus nuevas posiciones gracias a la estabilidad y retención del tejido conectivo, ligamento periodontal y de la encía, cualquier modificación en el conectivo (como inflamación) afecta a la inmovilidad del diente que como consecuencia se podrá observar un desplazamiento indeseado en el diente. Este proceso suele durar varios meses debido a la lenta maduración y remodelado de las fibras conectivas gingivales, especialmente las supracrestales y las del ligamento periodontal, ya que recordemos que estas fibras no son elásticas, por ende, tienden a intentar recolocarse en su posición inicial.

El tiempo de retención debe ser prolongado, tanto como el tiempo que se necesitó para corregir la maloclusión con el tratamiento ortodóntico, una vez contemplado dicho tiempo el uso del retenedor deja de ser constante, al grado de solo usarlos por las noches, posteriormente dos o tres noches por semana.

### **20.1 Principales retenedores removibles**

#### **20.1.1 Placa Hawley**

Es el retenedor más utilizado, está conformado por ganchos de sujeción, un arco vestibular y una base de acrílico que se apoyara en las superficies palatinas o linguales de los dientes y sostienen a los ganchos y el arco

vestibular. El arco vestibular mantiene la zona anterior en su lugar, sujetándolos por la zona vestibular, pasando por el tercio medio de la corona.

Las ventajas de este aparato son:

- Son higiénicos
- No provoca problemas periodontales ni caries
- Es duradero
- Proporcionan retención a largo plazo
- Es duradero

Las desventajas son:

- El paciente tiene que comprenderse a usarlo adecuadamente
- Inicialmente dificulta el habla del paciente



Fig.31 Retenedor Hawley

### **20.1.2 Retenedor circunferencial o wrap around**

Usado en los casos donde se requirieron extracciones de premolares, ya que el retenedor circunferencial rodea a todos los dientes erupcionados en boca y de esta manera impedir la apertura de los espacios donde se realizaron las extracciones. La retención se da al adaptar el alambre a los contornos vestibulares de los dientes anteriores y superficies cervicales de molares.

Las ventajas son:

- Son higiénicos

- No provoca caries ni problemas periodontales
- Mantienen los dientes en oclusión y en alineación
- Proporcionan retención a largo plazo

Las desventajas son:

- Al realizar el arco largo, puede sufrir distorsión
- Puede sufrir desajustes
- Se necesita compromiso del paciente
- Puede dificultar el habla del paciente



Fig. 32 Retenedor circunferencial

### **20.1.3 Retenedor elástico wrap around**

Usado para la corrección de recidivas como la proclinación anterior y el cierre de espacios, en la parte terminal de los ganchos (a nivel de premolar y caninos) se coloca un elástico de látex que nos ayudara con el cierre de espacios.

Ventajas:

- Proporciona estabilidad en el sector posterior y cierre de espacios en anterior
- El paciente puede escoger el color del elástico
- Es higiénico

Desventajas:

- Depende de la colaboración del paciente
- No hay control del torque de los movimientos dentales



Fig. 33 Retenedor elástico

#### 20.1.4 Retenedor Osamu

Es un retenedor termoplástico que envuelve toda la arcada dental y parte de la mucosa alveolar, puede ser activo (realiza ligeros movimientos ortodónticos) o pasivo (solo proporcionan retención).

Ventajas:

- Es estético y muy bien aceptado por el paciente
- No interfiere con la higiene dental

Desventajas:

- No permite el asentamiento completo de la mandíbula
- Dura aproximadamente 12 meses



Fig. 34 Retenedor Osamu

## 20.2 Principales retenedores fijos

Usados cuando se teme por la estabilidad del alineamiento obtenido y para retenciones prolongadas, existen prefabricados y adaptados para cada paciente (hechos a la medida). Se adhieren a las caras linguales o palatinas.



Fig. 35 Retenedor fijo

## Conclusiones

Realizar movimientos ortodónticos no es tan sencillo como parece, ya que es una respuesta dada por la interacción de aspectos biológicos y físicos que se llevan a cabo dentro del periodonto. Tener el conocimiento de términos como inclinación, rotación, torque, etc., nos ayudara a otorgar planes de tratamiento más exitosos e incluso en un menor tiempo.

Además de ser procedimientos individualizados a las necesidades de cada paciente, es decir, no existen pasos exactos los cuales deban seguirse para obtener un resultado puntual, por el contrario, se debe estudiar a cada paciente con los diversos análisis cefalométricos para poder tener un diagnóstico certero y de esta manera garantizar mejor resultados, disminuyendo la probabilidad de efectos adversos y aumentando la posibilidad de éxito.

La base de un tratamiento ortodóntico exitoso es la aplicación clínica de los conceptos biomecánicos, por lo tanto, debemos comprender el mecanismo de acción de los diversos aparatos ortodónticos y de sus fuerzas aplicadas en los movimientos dentales.

El hecho de realizar tratamientos ortodónticos sin conocimiento de biomecánica dental ha provocado una gran cantidad de casos en los cuales se han derivado una variedad de daños, los cuales van desde los reversibles (dolor dental), hasta los irreversibles (reabsorción radicular, perdida dental, etc.)

## Glosario

Aceleración: Es una magnitud vectorial que sirve para expresar la manera en la que un cuerpo altera la velocidad que lleva en determinada trayectoria.

Centro de resistencia: Es el punto a través del cual debe pasar una fuerza para mover un objeto libre en forma lineal. El centro de resistencia es equivalente al centro de masa para los cuerpos libres.

Un diente en la cavidad bucal no es un cuerpo libre porque sus tejidos periodontales de soporte lo frenan. El centro de resistencia de un diente depende de la longitud y morfología radicular, la cantidad de raíces y del nivel de soporte por parte del hueso alveolar.

El centro de resistencia para dientes unirradiculares con nivel normal de hueso alveolar, se sitúa en el tercio cervical y el tercio medio de la raíz; mientras que en los dientes multirradiculares el centro de resistencia se encuentra a uno o dos milímetros apicalmente de la furca.

Centro de rotación: Es el punto arbitrario que se ubica distante del centro de resistencia alrededor del cual el diente gira en dirección a la fuerza aplicada. El centro de rotación puede estar cerca, pero nunca coincidirá con el centro de resistencia.

Cuando la rotación se produce alrededor del eje mesiodistal, se denomina angulación o movimiento dental de segundo orden (Tip) y si tiene lugar alrededor del eje vestibulolingual se denomina torque o movimiento dental de tercer orden. Cuando se emplean dos fuerzas simultáneas sobre un objeto se puede controlar el centro de rotación, logrando que el diente se ubique en la posición que es requerida.

Cupla: Se define como dos fuerzas paralelas de igual magnitud, pero en sentidos opuestos.

Dirección: Manera en que la fuerza es aplicada o su orientación hacia el objeto.

Eficacia: Capacidad para producir un efecto deseado tras la realización de una acción.

Eficiencia: Uso racional de los medios para alcanzar un objetivo predeterminado (es decir, cumplir un objetivo con el mínimo de recursos disponibles y tiempo).

Extrusión o erupción forzada: El diente es desplazado hacia apico-oclusal. El diente se mueve hacia el exterior del hueso.

Fuerza: Es la acción ejercida por un cuerpo (alambre, resorte, elástico, etc.) sobre otro cuerpo (diente), que cambia o tiende a cambiar la forma del movimiento de este segundo cuerpo.

Carga aplicada sobre un objeto que tendiera a desplazarse a una nueva posición en el espacio. Clínicamente se mide en unidades de peso (gramos u onzas).

Hialinización: En ortodoncia es la necrosis del ligamento periodontal.

Inclinación o torque: Es la inclinación axial en sentido labiolingual de dientes anteriores y bucolingual de los posteriores.

Intrusión: Movimiento que se caracteriza porque el diente se desplaza en sentido oclusoapical. El diente se mueve hacia el interior del hueso.

Magnitud: Es la cantidad de fuerza aplicada

Momento: El momento es el resultado de la fuerza de la distancia, la unidad de medida para un momento es de grs. x mm<sup>2</sup>. Se produce un momento cuando la línea de acción de la fuerza pasa distante al centro de resistencia provocando una tendencia a rotar. Cuando se aplica una fuerza en los Brackets y esta no pasa a través del centro de resistencia del diente, se produce una distancia entre la línea de fuerza y el centro de resistencia del diente, dando como resultado una rotación dental.

Toda fuerza que pase a través del centro de resistencia no producirá ningún momento, por lo tanto, el cuerpo se trasladará sin producir ningún tipo de rotación, mientras que cuanto mayor sea la distancia del centro de resistencia a la línea de fuerza, mayor será el momento que se producirá. La fuerza además de desplazar el diente a una nueva posición tiende a hacerlo girar alrededor del centro de resistencia, por consiguiente, el diente se inclina al desplazarse.

Oxitalan: Fibras presentes en la pulpa dental cuando se encuentra en desarrollo, son consideradas fibras elásticas inmaduras. Sirven de sostén a las células y promueven elasticidad aumentando la resistencia y rigidez pulpar.

Par: Son dos fuerzas de igual magnitud, pero de opuesta dirección, el resultado es un momento puro, ya que se elimina el efecto de desplazamiento de dichas fuerzas; esto producirá una rotación pura, haciendo girar el diente alrededor de su centro de resistencia.

Proinclinación: La raíz es inclinada palatinamente y la corona en sentido vestibular.

Remodelación: La remodelación ósea es un mecanismo de los huesos el cual consiste en la reestructuración del hueso existente que está en constante formación y reabsorción.

Resiliencia: En ortodoncia es la capacidad de un material para recuperar su forma original después de que la fuerza que provocó su deformación pare.

Tip: Se refiere a la inclinación axial en sentido mesiodistal de los dientes.

## XXI. Bibliografía

-Casillas APV. Tejidos periodontales en salud. En: Periodontología e implantología [Internet]. Segunda. Medica Panamericana; 2021. P. 3–24. Disponible en: [https://www-medicapanamericana-com.pbidi.unam.mx:2443/visorebookv2/ebook/9786079356927#{"Pagina": "24", "Vista": "Indice", "Busqueda": ""}](https://www-medicapanamericana-com.pbidi.unam.mx:2443/visorebookv2/ebook/9786079356927#{)

- Casillas APV. Relación periodoncia-ortodoncia. En: Periodontología e implantología [Internet]. Segunda. Medica Panamericana; 2021. P. 327–31. Disponible en: [https://www-medicapanamericana-com.pbidi.unam.mx:2443/visorebookv2/ebook/9786079356927#{"Pagina": "P ORTADA", "Vista": "Indice", "Busqueda": ""}](https://www-medicapanamericana-com.pbidi.unam.mx:2443/visorebookv2/ebook/9786079356927#{)

-Gill DS. Reabsorción radicular relacionada con la ortodoncia. En: Ortodoncia Principios y práctica [Internet]. 1ra edicion. Manual moderno; p. 24–30. Disponible en: <https://aprendeonline-manualmoderno-com.pbidi.unam.mx:2443/home/product-details/275347>

- Kapila S. Mecanismos biológicos en el movimiento dental ortodóntico. En: 1001 tips en ortodoncia y sus secretos [Internet]. Segunda. Venezuela: Amolca; 2017. P. 90–107. Disponible en: <https://ebooks-amolca-com.pbidi.unam.mx:2443/reader/estetica-y-biomecanica-en-ortodoncia-1584454896?location=10>

-Padilla RG. Mecanoterapia en ortodoncia. En: Ortodoncia contemporánea diagnóstico y tratamiento [Internet]. Tercera edición. Amolca; 2019. P. 229-235. Disponible en: <https://ebooks-amolca-com.pbidi.unam.mx:2443/reader/rodriguez?location=3>

Junqueira JCL. Tejido óseo. En: Histología Básica: texto y atlas [Internet]. Panamericana; 2020. p. 143–52. Disponible en: [http://www.medicapanamericana.com.pbidi.unam.mx:8080/VisorEbookV2/Ebook/9786078546534#{"Pagina":"Portada","Vista":"Indice","Busqueda":""}](http://www.medicapanamericana.com.pbidi.unam.mx:8080/VisorEbookV2/Ebook/9786078546534#{)

-Lugo RO. Alambres y modulos de fuerza. En: Manual clínico de ortodoncia [Internet]. La Habana, Cuba : Ciencias medicas; 2018. P. 201–13. Disponible en: <http://bookmedico.blogspot.com>

-Verna C. Reacción del tejido. En: Ortodoncia del adulto [Internet]. 1ra edicion. Amolca; 2013. p. 78–90. Disponible en: <https://ebooks-amolca-com.pbidi.unam.mx:2443/reader/melsen-ortodoncia-del-adulto?location=4>

-William R P. Bases biológicas del tratamiento ortodóntico. En: Ortodoncia contemporánea. Quinta. España : Elsevier; 2009. P. 278–96.

-Aprender de la historia de la ortodoncia y de sus protagonistas. Revista Espanola de Ortodoncia [Internet]. 2020 Jul [cited 2022 Nov 15];50(3):99–101. Available from: <https://search-ebSCOhost-com.pbidi.unam.mx:2443/login.aspx?direct=true&db=asn&AN=150271284&lang=es&site=ehost-live&scope=site>.

## Imágenes

-Fig. 1 Twain M. Edward Hartley Angle, age 43 years, 1898, St. Louis, Missouri, at the beginning of his legendary ascent in international fame and fortune [Internet]. 2021. Disponible en: [http://iaoi.pro/asset/files/jdo\\_63\\_pdf\\_article/JDO63\\_078-089.pdf](http://iaoi.pro/asset/files/jdo_63_pdf_article/JDO63_078-089.pdf)

-Fig. 2 Vellini F. Ortodoncia Diagnostico y planificacion clinica. Artes medicas; 2002

-Fig.3. Quiróz. Boca [Internet]. Disponible en: [http://www.robertexto.com/archivo19/buco\\_dental.htm#top](http://www.robertexto.com/archivo19/buco_dental.htm#top)

-Fig. 4 y 5. Casillas APV. Tejidos periodontales en salud. En: Periodontología e implantología [Internet]. Segunda. Medica Panamericana; 2021. P. 3–24. Disponible en: [https://www-medicapanamericana-com.pbidi.unam.mx:2443/visorebookv2/ebook/9786079356927#{\"Pagina\": \"24\", \"Vista\": \"Indice\", \"Busqueda\": \"\"}](https://www-medicapanamericana-com.pbidi.unam.mx:2443/visorebookv2/ebook/9786079356927#{\)

-Fig. 6 Lisandra Isabela. Cemento dental [Internet]. 2013. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Archivo:Cemento\\_dental.png](https://www.ecured.cu/Archivo:Cemento_dental.png)

-Fig. 7 Barcelona ED. Hueso alveolar y su función [Internet]. 2017. Disponible en: <https://estudidentalbarcelona.com/consiste-hueso-alveolar-funcion/>

-Fig. 8-10 Vellini F. Ortodoncia Diagnostico y planificacion clinica. Artes medicas; 2002

-Fig. 11-26 Adriana Natera ER. Acción y reacción [Internet]. Amolca; 2017. Disponible en: <https://ebooks-amolca-com.pbidi.unam.mx:2443/reader/estetica-y-biomecanica-en-ortodoncia-1584454896?location=10>

-Fig. 27 Fábregues S. Ligamento periodontal [Internet]. 2012. Disponible en: <https://bgdentalcenters.es/periodoncia-encias/ligamento-periodontal/>

-Fig. 26-30 Padilla RG. Mecanoterapia en ortodoncia. En: Ortodoncia contemporánea diagnóstico y tratamiento [Internet]. Tercera edición. Amolca; 2019. P. 238-361 Disponible en: <https://ebooks-amolca-com.pbidi.unam.mx:2443/reader/rodriguez?location=3>

-Fig. 30-35 Adriana Natera ER. Acción y reacción [Internet]. Amolca; 2017. Disponible en: <https://ebooks-amolca-com.pbidi.unam.mx:2443/reader/estetica-y-biomecanica-en-ortodoncia-1584454896?location=10>