



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

**Biomecánica del movimiento dentario en el
tratamiento ortodóntico.**

T E S I S A

Que para obtener el Título de

CIRUJANO DENTISTA

P r e s e n t a :

JOSÉ RAMÓN ALQUICIRA ZAMORA.

DIRECTOR: C. D. RAÚL CÁZARES MORALES

MÉXICO D. F.

MAYO 2005.

m. 342808

Agradezco a Dios:

Por permitirme tener una familia
que me ha brindado apoyo.

A mis padres:

María del Carmen Zamora.

Mauel Alquicira Leyte.

Por darme los medios para
obtener una educación, apoyarme
y orientarme en mis decisiones,
su comprensión y cariño.

A mis hermanos:

Manuel, Mario, Yolanda, Mauricio.

Por motivarme y apoyarme
para continuar una profesión y
preocuparse durante mis estudios.

A mis sobrinos:

Alejandro, Fermín, Miguel.

Por ser una razón para seguir
adelante y superarme
académicamente.

A los doctores:

Raúl Cazares M.

Fabiola Trujillo E.

Por orientarme y guiarme en
el proceso para llevar a cabo la
elaboración de la tesina.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Alquicira

Zamora de Ramón

FECHA: 11/04/05

FIRMA: [Firma]



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO 1 HISTORIA DE LA ORTODONCIA	6
1. Antecedentes históricos.....	7
CAPÍTULO 2 PERIODONTO	19
1. Generalidades.....	20
2. Componentes.....	20
2.1 Encía.....	20
2.2 Ligamento.....	26
2.3 Cemento.....	29
2.4 Hueso alveolar.....	31
CAPÍTULO 3 REACCIÓN TISULAR FRENTE A LA FUERZA ORTODÓNTICA	35
1. Reacción tisular.....	36
2. Respuesta ortodóntica ideal.....	39
3. Magnitud de fuerza.....	40
3.1 Fuerza leve.....	41
3.2 Fuerza moderada.....	41
3.3 Fuerza severa.....	41
4. Ritmo de aplicación de fuerza.....	42
4.1 Fuerza continua.....	42
4.2 Fuerza intermitente.....	42
CAPÍTULO 4 PRINCIPIOS BIOMECÁNICOS	44
1. Principios biomecánicos.....	45
2. Fuerza.....	45
3. Cuerpo.....	46



4. Momento.....	47
5. Binario.....	48
6. Fulcro.....	48
7. Tipos de movimiento dental.....	48

**CAPÍTULO 5 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS ALAMBRES
ORTODÓNTICOS.....52**

1. Características los alambres.....	53
1.1 Carga.....	53
1.2 Tensión y deformación.....	53
1.3 Límite de elasticidad.....	53
1.4 Módulo de elasticidad.....	54
1.5 Módulo de resiliencia.....	54
1.6 Tenacidad.....	55
1.7 Biocompatibilidad.....	55
2. Factores que intervienen en el comportamiento mecánico de los alambres ortodóntico.....	55
2.1 Aleación de metales preciosos.....	56
2.2 Aleación de acero inoxidable.....	56
2.3 Aleación de cobalto-cromo.....	57
2.4 Aleación de níquel-titanio.....	57
2.5 Aleación de beta-titanio.....	57
2.6 Templado.....	58

CONCLUSIONES.....59

BIBLIOGRAFÍA.....60



INTRODUCCIÓN

El llevar a cabo la recopilación de información de esta tesina tiene por objetivo ampliar el conocimiento de la materia o reafirmarlo, ya que el tema de la biomecánica y su efecto en el movimiento dentario es muy amplio pero sobre todo puede resultar compleja si no se conocen algunos conceptos y su aplicación de éstos sobre un tratamiento ortodóntico, lo que puede provocar un inadecuado procedimiento por lo tanto daño al diente.

La biomecánica en ortodoncia puede englobar varios conceptos, así como el empleo adecuado o no de ésta, ya que directamente se verá reflejado en los efectos que ocasiona sobre el diente y los tejidos circundantes a éste.

Por otra parte, pero no menos importante, el conocer las fuerzas que se generan durante el movimiento ortodóntico y en que dirección y sentido se aplicaran, son de gran importancia ya que se obtiene una explicación científica, pero al mismo tiempo lógica, del funcionamiento de los tejidos y su reacción ante un estímulo o agente externo a ellos pero sin crear un daño en su estructura, únicamente modificándola creando una estimulación que induzca un patrón distinto al que se presenta.



CAPÍTULO 1:

**HISTORIA DE
LA ORTODONCIA.**



1. Antecedentes históricos.

Los orígenes de la ortodoncia y la ortopedia son similares, ambas disciplinas tienen una raíz común que provienen de vocablos griegos Ortho, Odonto y Pedos, y aun cuando en la práctica pueden tener alguna diferencia, en realidad tienen un objetivo en común: estudiar, prevenir, interceptar, y curar las anomalías de posición de los dientes y sus relaciones maxilofaciales, con el fin de mantener o restaurar las funciones normales del sistema estomatognático.

Los primeros indicios de malposiciones dentarias datan del pleistoceno en el hombre de Neandertal (Alemania) hace aproximadamente 100.000 años.

Los primeros tratamientos fueron realizados por los Griegos y Romanos con sus maniobras de presión digital alrededor de 1600 años antes de Cristo.

(Fig. 1)



Fig.1 Hombres de Neandertal. Quirós.
Ortodoncia Nueva Generación.2003.

El primer autor que menciona una actividad ortodóntica fue Aulo Cornelio Celso célebre médico seguidor de la disciplina de Hipócrates que vivió en los inicios de la era cristiana, quien en el libro VII capítulo XII titulado “Operaciones requeridas en la boca”, escrito en el año 24 dC. Aconsejaba que si los dientes permanentes aparecen desviados por persistencia de los temporarios se debía practicar la extracción de estos últimos y llevar los permanentes a su posición normal, mediante presiones digitales repetidas con periodicidad hasta corregir el problema. ⁽¹⁾



Al inicio del siglo X Abu-al- Qasim Khalaf ibn-'Abbas al-Zahrawi, conocido como Albucalis, describió gran cantidad de instrumental quirúrgico entre ellos: las primeras limas y tartrectomos para el raspado del cálculo dental, causante, según él, de innumerables problemas periodontales, recomendaba también la ferulización de los dientes móviles, y la sustitución o reposición de los dientes caídos o perdidos. ⁽¹⁾

Abu-'Ali al_Husayn ibn-Sina (980-10379 mejor conocido como Avicenna, uno de los mejores médicos del Islam, a los 16 años de edad había concluido sus estudios de medicina.

Entre los temas tratados por Avicenna, recomendaba para el tratamiento estético de los dientes extraídos o alargados el uso de limas para reducir su altura. Hizo notables aportaciones en la reducción de fracturas de mandíbula, haciendo hincapié en que la mejor forma de tratarlos era observar la oclusión de los dientes, los cuales debían engranar, para luego vendar alrededor de la mandíbula, cabeza y cuello, colocando una tablilla ligera o a lo largo de los dientes y en algunos casos reforzar con alambre de oro para sujetar las partes. ⁽¹⁾

En el siglo XVI personajes como Urbano Hemard, cirujano de Lyon, Ambroise Paré (1510-1590) célebre médico y odontólogo, diseñador de obturadores palatinos para pacientes fisurados, y autor de varias obras odontológicas al igual que Fabrici d' Acquapendente (1537- 1619) quien se dedicó a la cirugía maxilofacial y a la obturación de fisuras congénitas del paladar y Egenolff (1541), quien escribió un libro sobre medicina de los dientes, hablan sobre las malposiciones dentales; pero sólo fue en el siglo XVIII cuando Pierre Fauchard describe técnicas para corregir apiñamientos dentarios. Los aparatos propuestos por Fauchard estaban confeccionados en láminas de metal (oro o plata) ligeramente rígidas a las cuales eran atados los dientes ya



fuese por vestibular o por lingual dependiendo del problema específico del paciente para ser traccionados y llevados a posición. También recomendaba el uso de alambres en los espacios interdentarios para obtener la separación de los dientes apiñados. (Fig. 2)

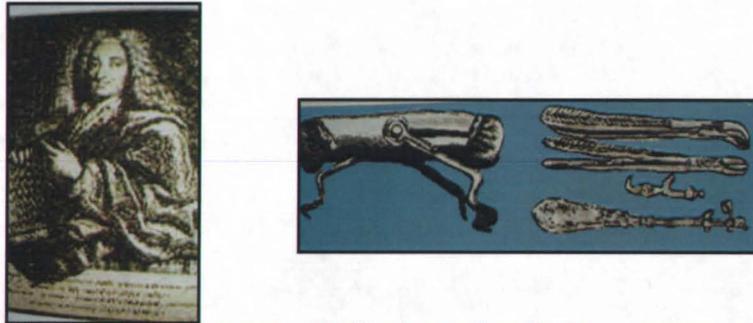


Fig. 2 Fauchard y su instrumental utilizada para limar dientes y obtener espacio.

Quirós. Ortodoncia Nueva Generación. 2003.

En 1737 Gerauldy, expone en un libro, el arte de conservar los dientes, tratando sobre la buena posición dentaria y sus anomalías.

Etienne Bourdet (1722-1789) recomendaba la exodoncia del primer premolar para ayudar a resolver los apiñamientos severos y el uso de láminas de oro parecidas a las usadas por Fauchard pero de mayor tamaño, las cuales podían ser utilizadas para la corrección de varios dientes, estas bandas abarcaban toda la arcada desde los molares de un lado al otro, presentando perforaciones a nivel de cada diente, por donde se pasaba un hilo de seda o un alambre muy delgado encargado de realizar las correcciones; los extremos de las bandas eran atados a los molares sirviendo de reforzadores del anclaje. Bourdet recomendaba que las láminas fuesen siempre de oro y no de plata, y que las ligaduras fueran cambiadas cada semana. ⁽¹⁾

John Hunter (1728-1793) realizó una descripción excelente del crecimiento y desarrollo de los maxilares, los músculos de la masticación y realizó láminas explicativas de la anatomía de los dientes, desaconsejó de manera acertada la extracción de dientes temporales para permitir erupción de los



permanentes, sostuvo que algunos casos de prognatismo eran corregibles mediante la extracción de 2 premolares.

En 1780, Camper hace la descripción de un plano de orientación que parte desde la base de la nariz hasta el conducto auditivo externo (Plano de Camper) y del ángulo formado entre este plano y un plano tangente al perfil facial. ⁽¹⁾

En 1803 Joseph Fox utilizó platinas similares a las de Bourdet, pero agregando unos bloques de hueso o de marfil para levantar la mordida y facilitar el descruzamiento de los dientes anteriores, también fue la primera persona que escribió sobre el uso de anclaje occipital para tratar protrusiones dento-mandibulares, usando una mentonera para la prevención de la luxación mandibular en caso de extracción de dientes permanentes. ⁽¹⁾

L. J. Catalán en 1814 introduce el concepto de los planos inclinados para el movimiento de los dientes superiores en mordida cruzada, su diseño consistía en una banda de oro o plata la cual pasaba alrededor de las caras labiales de los incisivos inferiores, de molar a molar, asegurado mediante ligaduras, trozos de metal más grueso eran soldados de manera inclinada a esta banda por encima de sus caras labiales y bordes incisales, debajo de los dientes superiores que estaban en mordida cruzada para que al ocluir con estos se produjera el descruzamiento.

Benjamín James en 1814 habla sobre alternativas de prevenir o curar las irregularidades de los dientes, sobre las edades apropiadas para comenzar los tratamientos y advierte que en algunos casos es necesario extraer dientes para corregir las irregularidades, también sugiere que la presión del dedo puede mover los dientes en mal posición dentro del alineamiento. ⁽¹⁾



Cristóbal Delabarre prestaba considerable atención a la utilización de aparatos de ortodoncia y su uso en el tratamiento de las maloclusiones, describió el uso de rejillas metálicas para levantar mordidas y facilitar descruzamientos y el empleo de coronas metálicas para tratar las rotaciones dentarias. (Fig. 3)

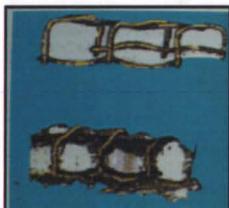


Fig. 3 Rejillas metálicas. Quiros.
Ortodoncia Nueva Generación.2003

En 1822 John Patric presentó un método novedoso para el alineamiento de los dientes el cual consistía en un arco de platino en el que se deslizaban varios anillos donde se aseguraban los dientes que iban a ser movilizados. Los extremos del arco se unían a las bandas de los molares por tornillos con los que se podía recortar o alargar el arco. ⁽¹⁾

Desirabode en 1823 describe el uso de dos bandas metálicas confeccionadas en oro las cuales se colocaban sobre los molares, a ellas iban soldadas dos cintas del mismo material que actuaban como férulas, a las bandas las llamó bandelettes y a la férula bracelets. Ocasionalmente estas bandas eran más bien coronas de oro que se colocaban en los molares y permitían abrir la mordida; las férulas eran ligadas a los dientes con hilo de seda, cera o ligadura de metal. ⁽¹⁾

J. C. Maury en 1833 describe en su libro Complete Treatise on the dental varios tipos de irregularidades dividiendo los casos en tratables con aparatos y radicales o quirúrgicos, sus aparatos se limitaban a mover los dientes con ligaduras y utilizando los planos inclinados descritos por Catalán corrigiendo así las mordidas cruzadas de los dientes anteriores; diseñó también unos ganchos que colocados sobre la superficie incisal de los dientes impedían



que estos se corrieran o se extruyeran, evitando así la laceración de los tejidos adyacentes al mismo o las inclinaciones dentales.

En 1829 Thomas Bell en Londres publica en su libro "The anatomy, physiology and diseases of the teeth" un aparato parecido al de Desirabode pero las bandas metálicas o férulas iban estampadas a la anatomía vestibular y lingual de los dientes en posición irregular a los cuales había que alinear; se declaró opuesto a las extracciones prematuras de los dientes temporales.

La palabra ortodoncia es utilizada por primera vez por Pedro J. Lefoulon en su obra titulada: *Nouveau traité théorique et pratique sur l'art du dentiste*, refiriéndose también a las causas y tratamientos de las irregularidades en la dentadura. ⁽¹⁾

En 1835, Samuel Sheldon Fitch en Philadelphia, publica la segunda edición de su libro *A System of Dental Surgery*, en su obra hace revisión de más de 250 referencias en siete idiomas, su obra marca el comienzo de una nueva era en la Práctica odontológica en América. En varias partes de su libro se refiere a las causas y a la prevención de las maloclusiones. Llama la atención sobre la movilidad de los procesos alveolares como respuesta a la aplicación de fuerzas en el movimiento dental y establece que los mejores resultados se obtienen durante los periodos de crecimiento.

En 1839 se publica la primera revista periódica dedicada a la Ortodoncia titulada "The American Journal of Dental Science" y en 1840 es fundado en Baltimore USA The College of Dental Surgery otorgándose a sus egresados el título de Doctor of Dental Surgery (D. D. S.). ⁽¹⁾



En 1842 J. M. A. Schange, en París, menciona tres formas para obtener espacio y acomodar los dientes irregulares:

- 1° Limado interproximal, al cual se declara contrario.
- 2° Extracción, cuando requerimos mucho espacio.
- 3° Ensanchamiento del arco, al cual considera mejor plan.

En 1849 William Dwinelle en New Cork, crea el tornillo de tracción, el cual consistió en un tornillo unido a dos bandas para mover los dientes, este diseño fue utilizado por muchos años. ⁽¹⁾

En 1850 Daniel Harwood construye un aparato para predeterminar el tamaño del arco dentario.

En 1853 Thomas W. Evans mencionó cuatro requisitos fundamentales para la regulación de la posición de los dientes:

- 1° Soporte firme.
- 2° Presión uniforme y constante.
- 3° Construcción cuidadosa.
- 4° mecanismo sencillo.

En 1860 J. Richardson fue el primero en publicar un trabajo donde se utilizaba el caucho vulcanizado en aparatos activos y de retención en ortodoncia. (Fig. 4)

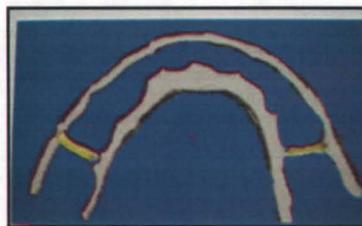


Fig.4 Retenedor de Richardson. Quirós.
Ortodoncia Nueva generación. 2003.



Emerson Angell en 1860 describe detalladamente la erupción de varios dientes permanentes, dando gran importancia a la erupción y cuidado del primer molar permanente como preservadores de la correcta oclusión.

Realizó expansión de la sutura media palatina utilizando tornillos que sujetaban a los premolares.

En 1879 Norman W. Kingsley, discutió las bases fundamentales de la ortodoncia actual, trató en sus publicaciones sobre la etiología, el diagnóstico y el tratamiento en ortodoncia, pero su mayor énfasis estuvo en relacionar la mecánica con la biología durante el tratamiento ortodóntico, observó que los procesos de reabsorción y aposición eran inducidos mediante el movimiento de los dientes. Fue el primero en describir el uso de cementos para fijar las bandas metálicas a los dientes. ⁽¹⁾

En 1881 en Londres, Walter h. Coffin describe un aparato usado por él y su padre, el aparato estaba realizado en vulcanita y tenía un resorte central realizado con un alambre de cuerda de piano permitiendo de esta manera expandir las partes del aparato, para alinear dientes en mala posición, esta expansión era a su vez acompañada por movimientos individuales a dientes, dando inicio a una nueva era para la ortodoncia y la ortopedia maxilar. (Fig.5)

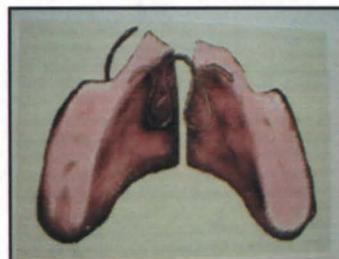


Fig. 5 Placa de expansión de Coffin. Quirós.
Nueva Generación. 2003.

En 1882, en el Congreso Internacional de Antropología y Arqueología Prehistórica celebrado en la ciudad de Frankfort (Alemania), se establece un plano orientado horizontalmente desde el porión hasta la base de la órbita, el



cual es denominado “Plano de Frankfort”, y que será adoptado posteriormente para establecer relaciones craneométricas.

En 1887 Víctor H. Jackson, presenta su aparato llamado “criba” que no era más que un alambre sencillo para la regulación de los dientes, que iba por lingual y por vestibular de los dientes, además de ser removible, podía tener resortes individuales para generar el movimiento de dientes (recomendaba la presión continua). ⁽¹⁾

En 1887, Edward Angle H. Angle de Saint Louis presenta un trabajo titulado: Notes on Orthodontia. Donde describía diversos aparatos para producir movimientos de los dientes y retenerlos cuando estaban en posición. Posteriormente publica su libro Malocclusion of the teeth el cual tuvo siete ediciones, siendo además traducido a varios idiomas, en 1911 crea el aparato de perno y tubo, en 1916 el arco cinta con bandas y brackets y, finalmente la técnica conocida como “arco de canto”. En 1905 presenta su clasificación de anomalías de la dentición estableciendo la hasta hoy usada “Clasificación de Angle”.

En 1888 Eugene S. Talbot describe su resorte en espiral para la expansión del arco o para movimiento individual de dientes. Sostenía que cada caso de maloclusión era diferente a otro y no podía encasillarse dentro de una sola clasificación.

Talbot, años más tarde, fue uno de los primeros en utilizar los rayos X en diagnóstico ortodóntico.

En 1893 H. A. Baker da a conocer sus aparatos para corrección de mandíbulas protruidas y retruidas, utilizando fuerzas elásticas intermaxilares, mediante el uso de elásticos de caucho, retruyendo o protruyendo la mandíbula según sea el caso. ⁽¹⁾



Calvin S. Case en 1893 junto a Baker fue de los primeros en utilizar elásticos intermaxilares para la corrección de problemas posicionales de la mandíbula.

En 1895 Wilhelm Honrad von Röntgen, descubre los rayos (X) que llevan su nombre.

En 1902 el dentista francés Pierre Robin describe un aparato ortopédico maxilar llamado monoblock.

En 1904 G. C. Ainsworth describe un nuevo aparato para mover dientes dislocados a posición, consistente en un plano inclinado y un aparato simple de retención.

En 1919 Hawley da a conocer su aparato de retención con el arco que lleva su nombre.

En 1908 Viggo Andresen presenta por primera vez su Activador basándose en las placas de Kingsley, el cual tenía por objeto servir como contención funcional y corregir la respiración bucal. ⁽¹⁾

En 1915 J. A. W. Van Loon de Utrech, Holanda, describe una técnica cefalométrica que relaciona a los dientes con respecto a la cara y al esqueleto.

En 1918 Alfred Rogers recomendó ejercicios para el desarrollo de los músculos de la cara, con intención de aumentar su actividad funcional. ⁽¹⁾

En 1920 B. H. Broadbent describe la línea de Broadbent punto de partida para numerosos análisis cefalométricos, más conocido como plano S-N. (Fig. 6)



Fig. 6 Plano de Broadbent o Plano S-N. Quirós.
Ortodoncia Nueva Generación. 2003

También en 1920 Rodolf Schwarz en Suiza describe un método para trazar perfiles de cara y maxilares partiendo de modelos de yeso.

En 1922 A. J. PACINE describe una técnica para producir y medir radiografías en esqueletos y en pacientes vivos.

En 1926 P. Simon desarrolla también un análisis cefalométrico catalogado como “análisis posicional”.

En 1931 Herbert Hofrath de Dusseldorf, Alemania, publica un artículo describiendo una técnica para análisis cefalométrico lateral, simultáneamente el Dr. B. Holly Broadbent publica su trabajo titulado: A new X Ray technique and its application to orthodontia. ⁽¹⁾

En 1938 A. M. Schwartz, publicó un libro dedicado al tratamiento con placas, diseño varias placas con varios tornillos.

En 1940 P. Planas introduce el concepto de Rehabilitación Neuro-Oclusal, preconizando que lo primordial es la restitución de la función respiratoria y masticatoria, haciendo énfasis en el equilibrio oclusal.

En 1947 Wendell Wylie en San Francisco, California presenta un análisis cefalométrico para el estudio de las discrepancias anteroposteriores en tratamientos ortopédicos. ⁽¹⁾



En 1948 se presenta una de las grandes contribuciones al diagnóstico de maloclusiones al publicar Richard A. Riedel el estudio de los ángulos SNA, SNB Y ANB para analizar las relaciones anteroposteriores del maxilar y la mandíbula.

En 1952, C. C. Steiner de California USA, presenta su análisis Cefalométrico basado en los hallazgos de Riedel.

En 1960, Robert Ricketts, de California, USA, publica su análisis cefalométrico, se convierte en el pionero de la predicción cefalométrica computarizada y marcando una nueva era para la Ortodoncia, desarrolla la técnica bioprogresiva incluyendo variaciones en las angulaciones y torsión en los brackets.⁽¹⁾



Fuerzas oclusales y hueso alveolar.

Hay dos aspectos de la relación entre las fuerzas oclusales y el hueso alveolar. El hueso existe para soporte de los dientes durante la función, y en armonía con el resto del sistema esquelético, depende de los estímulos que recibe la función para conservar su estructura.

El hueso alveolar experimenta remodelación fisiológica constante en respuesta a las fuerzas oclusales. ⁽²⁾



CAPÍTULO 2:
PERIODONTO



1. Generalidades.

El periodonto está formado por los tejidos de revestimiento y de soporte del diente (encía, ligamento periodontal, cemento y hueso alveolar). El cemento se considera una parte del periodonto debido a que junto con el hueso funge como soporte para las fibras del ligamento periodontal. El periodonto está sujeto a variaciones morfológicas y funcionales, así como a los cambios relacionados con el envejecimiento. ⁽²⁾

2. Componentes.

Encía

Ligamento

Cemento

Hueso

2.1 Encía.

La mucosa bucal está formada por tres zonas: la encía y el revestimiento del paladar duro, denominada mucosa masticatoria; el dorso de la lengua, cubierta por mucosa especializada, y la membrana mucosa bucal, que cubre el resto de la cavidad bucal. La encía es la parte de la mucosa bucal que cubre los procesos alveolares de los maxilares y rodea el cuello de los dientes.

Características clínicas normales.

La encía se divide anatómicamente en encía marginal, que forma el surco gingival; encía adherida y encía interdientaria.

Encía marginal (encía libre o no adherida).

La encía marginal (libre o no adherida) es el borde terminal o borde de la encía que rodea a los dientes a manera de collar. ⁽²⁾



Surco gingival.

El surco gingival es la depresión de poca profundidad o espacio que rodea al diente, limitado por la superficie del diente en un lado y la cubierta epitelial del margen gingival libre de la encía por el otro lado. ⁽²⁾

Encía insertada o adherida.

La encía insertada es la continuación de la encía marginal. Es firme, elástica y está adherida con firmeza al periostio del hueso alveolar subyacente. El aspecto facial de la encía insertada se extiende hasta la mucosa alveolar, que es movable y laxa, de la cual está separada por la unión mucogingival.

La anchura de la encía insertada en el lado facial difiere en diferentes áreas de la boca. Suele ser mayor en la región incisal (3.5 a 4.5 mm en el maxilar y 3.3 a 3.9mm en la mandíbula) y menor en los segmentos posteriores, encontrándose la anchura mínima en la zona de los primeros premolares (1.9 mm en el maxilar y 1.8 mm en la mandíbula)

Encía interdientaria.

La encía interdientaria ocupa el nicho gingival, que es el espacio interproximal entre las áreas de contacto de los dientes. Suele estar formada por dos papilas, una facial y una lingual, y el col. El col es una depresión similar a un valle que une a las papilas y se conforma a las características del área de contacto interproximal. Cuando los dientes no están en contacto el col suele no existir. Aun cuando los dientes se encuentran en contacto, el col puede faltar en algunos individuos. ⁽²⁾

La encía está formada por un núcleo central de tejido conectivo cubierto por epitelio escamoso estratificado.



Epitelio gingival.

El epitelio gingival está formado por tres áreas: el epitelio bucal o externo, el epitelio del surco y el epitelio de unión.

El epitelio bucal o externo cubre la cresta y superficie externa en la encía marginal, así como la superficie de la encía insertada. Está formada por epitelio escamoso estratificado queratinizado o paraqueratinizada.

El epitelio del surco cubre el surco gingival. Es un epitelio escamoso estratificado delgado y no queratinizado sin prolongaciones o invaginaciones y se extiende desde el límite coronal del epitelio de unión hasta la cresta del margen gingival. Este epitelio no suele estar queratinizado en condiciones normales. ⁽²⁾

El epitelio de unión está formado por una banda a manera de epitelio escamoso estratificado no queratinizado. Presenta un grosor de 3 ó 4 capas celulares en los jóvenes, aunque el número de capas aumenta con la edad hasta alcanzar 10 y aún 20; su longitud varía de 0.25 a 1.35 mm.

La inserción del epitelio de unión al diente está reforzada por las fibras gingivales, que dan apoyo a la encía marginal contra la superficie dentaria. Por este motivo, el epitelio de unión y las fibras gingivales forman una unidad funcional denominada unión dentogingival.

El epitelio del surco gingival no suele estar queratinizado sin embargo posee el potencial para queratinizarse si: 1) es reflejado y expuesto de la cavidad bucal, ó 2) la flora bacteriana del surco se elimina. Estos datos sugieren que la irritación local en el surco impide su queratinización.

Líquido gingival (líquido del surco).

1) Limpia al surco de materiales; 2) contiene proteínas plasmáticas que pueden mejorar la adhesión de la inserción epitelial al diente; 3) posee propiedades antimicrobianas; 4) propicia actividad de anticuerpos en defensa de la encía. ⁽²⁾



Tejido conectivo gingival.

El tejido conectivo de la encía se conoce como lámina propia. Contiene gran cantidad de fibras colágenas y pocas fibras elásticas.

Fibras gingivales. El tejido conectivo de la encía marginal es muy denso en colágena, conteniendo un importante sistema de haces de fibras colágenas denominadas fibras gingivales. Las fibras gingivales desempeñan las siguientes funciones: 1) reforzar el margen gingival adosándolo con firmeza contra el diente; 2) proporcionar la rigidez necesaria para resistir las fuerzas de la masticación sin ser despegadas de la superficie del diente; y 3) unir la encía marginal libre con el cemento de la raíz y encía adherida adyacente.

Las fibras gingivales están dispuestas en tres grupos: gingivodentales, circulares y transeptales. ⁽²⁾

El grupo de fibras gingivodentales se encuentra sobre la superficie facial lingual e interproximal y están incluidas en el cemento justo por debajo del epitelio que se encuentra en la base del surco gingival, diseminándose hasta la superficie de la encía marginal y el periostio del hueso alveolar, facial y lingual y extendiéndose hasta la cresta de la encía interdientaria el grupo de fibras circulares pasa por el tejido conectivo de la encía marginal interdientaria y rodean al diente a manera de anillo.

Las fibras transeptales se localizan en la zona interproximal formando haces horizontales que se extienden entre el cemento de los dientes adyacentes, en el cual se encuentran incluidas.

Elementos celulares del tejido conectivo. El elemento celular preponderante en el tejido conectivo gingival es el fibroblasto. Se encuentran numerosos fibroblastos entre los haces de fibras. Igual que en el tejido conectivo en otras partes del cuerpo, los fibroblastos sintetizan y secretan las fibras colágenas, así como la elastina, las proteínas no colagenosas, glucoproteínas y glucosaminoglucanos. ⁽²⁾



En la encía clínicamente normal se encuentran pequeños focos de células plasmáticas y linfocitos en el tejido conectivo cercanos a la base del surco. Pueden apreciarse neutrófilos. Se cree que su presencia se relaciona con la penetración de sustancias antigénicas desde la cavidad bucal a través del epitelio del surco y el epitelio de unión.

Riego sanguíneo linfáticos y nervios.

Hay tres puentes de riego sanguíneo para la encía: 1) arteriolas suprapariosteicas a lo largo de la superficie facial y lingual del hueso alveolar, desde las cuales se extienden los capilares por el epitelio del surco y entre las invaginaciones epiteliales de la superficie gingival externa, 2) vasos del ligamento periodontal que se extienden hacia la encía y se anastomosan con capilares en el área del surco, 3) arteriolas que emergen de la cresta del tabique interdental y se extienden en forma paralela a la cresta del hueso.

El drenaje linfático de la encía comienza en los linfáticos del tejido conectivo de las papilas. Progresa desde la red recolectora externa al periostio del proceso alveolar, y de ahí a los ganglios linfáticos regionales. ⁽²⁾

La inervación gingival se deriva de fibras que surgen de los nervios en el ligamento periodontal y de los nervios bucal y palatino.

Color.

El color de la encía insertada y marginal suele describirse como rosa coral, que es producido por el aporte vascular, el grosor y grado de queratinización del epitelio y la presencia de células que tienen pigmentos. El color varía en las diferentes personas y parece estar relacionado con la pigmentación cutánea. Es más claro en individuos rubios con complejión blanca que en individuos morenos. ⁽²⁾



La encía insertada esta separada de la mucosa alveolar adyacente en el lado bucal por una línea mucogingival bien definida. La mucosa alveolar es roja, lisa y brillante en vez de color rosa con puntilleo.

Pigmentación fisiológica (melanina). La melanina, pigmento de color café que no es derivado de la hemoglobina es causa de la pigmentación normal de la piel, la encía y el resto de las membranas bucales. Existe en todos los individuos normales, aunque no siempre en cantidades suficientes para ser descubierto clínicamente. La pigmentación de melanina en la cavidad bucal es prominente en las personas de raza negra. ⁽²⁾

Contorno.

El contorno o forma de la encía varía mucho y depende de la forma de los dientes, su alineación en la arcada la localización y tamaño del área de contacto proximal y de las dimensiones de los nichos interproximales gingivales facial y lingual. La encía marginal rodea a los dientes a manera de collar siguiendo un contorno festoneado en las superficies facial y lingual.

La forma de la encía interdentaria se rige por el contorno de las superficies dentarias proximales, así como la localización y forma de los nichos gingivales.

Consistencia.

La encía sana es firme y elástica y con excepción del margen libre que es movable, se encuentra unida con firmeza al hueso subyacente. Esto se debe a la naturaleza colágena de la lámina propia y su proximidad con el mucoperiostio del hueso alveolar. Las fibras gingivales también contribuyen a la firmeza de la encía marginal. ⁽²⁾



Textura superficial

La encía presenta una textura superficial similar a la cáscara de naranja y se dice que es a manera de puntilleo. La encía insertada presenta puntilleo; la encía marginal no. La porción central de la papila interdientaria suele presentar puntilleo, aunque los bordes marginales son lisos, el patrón y extensión del puntilleo varía de una persona a otra y en diferentes áreas de la misma boca. Es menos prominente en el lado lingual que en las superficies faciales y puede faltar en algunas personas.

El puntilleo es una forma de adaptación especializada, o refuerzo para determinada función. Constituye una característica de la encía sana, y una reducción o pérdida del puntilleo suele ser signo frecuente de enfermedad periodontal. ⁽²⁾

Posición.

La posición de la encía se refiere al nivel en el que el margen gingival está adherido al diente. Cuando el diente hace erupción hacia la cavidad bucal, el margen y el surco se encuentran en el vértice de la corona; al progresar la erupción se localizan en un punto más cercano a la raíz. Durante el proceso de erupción el epitelio de unión y el epitelio bucal experimentan grandes alteraciones y remodelación, conservando al mismo tiempo la profundidad fisiológica del surco gingival.

2.2 Ligamento

El ligamento periodontal es la estructura de tejido conectivo que rodea a la raíz y la une al hueso. Se continúa con el tejido conectivo de la encía y se comunica con los espacios medulares a través de conductos vasculares en el hueso. ⁽²⁾



Fibras principales.

Los elementos más importantes del ligamento periodontal son las fibras principales, que son de colágena; dispuestas en haces siguen un curso ondulado al observarse en corte longitudinal. Las fibras principales están dispuestas en los siguientes grupos: transeptales, de la cresta alveolar, horizontales oblicuas y apicales. Las porciones terminales de las fibras principales que se insertan en el cemento y el hueso se denominan fibras de Sharpey.

Grupo transeptal. Estas fibras se extienden en dirección proximal sobre la cresta alveolar y se encuentran insertadas en el cemento de los dientes adyacentes. Las fibras transeptales son muy constantes. Se reconstruyen aún después de la destrucción del hueso alveolar por enfermedad periodontal.

Grupo de la cresta alveolar. Estas fibras se extienden en dirección oblicua desde el cemento, justo por debajo del epitelio de unión hasta la cresta alveolar su función es contrarrestar la presión ejercida en dirección coronaria por las fibras más apicales, ayudando así a conservar el diente dentro de su alveolo y resistir los movimientos dentarios laterales.

Grupo horizontal. Estas fibras se extienden en ángulo recto con respecto al eje mayor del diente, desde el cemento hasta el hueso alveolar. Su función es similar a la de las fibras de la cresta alveolar.

Grupo oblicuo. Estas fibras, que conforman el grupo más grande dentro del ligamento periodontal, se extienden desde el cemento en dirección coronal oblicua con relación al hueso. Su función es contrarrestar las presiones verticales provocadas por la masticación y transformarlas en tensión sobre el hueso alveolar. ⁽²⁾

Grupo apical. Las fibras apicales irradian desde el cemento hasta el hueso en el fondo del alveolo. No se presentan en raíces sin formación completa.



Otras fibras. Otros haces de fibras bien formadas se entrelazan en ángulo recto o se disponen alrededor y entre los haces de fibras, con disposición más regular.

Elementos celulares.

Los elementos celulares del ligamento periodontal son: fibroblastos, células endoteliales, cementoblastos, osteoblastos, osteoclastos, macrófagos tisulares y cadenas de células epiteliales denominadas “restos epiteliales de Malassez”.

Riego sanguíneo e inervación.

El riego sanguíneo proviene de las arterias alveolares inferiores y superiores y llega al ligamento periodontal a partir de 3 fuentes. Vasos apicales, vasos penetrantes del hueso alveolar y vasos anastomosantes de la encía.

El ligamento periodontal posee numerosas fibras nerviosas sensoriales capaces de transmitir las sensaciones de tacto, presión y dolor a través de las vías del trigémino. Los haces nerviosos pasan hacia el ligamento periodontal desde al área periapical y a través de conductos en el hueso alveolar. Los haces nerviosos siguen el curso de los vasos sanguíneos y terminan como nervios libres o estructuras alargadas a manera de uso. Estas últimas son receptores propioceptivos que proporcionan el sentido de localización cuando se toca un diente. ⁽²⁾

Funciones.

Las funciones del ligamento periodontal son físicas, formativas, nutritivas y sensoriales.



Función física.

Las funciones físicas del ligamento periodontal incluyen las siguientes: transmisión de fuerzas oclusales al hueso, unión del diente al hueso, conservación de los tejidos gingivales en su relación correcta respecto de los dientes, resistencia contra el impacto de las fuerzas oclusales (amortiguadores) y provisión de un “forro de tejido blando” para proteger a los vasos y nervios contra las lesiones de las fuerzas mecánicas. ⁽²⁾

Función formativa.

El ligamento periodontal funge como periostio para el cemento y el hueso. Las células del ligamento periodontal participan en formación y reabsorción de éstos tejidos, que se presentan durante los movimientos fisiológicos, la acomodación del periodonto a las fuerzas oclusales y la reparación de lesiones.

Funciones nutritiva y sensorial.

El ligamento periodontal proporciona nutrimentos a cemento, hueso y encía a través de los vasos sanguíneos y brinda drenaje linfático. La inervación del ligamento periodontal proporciona sensibilidad propioceptiva y táctil. ⁽²⁾

2.3 Cemento.

El cemento es el tejido mesenquimatoso calcificado que forma la cubierta exterior de la raíz anatómica.

Hay dos formas principales de cemento radicular: acelular (primario) y celular (secundario). Ambas están formadas por una matriz interfibrilar calcificada y fibrillas de colágena. Tanto el cemento celular como el acelular están dispuestos en láminas separadas por líneas de incremento o crecimiento paralelas al eje mayor de la raíz. Estas líneas representan periodos de



descanso en la formación del cemento y están más mineralizadas que el cemento adyacente. La mayor parte de cemento acelular está formado por fibras de Sharpey, que desempeñan un papel principal en el soporte del diente.

La distribución del cemento acelular y celular varía. La mitad coronal de la raíz suele estar cubierta por el tipo acelular, y el cemento celular es más frecuente en la mitad apical. Con la edad, el mayor aumento de cemento es del tipo celular en la mitad apical de la raíz y en las áreas de furcaciones.

Unión del cemento con el esmalte.

La unión del cemento con el esmalte es el área en la que termina la corona anatómica sobre la superficie radicular. Hay tres relaciones entre cemento, dentina y esmalte en esta unión. El cemento puede cubrir al esmalte en 60 a 65% de los casos; aproximadamente en 30% de los casos hay una unión borde a borde, y en 5 a 10% de los casos no hacen contacto el cemento y el esmalte. ⁽²⁾

Cementogénesis.

La formación del cemento inicia, igual que la formación del cemento y la dentina, con la deposición de una red de fibrillas de colágena dispuestas en forma irregular y distribuida en la sustancia amorfa interfibrilar o matriz denominada precemento o cementoide. Esta aumenta de grosor mediante aposición en la matriz por cementoblastos.

Resorción y reparación del cemento.

La resorción del cemento puede deberse a factores locales o generales y puede ser idiopática. Entre las condiciones locales en que suele presentarse están: traumatismo de la oclusión, movimiento ortodóntico, presión de



dientes en erupción mal alineados, quistes y tumores, dientes incluidos, enfermedad periapical y enfermedad periodontal.

La fusión del cemento y el hueso alveolar con la obliteración del ligamento periodontal se denomina anquilosis. Esto ocurre en dientes con retorsión del cemento, lo cual sugiere que puede representar una forma de reparación anormal. La anquilosis también puede presentarse después de inflamación periapical crónica, reimplantación dentaria, traumatismo oclusal y alrededor de dientes incluidos. ⁽²⁾

2.4 Hueso alveolar

La apófisis o proceso alveolar es el hueso que forma y da soporte a los alvéolos dentarios. Está formado por una pared alveolar interna de hueso compacto y delgado denominado hueso alveolar propio (placa cribiforme), hueso alveolar de soporte formado por trabéculas esponjosas, y las placas facial y lingual de hueso compacto, llamadas placas corticales. El tabique interdentario está formado por hueso esponjoso de soporte encerrado en un margen compacto.

Células y matriz intercelular.

El hueso alveolar está formado por una matriz calcificada con osteocitos encerrados en los espacios denominados lagunas. Los osteocitos extienden sus prolongaciones hacia unos canalículos que forman una red. Los canalículos constituyen un sistema de anastomosis a través de toda la matriz intercelular de hueso, que lleva oxígeno y nutrientes en la sangre hasta los osteocitos y elimina los desechos metabólicos. Los vasos sanguíneos se ramifican en forma importante y corren por todo el periostio. El crecimiento óseo se realiza por aposición de una matriz orgánica que es depositada por los osteoblastos. ⁽²⁾



La deposición de hueso por los osteoblastos es contrarrestada por la resorción realizada por los osteoclastos durante los procesos de remodelación y renovaciones tisulares.

La matriz ósea depositada por los osteoblastos no está mineralizada y se denomina osteoide. Al ser depositado nuevo osteoide, el anterior localizado bajo la superficie se mineraliza.

Los osteoclastos son células grandes multinucleadas que suelen observarse sobre la superficie del hueso dentro de unas depresiones óseas erosionadas llamadas: lagunas de Howship. Se cree que la función principal de estas células es la resorción de hueso. ⁽²⁾

Pared del alveolo.

Las fibras del ligamento periodontal que fijan al diente en su alveolo están incrustadas hasta una profundidad considerable dentro del hueso alveolar, donde se les denomina fibras de Sharpey. Algunas fibras de Sharpey están completamente calcificadas, pero la mayor parte contienen un núcleo central no calcificado dentro de una capa externa calcificada. La pared del alveolo está formada por hueso denso y laminado, parte del cual se halla dispuesto en sistema de Havers y fascículos de hueso. Se llama hueso en fascículo al que está adyacente al ligamento periodontal y que contienen las fibras de Sharpey.

Aporte sanguíneo, linfáticos y nervios.

La placa cribiforme del alveolo dentario se observa radiográficamente como una línea radiopaca delgada, denominada lámina dura. Sin embargo está perforada por múltiples conductos que contienen vasos sanguíneos, linfáticos y nervios, los cuales unen al ligamento periodontal con la porción esponjosa del hueso alveolar. ⁽²⁾



Tabique interdentario.

El tabique interdentario está formado por hueso esponjoso rodeado por las paredes alveolares de los dientes adyacentes y las placas corticales facial y lingual.

Contorno externo del hueso alveolar.

El contorno óseo suele conformarse a la prominencia de las raíces, con depresiones verticales intermedias que convergen hacia el margen.

La altura y grosor de las placas óseas facial y lingual son afectadas por la alineación de los dientes, angulación de la raíz respecto del hueso y las fuerzas oclusales. En los dientes que se encuentran en labioversión, el margen del hueso labial se localiza en dirección más apical que en los dientes con alineación correcta. En los dientes en linguoversión, la placa facial ósea es más gruesa que lo normal. ⁽²⁾

Labilidad del hueso alveolar.

En contraste con su aparente rigidez, el hueso alveolar es el menos estable de los tejidos periodontales; su estructura se encuentra en continuo estado de cambio. La labilidad fisiológica del hueso alveolar se conserva debido a un delicado equilibrio entre la formación del hueso y la resorción del mismo, lo que es regulado por factores locales y generales. El hueso se reabsorbe en áreas de presión y se forma en áreas de tensión.

Migración fisiológica de los dientes y reconstrucción del hueso alveolar.

Con el tiempo y el desgaste, las áreas de contactos proximales de los dientes tienden a desplazarse en dirección mesial. El hueso alveolar se reconstruye según la migración mesial fisiológica de los dientes formándose nuevas capas o fascículos de hueso en las áreas de tensión sobre las superficies distales. ⁽²⁾



Fuerzas oclusales y hueso alveolar.

Hay dos aspectos de la relación entre las fuerzas oclusales y el hueso alveolar. El hueso existe para soporte de los dientes durante la función, y en armonía con el resto del sistema esquelético, depende de los estímulos que recibe la función para conservar su estructura.

El hueso alveolar experimenta remodelación fisiológica constante en respuesta a las fuerzas oclusales. ⁽²⁾



CAPÍTULO 3:
REACCIÓN TISULAR
FRENTE A LA
FUERZA
ORTODÓNTICA



1. Reacción tisular

Cuando comienza un movimiento dentario, las fibras periodontales se aflojan gradualmente y se comprimen del lado de la presión y se estiran del lado de la tensión. En las zonas de presión marginal se observan los primeros indicios de reabsorción ósea, y aposición en las zonas de tensión.

Poco tiempo después de haber comenzado el movimiento, del lado de presión se observan osteoclastos en sus lagunas sobre la superficie interna del hueso alveolar. (fig. 7)

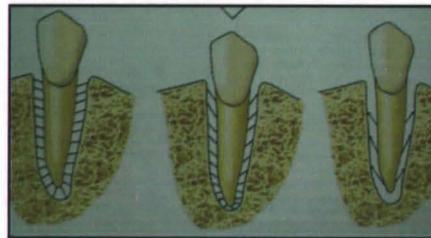


Fig. 7 Esquema ilustrativo del papel del periodonto de inserción durante la acción de cargas fisiológicas sobre el diente. Vellini. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. 2002.

Hay dos formas de reabsorción ósea, la directa y la indirecta.

Los osteoclastos socavan la sustancia ósea en la zona de la presión mediante la formación de lagunas directamente sobre la superficie del hueso. Se halla ese tipo de reabsorción en dientes que fueron sometidos a la acción de una fuerza continua leve.

La reabsorción ósea indirecta, se produce cuando es intensa la fuerza que se aplica. Por esa compresión desaparecen las células en la zona de presión y las fibras periodontales adquieren un aspecto hialino. ⁽³⁾

Pared ósea

La reabsorción del hueso alveolar ocurre en el lado hacia el que el diente se está colocando durante los movimientos dentarios fisiológicos mientras, al mismo tiempo, se está produciendo la reconstrucción del soporte ligamentoso entre el diente y el hueso.



Pared ósea depositaria

En el lado opuesto a la dirección en que el diente se está moviendo, la reacción tisular es principalmente de aposición de hueso, junto con la nueva disposición de las fibras periodontales.

El ligamento periodontal mantiene su ancho original a pesar de los cambios posicionales del diente.

El ligamento humano tiene alrededor de 0,2 a 0,25 mm de ancho. Este espesor es un reflejo de la actividad celular en el espacio periodontal. Los dientes bajo demandas funcionales mayores tienen espacios periodontales más anchos que los dientes con poca o ninguna demanda funcional. El ancho del ligamento periodontal de dientes retenidos es aproximadamente un tercio del que se encuentra en dientes erupcionados, mientras que los dientes bajo movimiento ortodóntico activo tienen un ligamento más ancho que lo normal. ⁽⁴⁾

Reacciones tisulares dentoalveolares

Lado de presión. La reabsorción directa de la pared del hueso alveolar se ve en sitio de presión de los dientes en movimiento. Células progenitoras se han diferenciado en osteoclastos, responsables de la pared de la reabsorción del hueso alveolar.

Tensión. A medida que ocurre estiramiento, nuevo material no mineralizado es depositado alrededor de las partes de las fibras que están en estrecha relación con la pared del hueso alveolar. Después de un tiempo, toda la pared alveolar en el lado de tensión será cubierta por una capa de osteoide producida por osteoblastos.

Hialinización

La complicación más frecuente que impide el movimiento dentario rápido ocurre cuando la fuerza aplicada presiona tanto el diente contra la pared del



hueso alveolar que la membrana periodontal responde con degeneración y necrosis estéril, en lugar de proliferación y diferenciación de células que habrían podido realizar las necesarias adaptaciones reconstructivas.

La hialinización es un término utilizado en general para describir la membrana periodontal localmente comprimida y degenerada. El proceso de hialinización depende de la morfología local comprimida, la magnitud de la fuerza aplicada sobre el diente y la duración de esta fuerza. (Fig. 8)

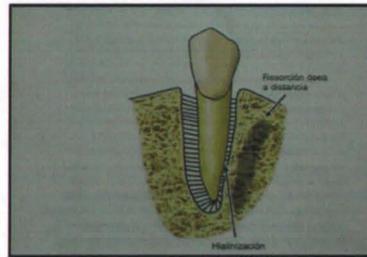


Fig. 8 Diente sometido a carga ortodóntica excesiva. Vellini. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. 2002.

En los humanos, lleva aproximadamente 1 a 2 días para que se lleve a cabo una hialinización. El diente no es capaz de más movimiento hasta que este daño local al tejido haya sido eliminado y reabsorbido a la pared del hueso alveolar adyacente. La reabsorción ósea que sigue a la hialinización es de naturaleza indirecta o socavante porque no hay células vivas presentes dentro de la membrana periodontal comprimida para hacer el trabajo.

Los cambios en el tejido del ligamento periodontal asociados con un proceso de hialinización siguen un patrón secuencial. Se pueden reconocer tres fases: (1) degeneración tisular, (2) eliminación del tejido dañado, y (3) reconstrucción del tejido de soporte. ⁽⁴⁾

Cemento

El cemento es más resistente a la reabsorción que el hueso, y esta diferencia evita la lesión de la superficie radicular durante el movimiento dentario. Sin embargo, si se utilizan fuerzas demasiado intensas, que crean zonas necróticas en el área de presión, se producirá la reabsorción cementaria. Si



el área de presión no es demasiado extensa y si disminuye la fuerza, se depositará cemento secundario y se reparará la zona reabsorbida.

La reabsorción de cemento y dentina es más frecuente en el ápice.

Encía

El movimiento dentario afecta las fibras gingivales supralveolares; esto compromete la estabilidad del resultado. Se observa la influencia de dichas fibras por el movimiento simultáneo del diente vecino al mover un diente hacia mesial o distal .

Pulpa dentaria

Aunque la pulpa no se halla activamente afectada en el proceso fisiológico del movimiento dentario, no es raro observar una hiperemia transitoria, aun cuando se utilice una fuerza moderada. Las fuerzas masivas desplazan el ápice con rapidez, causando la estrangulación del paquete vasculonervioso en el foramen apical y la necrosis de la pulpa. ⁽⁵⁾

Reabsorción radicular

Este tipo de lesión se halla en estrecha relación con la cantidad de fuerza que se emplea. La reabsorción radicular, presente a veces en la migración dentaria (Orban 1928), siempre es precedida por la formación de una zona acelular, mediante la cual las estructuras periodontales comprimidas se adhieren firmemente a la superficie radicular. ⁽³⁾

2. Respuesta ortodóntica ideal

Como óptimo significa “lo mejor” lo que se quiere explicar por fuerzas ortodónticas óptimas es que estas son las mejores fuerza para el movimiento ortodóntico. La expresión “fuerza ortodóntica óptima” se considera regularmente como la fuerza que mueve los dientes con mayor



rapidez, con menos molestia para el paciente y con menos daño para los dientes y los tejidos que lo rodean. ⁽⁶⁾

Tratamiento ortodóntico mínimo:

- Mínimo de fuerza.
- Mínimo desplazamiento dentario.
- Mínimo de tratamiento activo. ⁽⁷⁾

Fuerza y estrés óptimos

Desde el punto de vista clínico, una fuerza óptima es la que produce una rápida velocidad de movimiento dental sin molestia para el paciente ni daño tisular (en especial pérdida ósea y resorción radicular). Desde el punto de vista histológico, una fuerza óptima es aquella que produce un nivel de estrés en el ligamento periodontal que: 1) básicamente mantiene la vitalidad de los tejidos en toda su extensión y 2) inicia una respuesta celular máxima (aposición y reabsorción). Por consiguiente, la fuerza óptima causa resorción directa de la apófisis alveolar. Como la fuerza óptima no requiere tiempo para reparación, parece que esa fuerza puede hacerse actuar constantemente. ⁽⁸⁾

3. Magnitud de fuerza

La magnitud de fuerza es la cualidad de “leve” o “intensa”. El tratamiento ideal requiere fuerzas que estén dentro de una gama adecuada, para generar una respuesta biológica sin efectos secundarios adversos.

La constancia de una fuerza es la consistencia de la fuerza aplicada durante la gama de activación del aparato. Para desplazar dientes en una gran distancia, a menudo se desea la continuidad de los niveles de fuerza en todo el curso. ⁽⁹⁾



3.1 Fuerza leve

Esta categoría comprende fuerzas de magnitud tan pequeña que son incapaces de activar el efecto responsable del movimiento dentario.

3.2 Fuerza moderada

Con una fuerza de un determinado valor se inicia el proceso de movimiento dentario. Con el aumento de intensidad de la fuerza, se alcanza una fuerza óptima en la cual la carga ortodóntica produce el movimiento dentario eficaz.

Si el aumento de carga es constante sobre el diente, se observará que en algunas áreas del ligamento periodontal habrá tensión, con una presión excesiva de los tejidos periodontales.

En la zona de la compresión del ligamento se puede generar una hialinización, lo que retarda el movimiento ortodóntico.

3.3 Fuerza severa

Se denomina así a la fuerza que produce gran cantidad de área de hialinización en la zona de compresión del ligamento periodontal. No habrá entonces resorción frontal de la lámina dura del alveolo y el diente se mantendrá inmóvil por un largo periodo de tiempo.

Histológicamente se explica que existe necrosis estéril del tejido periodontal, en la zona de la compresión de los ligamentos, asociada a la oclusión de los vasos, falta de suministro sanguíneo y anoxia (falta de oxígeno) de las células conjuntivas.

La fuerza severa ocasiona: dolor, movilidad dentaria, reacciones pulpares, alteraciones radiculares y alteración en la cresta alveolar. ⁽¹⁰⁾



4. Ritmo de aplicación de fuerza

Hay dos tipos principales de fuerzas, la continua y la intermitente. La fuerza continua, se produce generalmente por aparatos fijos y la intermitente con los aparatos removibles. ⁽³⁾

Reitan diferencia los niveles de fuerza, y califica como fuerzas intensas las que sobrepasan los límites de 200-300 g y como fuerzas suaves las comprendidas entre los 30 g y los 150 g. ⁽⁷⁾

4.1 Fuerza continua

Es la fuerza que actúa sin interrupción en que es aplicado el mecanismo generador de fuerza. Dicha fuerza actúa por lo general durante lapsos prolongados y disminuye a medida que el diente se desplaza o se agota la eficiencia del mecanismo. ⁽³⁾

Fuerza interrumpida-continua

Una fuerza interrumpida continua, significa que la fuerza continua aplicada a un diente es efectiva sólo durante una pequeña cantidad de movimiento dentario, después se detiene y necesita ser reactivada. Aún si se establecen zonas hialinizadas, el ligamento periodontal tiene tiempo para reconstruirse. Hay un aumento en la proliferación celular que es adecuado para más cambios tisulares consecutivos a la reactivación de la fuerza.

4.2 Fuerza intermitente

Una fuerza intermitente es la que afecta a un diente periódicamente, o durante un tiempo con muchas interrupciones de la fuerza.

En el lado de presión, la circulación no será tan fácilmente perturbada, salvo que la fuerza aplicada sea muy elevada.

Se piensa que la fuerza intermitente actúa como un excitante para la proliferación celular. El aumento en las cantidades de células y la



reabsorción ósea directa a lo largo de la pared ósea alveolar son características de éste tipo de movimiento dentario. El espacio periodontal aumenta porque tiende a volver a su posición original cuando se retira la fuerza. ⁽⁴⁾



**CAPÍTULO IV:
PRINCIPIOS
BIOMECÁNICOS**



1. Principios biomecánicos.

La base del tratamiento ortodóntico consiste en la aplicación clínica de conceptos biomecánicos. La mecánica es la disciplina que describe el efecto de las fuerzas sobre los cuerpos; el término biomecánica se refiere a la ciencia de la mecánica en relación con los sistemas biológicos. El tratamiento ortodóntico aplica fuerza a los dientes. ⁽⁹⁾

El sistema de fuerza utilizado en los aparatos ortodónticos debe respetar algunos fundamentos mecánicos. Estos fundamentos fueron enunciados por Newton (1642-1727) y se denominan leyes de la dinámica.

La primera ley afirma que los cuerpos tienden a mantenerse inmóviles o en movimiento rectilíneo uniforme, si no hay una fuerza actuando sobre ellos. En ortodoncia los dientes tienden a permanecer en reposo a menos que sobre ellos incida una fuerza.

La segunda ley de Newton postula que el desplazamiento de un cuerpo ocurre en sentido de la fuerza aplicada y que es proporcional a ella e inversamente proporcional a la masa del cuerpo. En ortodoncia se interpreta que el diente se mueve en el sentido de la fuerza sobre él aplicada y cuanto mayor es el volumen radicular del elemento dentario, mayor deberá ser la fuerza utilizada para producir su movimiento fisiológico.

La tercera y más conocida ley de la dinámica de los cuerpos enuncia que para cada acción existe una reacción equivalente en sentido opuesto. A toda acción ortodóntica existe un efecto colateral.

2. Fuerza

La fuerza se define como la acción de un cuerpo sobre otro (la acción de un dispositivo mecánico como: alambre, resorte, elástico, etc. Sobre dientes o huesos faciales).



La fuerza se clasifica como una medida vectorial, y se representa por vectores. (Fig. 8)

La unidad de medida de la fuerza es el Newton (masa x aceleración), pero usualmente se emplea el gramo.

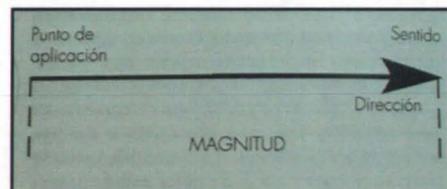


Fig. 8 El vector es utilizado para representar gráficamente una fuerza.
Vellini. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. 2002.

Oppenheim y Shwarz aconsejaban que la fuerza ideal aplicada a los dientes debería de ser la misma que tiene el diente en su erupción y migración mesial, es decir, de 20 a 26 g/cm² de superficie radicular. Sin embargo, esta fuerza no permite inducir los movimientos indispensables para cambiar las posiciones de los dientes y se hace necesario sobrepasarla en la generalidad de los tratamientos. ⁽⁷⁾

3. Cuerpo

Todo cuerpo tiene un punto conocido como centro de masa. Es el punto central de la masa de este objeto cuando está libre de cualquier influencia.

Siempre que la línea de acción de una fuerza pase por el centro de la masa de un cuerpo libre en el espacio, este cuerpo sufrirá traslación.

Cuando el cuerpo que será movido, en el caso del diente, no está libre en el espacio, pero rígidamente fijado en su parte radicular por el periodonto, un punto correspondiente al centro de masa es utilizado: el centro de resistencia. ⁽¹⁰⁾



4. Momento

Tendencia de una fuerza a causar rotación de un cuerpo alrededor de un eje fijo. Es el punto donde aplicada la fuerza se produce desplazamiento y rotación. ⁽¹¹⁾

Torque es un sinónimo común de momento y de cupla (vocablo o giro del francés que expresa un par de fuerzas). ⁽⁹⁾

Siempre que la línea de acción de una fuerza pase distante del centro de resistencia, se genera una tendencia de rotación del cuerpo (o momento). Cuanto más intensa sea la fuerza y cuanto más distante del centro de rotación pase su línea de acción, más grande será la magnitud del momento de rotación.

La fórmula que se usa para medir el momento es $M = F \times D$ (M = momento, F = Magnitud de fuerza aplicada, D = Distancia perpendicular entre la línea de acción de la fuerza y el centro de rotación. (Fig. 10)

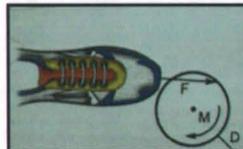


Fig. 10 Cuando la línea de acción pasa distante del centro de resistencia, se genera una tendencia de rotación en el cuerpo, denominada, momento. Vellini. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. 2002.

La unidad para medir el momento es g-mm (gramo-milímetro) y su representación gráfica es una flecha curva, que en diagramas bidimensionales puede ser dibujada en sentido horario o antihorario.

Dos o más momentos pueden ser sumados y sustraídos para obtener un único momento resultante. (Fig. 11)

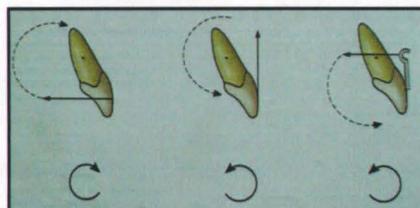


Fig. 11 Representación gráfica del momento. Vellini. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. 2002.



5. Binario

Tendencias de rotación también se obtienen al aplicar sobre un cuerpo un Binario. Se define binario como dos fuerzas paralelas (no coincidentes), de igual magnitud y sentido opuesto. Este es el único sistema de fuerzas capaz de producir la rotación pura de un cuerpo y se entiende como la rotación del cuerpo alrededor de su centro de rotación. (Fig. 12)

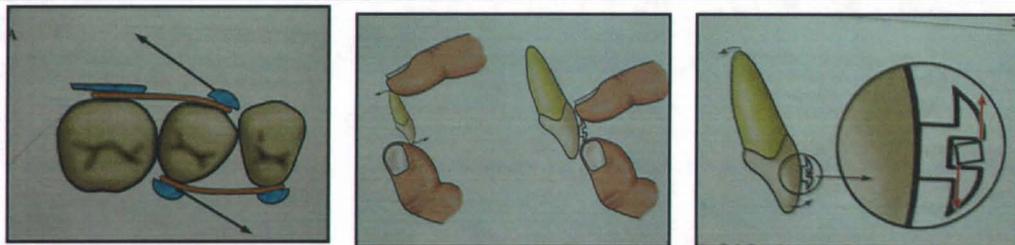


Fig. 12 Formas de producir efecto binario. Vellini. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. 2002.

6. Fulcro

Si se trazan líneas correspondientes al eje longitudinal del diente en la situación original y en su posición después del momento, se obtendrá un punto en el que las líneas se cruzarán. Este punto se llama fulcro y representa el centro de rotación del movimiento dentario. ⁽¹⁰⁾ (Fig. 13)

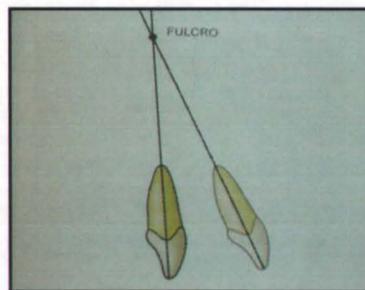


Fig. 13 El fulcro del movimiento se define en el entrecruzamiento del eje longitudinal del diente antes y después de su dislocación. Vellini. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. 2002.

7. Tipos de movimiento dental

Inclinación

La inclinación es un tipo de movimiento en el cual hay mayor desplazamiento de la corona del diente que de la raíz. La inclinación puede ser clasificada



sobre la base de localización del centro de resistencia, en inclinación incontrolada y controlada. La primera es la que tiene el centro de rotación entre el centro de resistencia y el ápice. La inclinación controlada consiste en la inclinación con centro de rotación en el ápice radicular. ⁽⁹⁾

Inclinación descontrolada

También se denomina movimiento pendular, y se origina al sumarse la acción de una fuerza simple (un solo dedo en la corona dentaria) aplicada distante al centro de rotación y del momento de rotación resultante de esta fuerza.

La inclinación descontrolada ocurre siempre que una fuerza simple (sin torque) se aplica en la corona de un diente.

Inclinación controlada

En la inclinación controlada el ortodoncista mueve todo el diente, manteniendo el ápice radicular inmóvil. Por tanto, el fulcro del movimiento dentario coincide con el final de la raíz.

La inclinación controlada en el sentido vestibulolingual es posible solamente cuando un binario anula parte de la tendencia de rotación del diente (momento), causada por la aplicación de la fuerza ortodóntica de retracción. ⁽¹⁰⁾

Traslación

El movimiento de traslación del diente también se conoce como “movimiento en masa”. La traslación de un diente ocurre cuando el ápice radicular y la corona se desplazan igual distancia y en la misma dirección horizontal. ⁽⁹⁾

Entre los movimientos verticales, la extrusión es la más difícil de obtener, pues produce pocas áreas de compresión del ligamento periodontal. Por eso

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



hay poco riesgo de hialinización y el organismo solo necesita depositar tejido óseo para preservar la implantación dentaria.

En la intrusión ortodóntica, se comprimen gran parte de los ligamentos periodontales, así como el haz vasculonervioso que llega a la pulpa. La resorción ósea ocurrirá alrededor del ápice. Se deduce que la intrusión debe ser lenta y producida por fuerzas de baja intensidad, para que no provoque daños tisulares.

La traslación es uno de los movimientos ortodónticos más complejos. Su obtención es posible, siempre que la línea de acción de la fuerza cruce el centro de resistencia o cuando la tendencia a la rotación causada por una fuerza distante del centro de rotación es totalmente anulada por un sistema binario (torque).

Corrección radicular

Es el movimiento de elección para promover el cambio del eje longitudinal del diente, sin alterar la posición del borde incisal. El fulcro estará entonces en la posición más oclusal de la corona.

Los aparatos acrílicos removibles realizan solamente la inclinación descontrolada o movimiento pendular. Los aparatos fijos son capaces de producir, cuando tienen alambres redondos, el movimiento pendular (inclinación descontrolada) y únicamente en sentido mesiodistal, la corrección radicular.

Los aparatos fijos, con alambres rectangulares o cuadrados, realizan cualquiera de los cuatro movimientos (inclinación controlada y descontrolada, traslación y corrección radicular) tanto en sentido mesiodistal como en sentido vestibulolingual. ⁽¹⁰⁾



Fuerzas óptimas para la movilización ortodóntica de los dientes:

Tipo de movimiento	Fuerza (g)
Inclinación	35-60
Movimiento en masa (traslación)	70- 120
Corrección radicular	50-100
Rotación	35- 60
Extrusión	35- 60
Intrusión	10- 20

Los valores dependen en parte del tamaño del diente, los valores más bajos son adecuados para los incisivos y los más altos para los dientes posteriores con raíz múltiple. ⁽¹²⁾



**CAPÍTULO V:
PROPIEDADES
MECÁNICAS
DE LOS
ALAMBRES
ORTODÓNTICOS**



1. Características de los alambres

Las características de un material están determinadas por varios factores. Las propiedades intrínsecas son cualidades inherentes del alambre y están determinadas por la composición del material a nivel molecular o cristalino.

La variación en las propiedades intrínsecas altera la naturaleza misma de la aleación. Las propiedades extrínsecas son las características macroscópicas del material, como el diámetro o longitud del alambre. ⁽⁹⁾

1.1 Carga

Es la fuerza aplicada sobre un alambre ortodóntico. Por el principio de acción y reacción, cuando el alambre se coloca en la boca y aplica una fuerza en el diente, el diente reacciona y produce una carga en el alambre, su unidad usual en ortodoncia es el gramo.

1.2 Tensión y deformación

Tensión es la carga soportada por el alambre dividida entre su área (Tensión = carga entre área). Siempre que haya una tensión del alambre ortodóntico, habrá una modificación en la disposición de sus átomos en la malla cristalina, sea en el sentido de alejarlos o de aproximarlos.

Las tensiones y consecuentes deformaciones, pueden ocurrir en el sentido de la tracción, de la compresión o de la tensión.

1.3 Límite de elasticidad

Es la mayor tensión a la que un alambre ortodóntico puede someterse y tener solamente deformaciones elásticas.

El alambre ortodóntico ideal debería tener alto límite de elasticidad, para poder soportar una gran tensión sin deformarse irreversiblemente.



La unidad usual para el límite de elasticidad es libras por pulgada cuadrada (p.s.i.).⁽¹⁰⁾

El límite elástico, también denominado límite proporcional o esfuerzo mínimo de deformación permanente, es el punto en cual toda fuerza mayor produce deformación permanente en un alambre.

La cantidad de deflexión en un alambre, hasta el límite elástico, representa el intervalo elástico o gama elástica. Esta característica es de utilidad clínica porque determina la cantidad de activación permisible en un alambre o resorte. Los alambres con mayor intervalo elástico pueden ser activados más que aquellos con intervalo menor.⁽⁹⁾

1.4 Módulo de elasticidad

Es la relación entre tensión y deformación en cualquier punto de la recta (módulo de elasticidad = tensión entre deformación el punto límite de elasticidad), y su unidad también es libras por pulgada cuadrada.⁽¹⁰⁾

El módulo de elasticidad representa la rigidez o flexibilidad de un alambre (el módulo de elasticidad es una cualidad inherente a la aleación).⁽⁹⁾

1.5 Módulo de resiliencia

Es la cantidad de energía absorbida por un alambre ortodéntico hasta el límite de elasticidad. Lo ideal serían alambres de alta resiliencia, capaces de absorber gran cantidad de energía, que se disipará de forma lenta y paulatina.

Estos alambres permiten un intervalo más grande entre las activaciones. Por el contrario los alambres de baja resiliencia producen fuerzas pesadas y que se disipan rápidamente, pero son más perjudiciales para los tejidos periodontales.



1.6 Tenacidad

Indica la resistencia a la fractura, es decir, el material resiste la fractura hasta ese punto y después se quiebra.

La tenacidad indica la dificultad de fracturar el alambre ortodóntico (o la energía total necesaria para fracturar el alambre).

1.7 Biocompatibilidad

Reúne las características de resistencia a la corrosión, a las manchas y tolerancia tisular con relación a los metales que componen el alambre. Así el alambre biocompatible es aquel que no se corroe en el medio bucal y por su gran estabilidad no libera sustancias que puedan agredir el organismo. ⁽¹⁰⁾

2. Factores que intervienen en el comportamiento mecánico de los alambres

Los principales factores que afectan el comportamiento elástico de los metales:

- 1) Composición
- 2) Manufactura
- 3) Características dimensionales
- 4) Modo de activación

Los materiales cristalinos obedecen a la ley de Hooke, que dice que la relación entre la carga y la deformación es siempre igual hasta el límite elástico. La constante de ésta relación lineal es el módulo de elasticidad E, o módulo de Young, la rigidez elástica del material y la inclinación de la parte incisal del diagrama.

El módulo de resistencia es cuantitativamente, el área existente por debajo del diagrama de carga-deformación, hasta el punto de fractura. Un material es, relativamente, dúctil o quebradizo según la extensión del diagrama más



allá del límite elástico. La ductibilidad del material puede medirse también calculando el porcentaje de elongación o el porcentaje de reducción de área en el punto de fractura. ⁽¹³⁾

2.1 Aleación de metales preciosos

Hasta 1930, los metales preciosos se utilizaban en casi todos los aparatos ortodónticos, porque ningún otro material disponible en esa época era tan biocompatible. El oro puro era muy blando para fines odontológicos, pero aleaciones de oro con cobre, platino, paladio y níquel eran bastante populares.

La composición de estas aleaciones era similar a la aleación de oro tipo IV, con 55 a 65 % de oro, 11 a 18 % de cobre, 10 a 25 % de plata, 5 a 10% de platino y 1 a 2% de níquel.

2.2 Aleaciones de acero inoxidable

Las aleaciones de acero inoxidable aparecieron por primera vez en ortodoncia en 1929. El material tuvo escasa aceptación por causa de sus características poco desarrolladas.

En noviembre de 1933, en un encuentro de la American Society of Orthodontists, fueron presentados diversos trabajos que demostraban el éxito clínico de las aleaciones de acero inoxidable.

Su constitución básica reúne 71% de hierro, 18% de cromo, y 8% de níquel. El cromo es el responsable por el aumento de la resistencia a la corrosión y a las manchas de la aleación en el medio bucal. Se agrega una pequeña cantidad de carbono (menor a 0.2 %) y se promueve el trabajo mecánico en frío (enrudecimiento), lo que contribuye para aumentar el límite de elasticidad y el módulo de elasticidad del alambre. ⁽¹⁰⁾



2.3 Aleaciones de cobalto-cromo

Su resistencia a la corrosión y pigmentación en la boca es excelente. Es posible someterlos a los mismos procedimientos de soldadura por fusión de metales y eléctrica que se aplican a los alambres de acero inoxidable.

Composición: 40% cobalto, 20% cromo, 15% níquel, 7% molibdeno, y pequeños porcentajes de manganeso, carbono, berilio y hierro.

La dureza, deformación y resistencia a la tracción son muy semejantes a las del acero inoxidable. ⁽¹⁴⁾

2.4 Aleaciones de níquel-titanio

La primera aleación metálica, compuesta básicamente por níquel y titanio, se creó en el inicio de los años 60 por William Buehler. El nombre que recibió la aleación fue “Nitinol” (Ni de níquel, Ti de titanio y Nol de Naval Ordnance Laboratory).

La aleación originalmente era compuesta por 55% níquel y 45% titanio.

Actualmente es 52% níquel, 45% titanio y 3% cobalto.

Una de las principales desventajas de los alambres de níquel-titanio es su baja tenacidad, lo que permite mínimos dobleces y no es posible soldarlos.

2.5 Aleaciones de beta-titanio

Estos alambres comenzaron a ser evaluados para finalidades ortodónticas a finales de los años 70. Su composición básica reúne 79% de titanio, 11% de molibdeno, 6% de circonio y 4% de estaño.

Los alambres de beta-titanio presentan propiedades mecánicas intermedias entre el acero inoxidable y níquel-titanio (módulo de elasticidad y resiliencia).



2.6 Templado.

El temple o templado es el endurecimiento de un metal, especialmente el que se obtiene profundamente calentándolo y sumergiéndolo de manera brusca en un líquido frío.

El temple confiere dureza y flexibilidad a los metales dotados de suficiente templabilidad, o sea los que, en razón de su estructura pueden ser enfriados con rapidez no ya superficialmente, sino lo bastante profundo en el seno de su masa. Como el interior de la misma no puede disipar el calor con igual rapidez que el exterior, los efectos del temple (o sea el endurecimiento del metal) son progresivamente menos sensibles al aumentar el espesor de la pieza y, en los aceros ordinarios, se considera que el temple solamente es eficaz en una capa superficial de 1cm de espesor. ⁽¹⁵⁾



CONCLUSIONES

El realizar un movimiento dentario implica una serie de modificaciones o reacomodo estructural en el periodonto, dado que influyen aspectos biológicos y físicos.

Siempre que se lleva a cabo un tratamiento ortodóntico existe una reacción tisular por mínimo que sea, y ésta se encuentra directamente relacionada con la fuerza (magnitud) que se ejerce, su ritmo de aplicación y el tiempo de su permanencia.

Existen distintos tipos de fuerzas las cuales pueden ser leves, moderadas o severas y a su vez provocaran una reacción tisular. Dentro de las respuestas más comunes que existen son: resorción radicular, reacomodo de las fibras periodontales, y algo que siempre está presente es la resorción ósea del lado hacia el que se ejerce la fuerza y la reposición del lado opuesto.

La fuerza ortodóntica ideal es aquella que produce un máximo de movimiento dental con un nulo o mínimo daño tisular.

El llevar a cabo un movimiento dentario puede parecer un efecto sencillo, pero el realizarlo adecuadamente o de la mejor manera (causando el menor daño posible) es una situación que se debe de controlar y que además deben de tenerse en mente los efectos que ocasiona este movimiento y como repercute en los tejidos para tratar de minimizar esta situación.

Mecánicamente, también, es importante conocer los conceptos que se manejan como son: la rotación, inclinación, momento, etc. Para comprender y entender mejor que acción se llevará a cabo sobre el diente o dientes al aplicar una fuerza determinada.



BIBLIOGRAFÍA

- 1) Quirós O. J. Ortodoncia Nueva Generación. Colombia: Editorial Amolca, 2003. Pp. 3-16.
- 2) Carranza F. A. Manual de odontología clínica. México: Editorial Interamericana Mc Graw-Hill, 1988. Pp. 1-17.
- 3) Beresford J. S. Ortodoncia actualizada. Buenos Aires: Editorial Mundi, 1972. Pp. 432,434-437,439-451,458.
- 4) Moyers R. E. Manual de ortodoncia. 4^a. ed. Buenos Aires; México: Editorial Médica Panamericana, 1992. Pp. 312-319.
- 5) Hirschfeld L. Pequeños movimientos dentarios en odontología general. Buenos Aires: Editorial Mundi, 1996. Pp. 181, 182, 187,188.
- 6) Begg P. R. Ortodoncia teoría y técnica. 2^a. ed. España: Editorial Revista de occidente, 1973. Pp. 165.
- 7) Mayoral G. Ficción y realidad en ortodoncia. Colombia: Editorial Amolda, 1997. Pp. 87, 88.
- 8) Graber T. M. Principios generales y técnicos. 2^a. ed. Argentina: Editorial Panamericana, 1997. Pp. 132-138,237.
- 9) Nanda R. Biomecánica en ortodoncia clínica. Argentina: Editorial Médica Panamericana, 1998. Pp.1-7, 10, 11.
- 10) Vellini F. F. Ortodoncia diagnóstico y planificación clínica. Sao Paulo: Editorial Artes Médicas, 2002. Pp. 365-369, 372-392.
- 11) <http://www.dentinator.net>.
- 12) Proffit W. R. Ortodoncia contemporánea, teoría y práctica. 2^a. ed. España: Editorial Mosby, 1993. Pp. 304.
- 13) Canut. B. J. A. Ortodoncia clínica, España: Editorial Salvat, 1992. Pp. 304.
- 14) Skinner E. W. La ciencia de los materiales dentales. 9^a.ed. México: Editorial Interamericana Mc Graw-Hill, 1993. Pp. 566-576, 580, 581.
- 15) Galiana M. T. Pequeño Larousse de ciencias y técnicas. México: Editorial Litoarte, 1981. Pp.990.