



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO



FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

FACTORES BIOLÓGICOS QUE CONTRIBUYEN EN
EL MOVIMIENTO ORTODÓNICO.

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:

ALEJANDRA MARTINEZ LOPEZ

TUTOR: Esp. DANIELA CARMONA RUIZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A mis papás, que gracias a su esfuerzo lograron sacar adelante a nuestra familia, gracias por apoyarme con su amor, fuerza, sacrificio, confianza y dedicación, siempre han estado a mi lado, dándome ánimos incluso en los días más difíciles, enseñándome los valores y herramientas para llegar hasta aquí, siempre gracias, los amo.

A mi hermana Sicarú, por siempre ser mi persona favorita, gracias por acompañarme días y noches de estudio, enseñarme a tener paciencia, por tu amor y por confiar en mí desde el día 1, llegarás tan lejos como te lo propongas, siempre juntas.

Al resto de mi familia; tíos, primos y abuelos, que aún en el cielo me han guiado y cuidado a lo largo de estos 5 años, gracias por confiar en mí, por ser mis pacientes, por su amor, alegría, y por enseñarme la importancia del amor de familia.

A la Esp. Daniela Carmona, gracias por hacerme amar algo que al principio no me gustaba, por las enseñanzas, el apoyo, la paciencia y el compromiso.

También, de antemano, todo mi agradecimiento a todas las personas que han hecho esto posible, a mis amigos, compañeros y conocidos.

-Alejandra Martínez López.

ÍNDICE.

DEDICATORIAS.....	2
ÍNDICE.....	3
INTRODUCCIÓN.....	8
PROPÓSITO.....	10
CAPÍTULO I.	
BIOLOGÍA DEL DIENTE Y DE LOS TEJIDOS DE SOPORTE.....	11
1.1. Encía.....	11
1.1.1. Características clínicas.....	11
1.1.2. Características histológicas.....	13
1.1.3. Fibras principales.....	16
1.1.4. Fibras secundarias.....	17
1.2. Ligamento periodontal.....	17
1.2.1. Composición histológica.....	18
1.2.2. Células del ligamento periodontal.....	20
1.3. Cemento radicular.....	21
1.3.1. Composición del cemento radicular.....	22
1.4. Hueso Alveolar.....	23
1.4.1. Composición del hueso alveolar.....	24
1.5. Pulpa Dental.....	24

1.5.1. Composición y morfología.	25
1.6. Dentina.	26
1.6.1. Composición de la dentina.	27
1.7. Esmalte.	28
1.7.1. Composición y estructura.	28

CAPÍTULO II.

RESPUESTA TISULAR Y FACTORES BIOLÓGICOS DE LAS FUERZAS ORTODÓNCICAS.29

2.1. Migración Dental y fisiológica.	29
2.2. Respuesta local y tisular a estímulos mecánicos.	30
2.3. Inflamación.	32
2.3.1. Fases de la Inflamación.	32
2.4. Respuesta local.	32
2.5. Respuesta Tisular.	33
2.5.1. Respuesta Tisular de los tejidos periodontales y óseos.	34
2.5.1.1. Ligamento periodontal.	34
2.5.1.2. Hueso alveolar.	36
2.5.2. Células y citosinas involucradas.	36

CAPÍTULO III.

**TEORÍAS DEL MOVIMIENTO ORTODÓNCICO Y TIPOS DE
MOVIMIENTO. 39**

3.1. Fuerza Ortodóncica óptima. 39

3.2. Tipos de fuerzas ortodóncicas. 41

 3.2.1. Continuas. 42

 3.2.2. Intermitentes. 42

3.3. Tipos de movimientos Ortodóncicos. 43

 3.3.1. Inclinação. 43

 3.3.2. Torque. 44

 3.3.3. Movimiento en Bloque. 44

 3.3.4. Rotación. 44

 3.3.5. Extrusión. 44

 3.3.6. Intrusión. 45

 3.3.7. Movimiento en dirección labial/ vestibular. 45

3.4. Teorías del mecanismo del movimiento. 46

 3.4.1. Teoría de Presión-Tensión. 48

 3.4.2. Mecanismo hidrostático del ligamento periodontal. . 49

 3.4.3. Teoría de la Piezoelectricidad. 49

3.5. Magnitud de las fuerzas. 50

3.6. Duración de las fuerzas.	51
3.7. Relación magnitud y duración de una fuerza.	52

CAPÍTULO IV.

FASES DEL MOVIMIENTO DENTAL.54

4.1. Periodo inicial del Movimiento Dental.	54
4.2. Fase de Hialinización.	54
4.2.1. Degeneración.	55
4.2.2. Eliminación del tejido destruido.	55
4.2.3. Restablecimiento de una nueva inserción dentaria. .56	
4.3. Periodo secundario del movimiento dental.	57
4.4. Anclaje ortodóncico: Resistencia al movimiento dental no deseado.	57
4.5. Efectos perjudiciales de las fuerzas ortodóncicas.	58
4.5.1. Movilidad dental.	58
4.5.2. Efectos sobre la pulpa.	60
4.5.3 Efectos sobre la estructura de las raíces.	60
4.5.3.1. Clasificación de la reabsorción radicular según su severidad.	61

CAPÍTULO V.

FACTORES QUE MODIFICAN LA RESPUESTA BIOLÓGICA.63

5.1. Factores internos.63

 5.1.1. Mediadores químicos.63

 5.1.2. Factores individuales. 66

5.2. Factores externos. 68

 5.2.1. Limitantes. 69

 5.2.1.1. Inhibidores de las prostaglandinas.70

 5.2.1.2. Bifosfonatos. 70

 5.2.2. Estimulantes.78

 5.2.1. Agentes químicos. 71

 5.2.2. Agentes físicos. 72

CONCLUSIONES.75

BIBLIOGRAFÍA.76

BIBLIOGRAFÍA DE GRÁFICOS.79

INTRODUCCIÓN.

En el estudio de la ortodoncia, es indispensable conocer los factores que hacen posible el fenómeno del movimiento dental, así como la respuesta biológica de los tejidos periodontales, sus limitantes y estimulantes.

Los fenómenos que tienen lugar en el diente y en los tejidos vecinos, es una consecuencia de la aplicación de las fuerzas ejercidas por aparatología de ortodoncia.

Por eso, es indispensable que el operador conozca los límites biológicos de estos tejidos periodontales y dentarios.

Conocer las características clínicas e histológicas de los tejidos de soporte del diente, es básico para poder entender los cambios biológicos que se presentan durante el movimiento dental, así como las fases y teorías del movimiento, para que este sea predecible.

De acuerdo a la función, podemos dividir el periodonto en periodonto de protección y periodonto de inserción, presentándose a manera de unidad funcional conformada por cemento radicular, ligamento periodontal y hueso alveolar.

Cada uno de estos tejidos tiene su función de anclaje del diente, por eso es muy importante conocer los límites y secuelas que sostienen después del movimiento.

Para poder distinguir estos factores que contribuyen en el movimiento dental, es necesario conocer cómo actúan estas fuerzas en el diente, conocer la magnitud ideal, la cual considera que las fuerzas ortodóncicas dan lugar a un proceso inflamatorio, el cual determina estas

modificaciones biológicas que acompañan al movimiento, la dirección y la duración de la misma, para considerar la respuesta que el diente mantendrá.

Desde Schwartz A.M. Se sostiene que 'Biológicamente el tratamiento más favorable, es aquel que trabaja con fuerzas que no superan la presión de la sangre capilar, que en humanos es de 15 a 20 mm de Hg'.

Sabemos que existen fuerzas ortodóncicas óptimas que mantienen el diente en condiciones adecuadas para la ejecución del movimiento dental.

Sin embargo, si estas fuerzas ortodóncicas superan los niveles fisiológicos, se produce un estrechamiento e isquemia periodontal, que además de perjudicar el hueso alveolar, genera una pérdida de la capa cementoide encargada de proteger la raíz de los procesos reabsortivos, transformando la acción osteoclástica en odonto-osteoclástica, dando lugar a la 'reabsorción radicular inflamatoria inducida ortodóncicamente'.

Para entender el movimiento dental, es necesario conocer cuáles son las fases del mismo, para saber reconocer las diferentes características cuando se presenten.

Un factor muy importante en el movimiento dental, es saber que existen estimulantes y limitantes del mismo movimiento, este conocimiento, ayuda a identificar y reconocer pacientes que tengan condiciones diferentes.

Todas estas condiciones que se presentan en el diente durante o después de ejercer las fuerzas ortodóncicas, son indispensables, para entender y predecir el resultado del tratamiento ortodóncico, evitando recidivas y afectos adversos.

PROPÓSITO.

Describir los factores involucrados en el movimiento ortodóncico, así como la respuesta biológica del diente ante fuerzas mecánicas, fases y teorías del movimiento dental, conocer los factores limitantes y estimulantes del diente ante el movimiento ortodóncico.

CAPÍTULO I. BIOLOGÍA DEL DIENTE Y DE LOS TEJIDOS DE SOPORTE.

1.1. Encía.

1.1.1. Características clínicas.

La encía es la mucosa masticatoria que protege a los tejidos de soporte del diente, se sitúa en la zona cervical, desde el borde de la encía marginal hasta la línea mucogingival. (Figura 1).

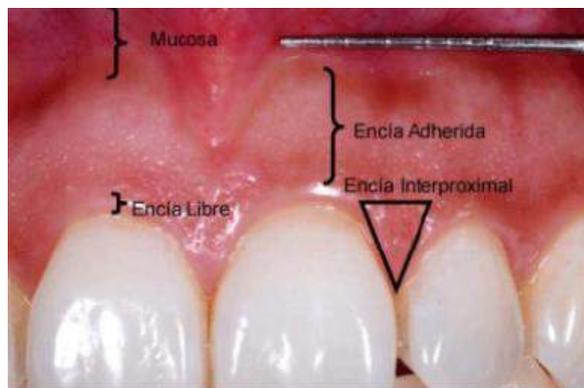


Figura 1. Características clínicas de la encía.

Se clasifica según su ubicación en:

Encía insertada o adherida: Se ubica directamente adherida al hueso alveolar subyacente, su anchura varía entre cada persona y su ubicación en la misma boca, siendo de 4 a 6 mm en las zonas vestibulares de los incisivos y molares, y de menor dimensión en las regiones de caninos y premolares, se localiza firmemente adherida al hueso alveolar y se muestra con un ligero puntilleo. ¹

Encía libre o marginal: Es el tejido marginal que no está adherido al diente, se localiza en vestibular y lingual o palatina de los dientes, de 0.3 a 0.5 mm coronal a la unión cemento-esmalte, el límite

superior es la cresta del margen gingival y en ocasiones la unión con la encía insertada la delimita una ligera muesca visible.

Encía interdientaria: También se puede definir como papila interdental, es parte de la encía libre y se localiza entre dientes adyacentes, llenando los espacios interdentes, sus características se determinan por el mismo contacto entre los dientes.

Línea mucogingival: Es la unión entre la encía insertada y la mucosa alveolar. Esta línea diferencia la queratinización y la translucidez de la mucosa alveolar de la encía adherida o insertada, sigue un curso ondulado paralelo al margen gingival; En palatino la encía se une imperceptiblemente con la mucosa masticatoria del paladar.

Surco gingival: Es el pequeño surco entre el tejido gingival de la encía libre y el diente, en salud tiene una profundidad de 0.5-3 mm.¹

El aspecto clínico de la encía va a depender de distintos factores, los cuales incluyen desde el grado de queratinización del epitelio, la densidad de la lámina propia o corion, el cual puede ser densa a nivel del epitelio queratinizado o laxo a nivel del epitelio no queratinizado, igual dependerá de la presencia o no de la submucosa.

El color de la encía dependerá de la irrigación y vascularización del tejido conectivo en las diferentes regiones, así como del número de melanocitos en la mucosa.

En la encía sana, la encía libre es de color rosa coral, de una superficie lisa, brillante y consistencia blanda, mientras que la encía adherida es de color rosa pálido, de una consistencia firme, aspecto

rugoso y puntilleo que se localiza únicamente en el 40% de las personas. Se continua con la mucosa alveolar, la cual es móvil, color rojo oscuro. ^{1,2}

1.1.2. Características histológicas.

El epitelio gingival externo se encuentra ortoqueratinizado o paraqueratinizado, y presenta abundantes interdigitaciones dentro del tejido conectivo. (Figura 2).

En la encía marginal o libre; el epitelio se encuentra conectado al tejido conectivo por una interface ondulada que presenta crestas epiteliales y papilas coriales, y por el contrario, la unión que se localiza epitelio-corion del epitelio del surco es recta² y puede ser: queratinizada, o paraqueratinizada, y observamos los estratos:

-Basal

-Espinoso

-Granuloso

-Córneo.

También encontramos células de Langerhans, células de Merkel, y fibras de colágeno.

En la papila interdientaria se encuentra epitelio plano estratificado paraqueratinizado en vestibular, y plano no queratinizado en lingual.

En el tejido conectivo, que es denso se encuentran fibroblastos, que son las células predominantes en el corion gingival; así mismo se encuentran células cebadas cerca de los vasos sanguíneos y macrófagos con función fagocítica que participan en la defensa contra sustancias extrañas o irritantes.

Encía insertada o adherida: Se encuentra el epitelio plano estratificado queratinizado, con diferentes grados de queratinización.

Dentro del corion encontramos epitelio denso fibroso, con abundantes papilas de morfología morfa. Por lo cual presenta un aspecto punteado llamado “cáscara de naranja”.

En el tejido conectivo ubicado en la conexión entre la encía adherida y la encía marginal, se encuentran haces gruesas de fibras de colágeno que se mezclan con las fibras del periostio y del ligamento periodontal.³

Mucosa alveolar: Podemos identificar epitelio plano estratificado no queratinizado y epitelio grueso que se encuentra sobre la unión corion laxo, el cual es rico en plaquetas.

La matriz extracelular: Está formada principalmente por sustancia fundamental, la cual consiste en células, fibras, vasos y nervios del tejido conjuntivo, así como fibras de colágenas, oxitalámicas y de la elastina.

La matriz transporta productos metabólicos, células y mensajeros químicos, conocidos como citosinas que moderan la función celular. La glucoproteína más importante es la fibronectina, la cual es una proteína de gran tamaño que se une a células, colágeno y proteoglicanos para estimular la adhesión de los fibroblastos a la matriz extracelular, además de intervenir en la alineación de las fibras colágenas.

	ENCÍA ADHERIDA O INSERTADA	ENCÍA MARGINAL O LIBRE
EPITELIO	Plano estratificado paraqueratinizado	Plano estratificado paraqueratinizado
CORION	Conectivo denso adherido al periostio	Conectivo semidenso No adherido al periostio
PAPILAS	Papilas delomorfas largas y estrechas irrigación escasa	Papilas adelomorfas mas cortas y numerosas Irrigación moderada.

Figura 2. Resumen de histología de la encía.

Unión dentogingival: Constituida por epitelio de unión, epitelio del surco y el corion.

En el epitelio del surco: Es de tipo plano estratificado no queratinizado

El epitelio de unión: Está constituido por un epitelio plano estratificado no queratinizado, que se une al diente a través de una lámina basal interna, y por el lado externo se une al tejido conectivo por la lámina basal externa, y podemos encontrar células como: La población intrínseca de queratocitos, y la población extrínseca, compuesta por granulocitos, monocitos y linfocitos.

El tejido conectivo gingival: Compuesto por una densa red de fibras, principalmente de colágenas que abarcan cerca del 60% de su volumen, células de fibroblastos 5%, y vasos sanguíneos y linfáticos y nervios (35%).

Estas fibras de colágeno se organizan en dos patrones, fibras principales (gruesas) y un patrón de fibras delgadas mezcladas en una fina red reticular llamadas fibras secundarias.¹

1.1.3. Fibras principales.

Dentogingivales: Proveen soporte gingival, surgen del cemento inmediatamente por debajo del epitelio de unión y se dispersan dentro de la encía. (Figura 3)

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

Alveologingivales: Insertan la encía al hueso, se originan en la cresta alveolar, se dispersan coronalmente dentro de la lámina propia terminando en la encía libre y de la papila.

Dentoperiostales: Su función es adherir la encía al hueso, se curvan apicalmente sobre la cresta alveolar y se insertan dentro del periostio bucal y lingual.

Transeptales: Se relacionan con los dientes adyacentes y protegen al hueso interproximal.

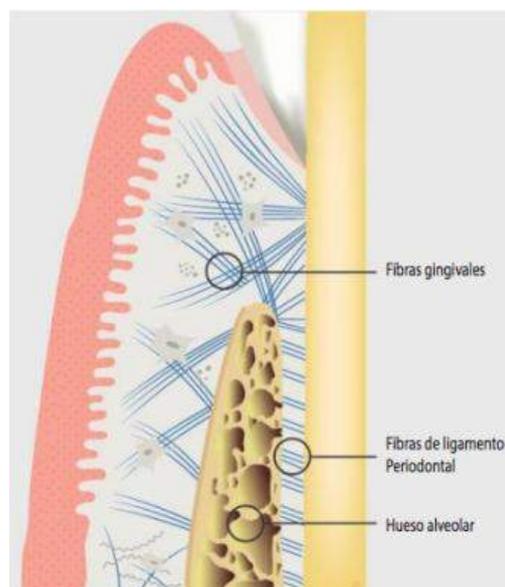


Figura 3. Localización de las fibras gingivales.

1.1.4. Fibras secundarias.

Transgingivales: Refuerzan las fibras circulares, aseguran la alineación de los dientes en la arcada, surgen del cemento cervical y se extienden dentro de la encía marginal del diente adyacente.

Interpapilares: Proveen soporte a la encía interdental.

Semicirculares: Se extienden dentro de la encía marginal libre, se insertan en el cemento de la superficie mesial del diente, cursan distalmente y en la superficie distal del mismo diente.

Intergingivales: Dan soporte y contorno a la encía adherida, se extienden a lo largo de la encía marginal vestibular y lingual de un diente a otro. ¹
(Figura 4)

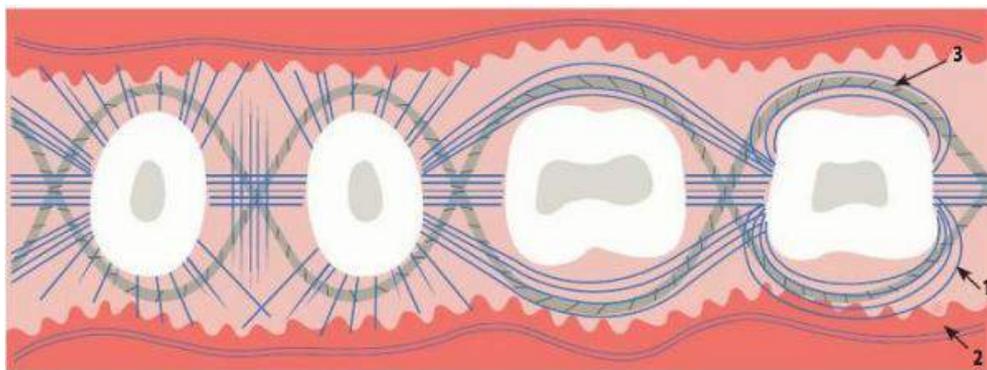


Figura 4. Fibras secundarias (1). Fibras secundarias. (1) Fibras intergingivales. (2) Fibras semicirculares. (3) Fibras transgingivales.

1.2. Ligamento periodontal.

Es un tejido conectivo, especializado muy fibroso, vascularizado y altamente celular, rodea las raíces de los dientes.

Se encuentra entre el cemento radicular y el hueso que forma la pared del alveolo dentario, a una distancia de 1-1.5 mm apical de la unión cemento esmalte, su anchura varía de 0.15 a 0.4 mm, y conforme a la edad del paciente, este grosor va disminuyendo. ¹

Sus funciones varían desde:

Físicas: Mantener los dientes dentro de los alvéolos, y al mismo tiempo permite la posición de los dientes resista considerables fuerzas de la masticación, absorbiendo el impacto.

Sensorial: Receptor indispensable para el adecuado posicionamiento de los maxilares durante la masticación, posee nervios mineralizados que se ramifican para inervar a la pulpa.

Formativa: Participa en la remodelación, reparación y regeneración de los tejidos de soporte del diente.

Nutritiva: Mantiene la vitalidad de sus diversos elementos celulares por sus células de vascularización, la cual se origina de las arterias dentarias que entran al ligamento a través del ápice dental.

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

1.2.1. Composición histológica.

Su composición, se basa en una matriz extracelular, la cual está constituida por fibras, sustancia fundamental, y células relacionadas con la formación de los tejidos periodontales, así como vasos sanguíneos y nervios.

Fibras: Está principalmente formado por fibras de colágena tipo I y tipo III, también participan las colágenas tipos V, VI, XII y XIV.

Estas fibras de colágeno están formadas a su vez por fibrillas de colágenas que se disponen en diversos haces de fibras bien definidas, que son: (figura 5).

De la cresta alveolar: Se insertan al cemento justo por debajo de las fibras gingivales, su dirección es hacia abajo y afuera para insertarse en la cresta alveolar.

Horizontales: Apical al grupo de la cresta alveolar y se dirigen en ángulo recto al eje axial de los dientes, del cemento hasta el hueso.

Oblicuas: Fibras más numerosas, corren desde el cemento en dirección oblicua, hasta que se insertan coronalmente al hueso.

Apicales: Se irradian desde el cemento alrededor del ápice.

Interradiculares: Entre las raíces de los dientes multirradiculares, y corren desde el cemento hasta el hueso.

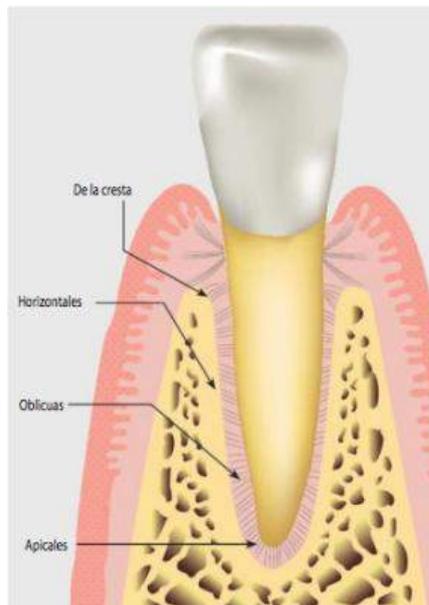


Figura 5. Fibras del ligamento periodontal

Fibras de Sharpey: Los extremos de las fibras principales del ligamento periodontal, están embebidos en el cemento y el hueso,

estas porciones embebidas se denominan fibras de Sharpey, las cuales se encuentran mineralizadas en su periferia.

La sustancia fundamental Se compone de un 70% de agua y tiene un impacto importante en el soporte de las cargas masticatorias.

1.2.2. Células del ligamento periodontal.

Osteoblastos: Células de recambio como respuesta a las funciones del diente, se encuentran bordeando la superficie interna del alvéolo, son células completamente diferenciadas, y carecen de capacidad de migración y proliferación.

Osteoclastos: Células gigantes especializadas en la desmineralización del hueso, son células totalmente diferenciadas y no proliferan, son células grandes, lo que les permite ser muy móviles.¹

Fibroblastos: Son las células principales y predominantes, ocupando hasta el 25 % del volumen, su función es sintetizar, y secretar la matriz extracelular.¹ Se muestran en forma de estrella, células grandes con un citoplasma extenso que contiene abundantes organelos asociados con la síntesis y secreción de proteínas.

Células epiteliales o restos de Malassez: Son remanentes de la Vaina epitelial radicular de Hertwig, son células epiteliales en el ligamento periodontal.

Suelen ser más abundantes en las áreas de furcaciones, se conocen como restos celulares.¹

1.3. Cemento radicular.

Se puede definir el cemento radicular, como una delgada capa de tejido conectivo mineralizado y especializado, que recubre la dentina de las raíces. Su función es anclar el diente al hueso alveolar, con las fibras de colágena del ligamento periodontal, ya que en él se insertan las fibras de Sharpey. Ayuda a mantener la integridad de la raíz y a mantener el diente en su posición funcional.⁴

Su estructura, es similar a la del hueso, es avascular, carece de inervación y drenaje linfático.

El cemento se clasifica, de acuerdo a su origen, localización y función, así como su desarrollo en: (Figura 6).

Cemento acelular con fibras extrínsecas: Es el primero en formarse, cubre directamente a la dentina radicular, sobre todo en los tercios cervical y medio. Su función es anclar al diente a través de las fibras de Sharpey.

Cemento acelular con fibras intrínsecas: Cubre desde la parte media de la raíz hasta el área apical radicular. Se sugiere que su presencia no es esencial para el soporte de los dientes, pero se asocia con la reparación y regeneración de los tejidos periodontales.

Cemento celular mixto estratificado: Frecuentemente se presenta como la combinación del cemento celular con fibras intrínsecas y del cemento acelular con fibras extrínsecas.

Cemento acelular afibrilar: Se deposita sobre el esmalte y la dentina traslapando al cemento cervical, y consiste en una matriz mineralizada sin células ni fibras, y por lo mismo, no juega un papel en la inserción periodontal.⁴

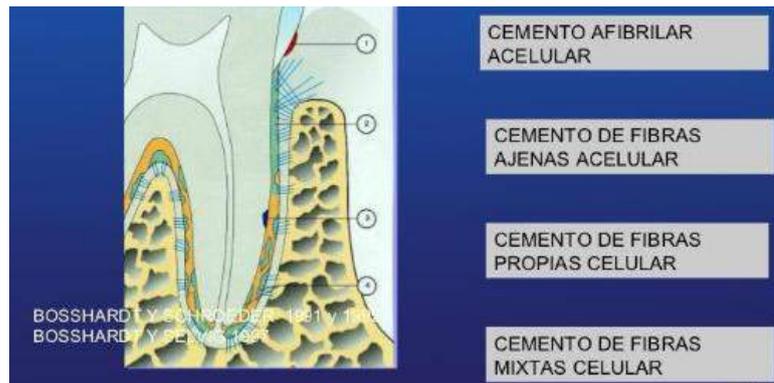


Figura 6. Clasificación del cemento radicular en el diente.

1.3.1. Composición del cemento radicular.

Su composición es orgánica e inorgánica, muy similar a la del hueso.

Contiene un peso del 65% de material inorgánico, 23% de material orgánico, 12% de agua, y la colágena más predominante es la tipo I, con un volumen de cerca del 90%.¹

Se sugiere que el cemento contiene proteínas del esmalte, y sus moléculas exclusivas del cemento; la proteína de adherencia del cemento, y un factor de crecimiento derivado del cemento.

El principal componente inorgánico del cemento radicular, es la hidroxiapatita, y se reconocen dos tipos de células que se han asociado al cemento radicular, las cuales son: Cementoblastos, y cementocitos.⁴

Cementoblastos: Su función principal es secretar la matriz del cemento, y morfológicamente, son similares a los fibroblastos, se encuentran localizados próximos a la superficie del cemento, morfológicamente, tienen un retículo endoplasmático rugoso y un aparato de Golgi bien desarrollado, y comparte características morfológicas a los Osteoblastos.

Cementocitos: Son cementoblastos, que durante la formación del cemento, quedan atrapados en lagunas, y sus características

morfológicas dependen de su cercanía con el cemento y de su aporte nutricional.

1.4. Hueso Alveolar.

Como sabemos, el maxilar superior e inferior están compuestos por un proceso alveolar, donde están los alvéolos, y un hueso basal

Consta de tablas corticales están formadas por hueso laminar compacto, constituido por osteonas; las tablas corticales son más delgadas en el maxilar superior y más gruesas en la región bucal de premolares y molares inferiores.

Y el hueso esponjoso también consiste en un hueso laminar con osteonas.

El contorno del hueso del proceso alveolar, es festoneado debido a la prominencia de las raíces, y así produciendo depresiones verticales intermedias que convergen en el margen.

El grosor de la tabla cortical influye desde el proceso de alineación dental, la angulación de las raíces y las fuerzas oclusales. Es parte de los tejidos periodontales, y forma la pared ósea de los alvéolos, se inicia a 2 mm de la unión cemento-esmalte y corre a lo largo de la raíz, terminando en el ápice de la raíz. ¹

El hueso alveolar se forma a partir de las células del folículo dental, junto con el cemento radicular y el ligamento periodontal.

Presenta múltiples perforaciones, a través de las cuales pasan numerosos vasos sanguíneos linfáticos y fibras nerviosas, hacia el ligamento periodontal.¹

1.4.1. Composición del hueso alveolar.

La parte orgánica del hueso alveolar, está constituida en un 95% por un componente fibrilar compuesto en su mayoría por colágena tipo I y III, y el 5% restante, es formado por un componente no fibrilar de proteínas no colagenosas y moléculas regulatorias.

Las células óseas que componen el hueso alveolar, son osteonas, precursores de osteoblastos, osteoblastos, células de revestimiento y osteoclastos.¹

Osteoblastos: Participan en la formación ósea, se encuentran en el endostio del hueso alveolar y en el ligamento periodontal, se origina a partir de las células mesenquimatosas, y monocitos sanguíneos, primero se diferencian en células pre-osteoblásticas y posteriormente en osteoblastos.

Osteocitos: Son osteoblastos que quedan atrapados en lagunas, convirtiéndose en osteocitos. Son los responsables de mantener niveles uniformes de minerales dentro del hueso.

Osteoclastos: Se encargan de la resorción del hueso, los cuales están localizados en el endostio y en el ligamento periodontal sobre la superficie externa del alveolo.¹

1.5. Pulpa Dental.

Se reconoce como el tejido blando que se encuentra en la parte central del diente, su función principal es formativa, de ella derivan los odontoblastos, que forman la dentina, y como funciones secundarias después de la formación; se encuentran la sensibilidad hidratación, y defensa del diente.⁴ (Figura 7).

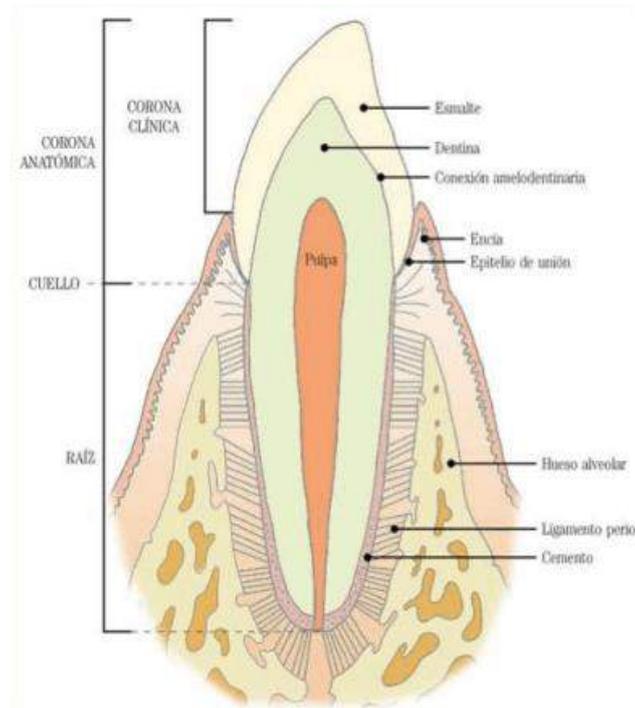


Figura 7. Componentes del diente

1.5.1. Composición y morfología.

La dentina y la pulpa tienen un complejo monotisular cuyo aspecto histológico varía dependiendo de la edad y exposición a factores externos.

En las regiones externas subyacentes a la dentina, se encuentra la capa odontoblástica, inmediatamente dentro de esta capa, se encuentra la zona relativamente acelular, y posteriormente de esta zona, se encuentra una concentración mayor de células.

En el centro de la pulpa, se encuentra una zona que contiene principalmente fibroblastos y ramas importantes de nervios y vasos sanguíneos.⁴

Odontoblastos: En esta región del diente, son las células más características, su función principalmente es sintetizar la matriz y controlar la mineralización de la dentina, se localizan principalmente en la zona coronal del espacio pulpar.

Células progenitoras: Son células que se desarrollan cuando se produce una lesión que causa la muerte de los odontoblastos existentes, se encuentran presentes en toda la pulpa, aunque alcanzan su mayor densidad en el núcleo pulpar.

Fibroblastos: Son las células más abundantes en la pulpa, se localizan principalmente en la pulpa coronal, su función es sintetizar y mantener el colágeno.

Células del sistema inmunitario: La célula inmunitaria más abundante en la pulpa dental, es la célula dendrítica, que son células presentadoras de antígenos, y se encuentran principalmente en la capa odontoblástica y alrededor de los vasos sanguíneos, e igualmente se pueden localizar células inmunitarias como macrófagos o neutrófilos.⁴

1.6. Dentina.

La dentina ocupa la porción principal del diente, es una estructura heterogénea sólida que por un lado circunda la pulpa, y por el otro está protegida por el esmalte en la corona, y el cemento en la raíz. (Figura 8)

Se compone por una red circundante de túbulos dentinarios que atraviesan el cuerpo del diente, y al mismo tiempo irradian a la pulpa, estos mismos, desempeñan el papel de formadores de la dentina en la pulpa dental; además de los componentes celulares, la dentina está compuesta por una gran parte inorgánica y otra orgánica.

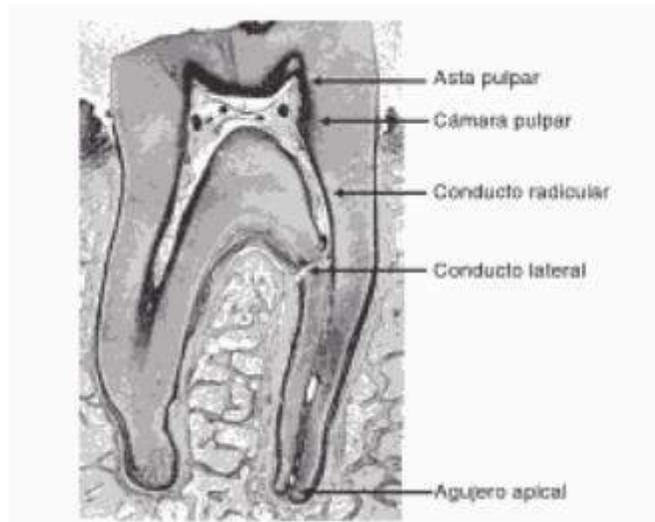


Figura 8. Ubicación de la dentina en la estructura dental.

1.6.1. Composición de la dentina.

El componente inorgánico, se compone principalmente de hidroxapatita, pirofosfatos, y elementos como magnesio, sodio, potasio, flúor, y cloro. Mientras que la mayor parte del componente orgánico es colágena, y las células presentes en la dentina son ⁵:

Odontoblastos: Se estipula que son las células de la dentina, su cuerpo se encuentra en la pulpa, y su extensión en la dentina, su función principal es formación.

Túbulos dentinarios: Penetran a la dentina desde su pared pulpar hasta la unión amelo-dentinaria, el diámetro de estos, dependen de su localización y la edad. ⁵

1.7. Esmalte.

Es la parte más externa del diente, y forma una cubierta protectora, de espesor variable, dependiendo de factores internos y externos. (Figura 9)

Su función principal es la formación de la cubierta resistente de los dientes, lo que los hace aptos para la masticación. ⁶

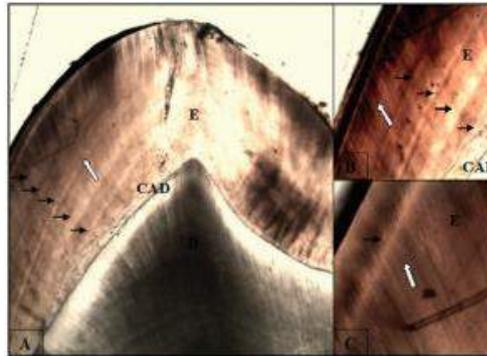


Figura 9. Microscopía del esmalte dental, donde se pueden observar: (E) esmalte dental. (CAD) conexión amelo-dentinaria.

1.7.1. Composición y estructura.

Se compone principalmente de material orgánico en un 96% siendo apatita; y únicamente el 4% de su composición, consiste en material orgánico y agua. ⁶

En cuanto a su estructura general, se considera que está compuesta por ameloblastos que van desde la unión cemento-esmalte hasta la superficie.

Prismas del esmalte: Es el resultado de un patrón organizado, de orientación cristalina de hidroxiapatita, su diámetro promedio es de 4 micrómetros, y el encargado de su formación es el ameloblasto.

Prolongaciones odontoblásticas: Cruzan a través de la unión amelodentinaria, hasta el esmalte, y su dirección depende de la dirección del ameloblasto. ⁶

CAPÍTULO II. RESPUESTA TISULAR Y FACTORES BIOLÓGICOS DE LAS FUERZAS ORTODÓNCICAS.

2.1. Migración Dental y fisiológica.

Con el término de movilidad dental, se suele asociar el movimiento ortodóncico, pero realmente dentro de la fisiología normal del diente, se experimenta cierto grado de movimiento a lo largo de la vida. ⁷ (Figura 10)

Durante el transcurso de la vida, los dientes experimentan diferentes tipos de movimientos; movimientos fisiológicos, constantes, imperceptibles, debido a diversos procesos, los cuales pueden ser de tres tipos:

-Durante la masticación los dientes sufren una abrasión oclusal normal en las superficies oclusales, lo que genera un movimiento vertical de egresión constante.

-Movimiento mesial normal que hace que se desgasten los puntos proximales de contacto, como lo son:

- a. Por presión del 3° molar.
- b. Por desgaste proximal.

-Pérdida de dientes antagonistas o contiguos, lo cual acelera el proceso de desplazamiento, generalmente hacia mesial.



Figura 10. Procesos naturales de migración dental. Se observa pérdida dental, y pérdida de antagonista.

Las reacciones tisulares que se generan en el diente gracias al movimiento dental fisiológico, no son tan diferentes con las reacciones generadas por el movimiento ortodóncico.⁷ Sin embargo, puesto a que el movimiento dental producido en ortodoncia es más rápido, los cambios tisulares que se producen son más significativos y amplios.

El movimiento ortodóncico implica el uso y control de fuerzas que producen la remodelación del diente, y los tejidos de soporte, estos tejidos expresan cambios tanto microscópicos como macroscópicos, debido al cambio de magnitud de las fuerzas que se ejercen sobre el mismo.

La respuesta tisular a estos movimientos ortodóncicos, se producen en diferentes tejidos, esto implica una serie de reacciones celulares y la intervención de múltiples factores que pueden modificarse.

La mecánica propia del tratamiento ortodóncico implica la magnitud y la dirección de las fuerzas.

Y factores como lo son la edad, la presencia de enfermedades óseas y el consumo de fármacos que afectan el metabolismo, pueden afectar la respuesta a estas fuerzas ejercidas en los movimientos ortodóncicos, por lo que estos factores deben ser considerados como características principales del paciente, porque pueden alterar de manera significativa el tiempo y objetivos del tratamiento.⁸

2.2. Respuesta local y tisular a estímulos mecánicos.

El movimiento dentario provocado por ortodoncia, se lleva a cabo por etapas.

La aplicación de una fuerza continua sobre el diente, se conduce a un movimiento dentario dentro de la apófisis alveolar, produce un estrechamiento de la membrana periodontal en la zona marginal, lo cual da lugar a las 3 fases necesarias para producir el movimiento dentario, las cuales son ⁷:

- 1) Las alteraciones del flujo sanguíneo asociado con la presión en el seno del ligamento periodontal.
- 2) Formación y/o liberación de mensajeros químicos
- 3) Actividad celular

La duración del movimiento se suele dividir en un periodo inicial de estrechamiento del ligamento periodontal, y un periodo secundario con una notable reabsorción directa o frontal del hueso, que ocurre cuando el movimiento dentario no origina una compresión significativa, lo cual permite la supervivencia de las células del ligamento periodontal. (Figura 11)

En el tratamiento de ortodoncia, hay un proceso de inflamación aguda, en el cual hay eventos celulares y vasculares en los tejidos circundantes, radiculares y pulpares, que son mediadas por vasodilatadores las cuales regulan la respuesta biológica al tratamiento ortodóncico. ⁷

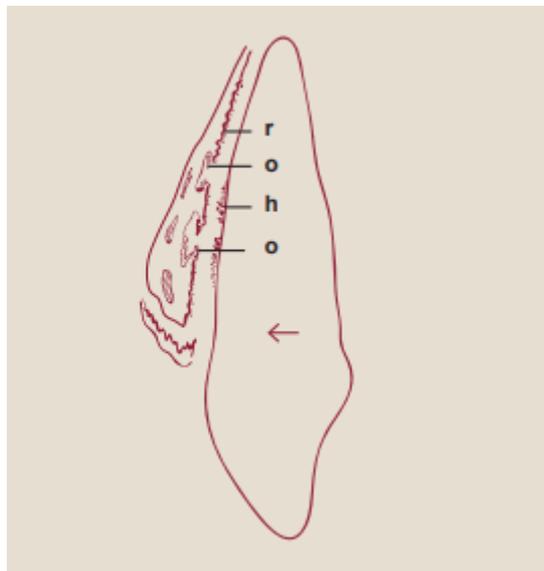


Figura 11. Reabsorción ósea frontal. Se puede observar (o) compensación del osteoide en los espacios medulares abiertos, (h) restos de tejido hialinizado adherido a la superficie radicular, (r) reabsorción ósea directa.

2.3. Inflamación

Conocemos como inflamación a la respuesta local del huésped a una injuria en un tejido por estímulos mecánicos y químicos.⁹

2.3.1. Fases de la Inflamación.

La inflamación se divide en 5 etapas.

1. Liberación de mediadores. (Bajo la actuación de determinados estímulos).
2. Efecto de los mediadores. (Producen alteraciones vasculares y efectos quimiotácticos que favorecen la llegada de moléculas y células inmunes al foco inflamatorio).
3. Llegada de moléculas y células al foco inflamatorio. (La mayoría llega de la sangre, pero también de las zonas circundantes al foco)
4. Regulación del proceso inflamatorio. (Integra una serie de mecanismos inhibidores tendentes a finalizar o equilibrar el proceso).
5. Reparación. (Fenómenos que van a determinar la reparación total o parcial de los tejidos dañados por el agente agresor o por la propia respuesta inflamatoria).⁹

2.4. Respuesta local.

Distintos estudios experimentales demuestran que a las pocas horas de aplicar una fuerza inician una serie de cambios químicos que consisten en el aumento de los mediadores celulares, segundos mensajeros, los cuales intervienen en gran cantidad de funciones celulares, como es la diferenciación celular que ocurre posterior a 4 horas de mantener la presión.

Se sabe que después de 20 minutos de fuerzas ininterrumpidas, comienza la permeabilidad de los vasos capilares, la reubicación de los

líquidos del ligamento periodontal, y comienza la distorsión de la matriz celular, la cual afecta directamente al ligamento periodontal, ocasionando la liberación de vasodilatadores que a su vez hacen posible la migración leucocitaria fuera de los vasos capilares.⁹

Al aplicar una fuerza se integran un gran número de mediadores químicos del hueso alveolar que migran a los tejidos, esto permite que ocurra una distorsión celular. Lo cual provoca aparición y actuación de ciertas sustancias que regulan la reabsorción del hueso, induciendo el movimiento dental.

Estas fuerzas aplicadas en el ligamento periodontal y el hueso alveolar, responden a un estímulo, produciendo zonas de isquemia e inflamación por lo que ocurre la remodelación ósea y un desplazamiento de los dientes.⁶

Cuando se aplica una fuerza de gran intensidad sobre el diente, se origina una oclusión vascular y se corta el suministro de sangre al ligamento periodontal, y en lugar de estimular a las células de la zona comprimida del ligamento periodontal para que se diferencien en osteoclastos, se produce una necrosis aséptica, fenómeno conocido como hialinización, el cual será explicado en el siguiente capítulo.

2.5. Respuesta Tisular.

Cuando las fuerzas ortodóncias ejercen su carga sobre el ligamento periodontal y la apófisis alveolar, existen variables decisivas acerca de estas fuerzas ortodóncicas y su influencia a nivel celular, las cuales son las siguientes:

- a) Magnitud
- b) Duración
- c) Dirección de las fuerzas.

Así mismo, la respuesta tisular de los tejidos es diferente.

2.5.1. Respuesta Tisular de los tejidos periodontales y óseos.

La respuesta tisular ante la aplicación de fuerzas ortodóncicas en donde el hueso se forma o reabsorbe, lo que facilita el movimiento dental.

Los elementos tisulares que sufren algunos cambios durante el movimiento dentario son:

- a) Ligamento periodontal, con sus células, fibras, capilares y nervios
- b) Hueso alveolar.

2.5.1.1. Ligamento periodontal.

Como sabemos, el ligamento periodontal está compuesto principalmente por una red de fibras de colágeno paralelas, insertadas en el cemento radicular y en la lámina dura del hueso, estas fibras suelen estar en constante renovación durante la función normal del ligamento periodontal. (Figura 13)

Las células que contiene el ligamento periodontal, son componentes indispensables para el movimiento ortodóncico dental; la presión hidráulica de los líquidos en el espacio del ligamento periodontal actúa como primer amortiguador de las fuerzas externas ⁹.

Esto hace que el impacto se transmita de forma uniforme a todo el espacio periodontal, provocando un escape del líquido hacia el exterior. Una vez superada la amortiguación hidráulica, se considera que la barrera fibrilar es la que se opone al desplazamiento dentario, y si la fuerza es mayor que esta resistencia, el hueso alveolar se adaptará al movimiento dentario por medio de un remodelamiento osteogénico y osteolítico.¹⁰



Figura 12. Secuencia de eventos que se llevan a cabo para el movimiento dental.

Gracias a la dificultad de reabsorberse directamente el hueso, las células que proceden de las regiones cercanas, son las encargadas de remodelar el hueso adyacente a la zona hialinizada, en estos casos la resorción no se inicia desde el lado dentario, sino que procede de la zona alveolar más profunda y lejana del periodonto, lo cual se conoce como resorción indirecta o basal^{7, 10}.

Los osteoclastos se forman en espacios medulares de la superficie ósea interna, pasando un periodo de 20-30 horas, los cuales, por su acción química eliminan las sustancias orgánicas e inorgánicas del hueso.⁷

Cuando se produce la hialinización y la resorción basal, se suele retrasarse el movimiento dental, ya que ocurre una demora en el estímulo para la diferenciación de las células en los espacios medular, y a que hay que eliminar un espesor considerable de hueso en la parte interior antes de que el diente pueda moverse.

En el lado de tensión de la superficie dentaria, la tracción ligamentosa produce remodelación de las fibras colágenas, en el cual se requiere la presencia de osteoblastos en el lado sometido a tensión para la formación

de tejido óseo y para la remodelación de las zonas reabsorbidas en el lado de presión.⁷

2.5.1.2. Hueso alveolar.

En la zona del hueso alveolar, el acoplamiento entre la formación y resorción ósea, es inducido por la aplicación de fuerzas ortodóncicas, permitiendo el desplazamiento dental.

Aun así, siguen existiendo factores que modifican la reacción biológica tales como son las características estructurales del mismo hueso alveolar. Según algunos estudios, realizados por Reitan en 1964, las paredes óseas de las regiones marginales y media suelen ser más densas y con pocos espacios medulares, por lo tanto, en esta zona es donde ocurren los cambios óseos cuando se inicia el movimiento dentario. Mientras menor sea la densidad ósea y exista mayor número de espacios medulares, será más fácil la resorción ósea.¹⁰

2.5.1. Células y citosinas involucradas.

Las células involucradas en el movimiento ortodóncico, se distinguen en cualquier zona del diente y los tejidos circundantes. (Figura 13)¹¹

1. Fibroblastos: Mucha actividad metabólica, secretan y absorben colágeno.

Estas células, actuando como células del ligamento periodontal, son la primera respuesta a la deformación tensional causada por una fuerza de compresión del mecanoreceptor: Cinasa de adhesión focal (FAK), el cual produce un incremento en los niveles de calcio intracelular libre y en los potenciales de membrana, a través de la activación de los canales de potasio.⁷

2. Cementoblastos: De origen mesenquimal, poseen periodos de actividad y reposo.
3. Osteoclastos: Desmineralización y remodelación en fenómenos patológicos.
4. Osteoblastos: Producen matriz ósea, orgánica y osteoide, ayuda a la mineralización.
Estas, junto con los osteoclastos responden a una fuerza de tipo tensil, con una elevación rápida de síntesis de prostaglandinas E (PGE), adenosin monofosfato (AMPc), además de un gran número de encimas y componente de la matriz extracelular.
5. Células progenitoras: Células nuevas de reparación tisular, se encuentran alrededor de los vasos sanguíneos, se pueden diferenciar en osteoblastos y osteoclastos.
6. Interleucinas (IL): Son las encargadas de la relación entre leucocitos, e índice la proliferación de los fibroblastos, aumentando la reabsorción ósea.
7. Factores de necrosis tumoral (TNF) Ligando del receptor activador del factor Nuclear Kappa beta (RANKL), está involucrado en la remodelación ósea.
8. Factores de crecimiento: Ayudan a mediar las acciones generativas a través de las células precursoras de la médula ósea.

Uno de los factores de crecimiento que más actúa es el factor transformante (TGB Beta1), el cual promueve la mitosis de las células del ligamento, mientras que regula la diferenciación osteoblástica y controla la reabsorción ósea.

9. PGE 2: Factores importantes en el control de la adaptación ósea, ya que actúa como estimulador de la reabsorción ósea, y la estimulación de los osteoclastos.

El aumento de PGE 2, estimula la expresión del RANKL, y reduce la expresión de la osteoprotegerina (OPG), También induce en las células periodontales la expresión de RANKL, a través de un segundo mensajero, el adenosina monofosfato cíclico (AMPc).⁷

Estas citosinas y factores de crecimiento estimulan a las células del ligamento periodontal y del hueso alveolar, para remodelar sus matrices, lo cual, continúa con el movimiento dental dentro de las áreas de reabsorción ósea.⁷

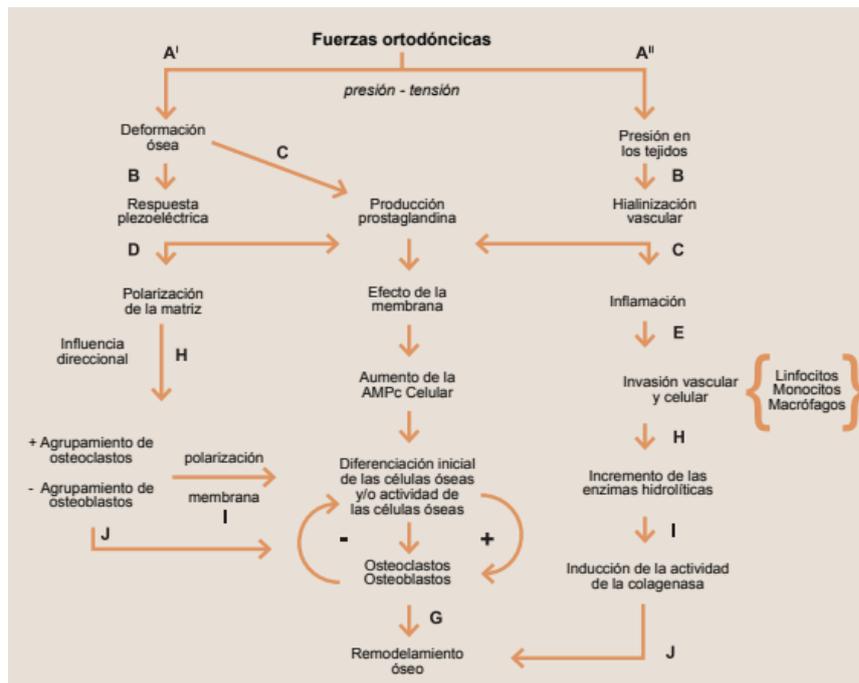


Figura 13. Posibles caminos biológicos generados por una fuerza ortodóncica, se muestra el camino I que representa lo que creemos es la mayor respuesta biológica a las fuerzas ortodóncicas; y el camino II un efecto secundario.

CAPÍTULO III. TEORÍAS DEL MOVIMIENTO ORTODÓNCICO Y TIPOS DE MOVIMIENTO.

3.1. Fuerza Ortodóncica óptima

La magnitud y la duración de las fuerzas ortodóncicas son importantes en la respuesta tisular, y por lo tanto, las reacciones del ligamento periodontal a las cargas continuas y fuertes, han indicado que:

1. Hasta un nivel determinado de tensión y duración, las reacciones producidas son principalmente en la membrana periodontal, provocando un aumento de vascularización, proliferación celular y formación de fibras.
2. Una vez superado el nivel determinado de tensión o duración, reduce el nivel de vascularización del ligamento periodontal, y se produce la destrucción celular entre las fibras comprimidas. ¹²

Una fuerza ligera actuando a una distancia determinada mueve a un diente más rápidamente y provoca menor lesión en los tejidos de soporte que una fuerza más intensa, teniendo como objetivo aumentar la actividad celular, provocando la compresión tisular excesiva, y preparando los tejidos para cambios futuros y producir menos incomodidad y dolor al paciente. ¹³

La duración de las fuerzas, es equivalente al tiempo de tratamiento, por lo que se considera uno de los factores más cruciales, incluso más que la misma magnitud de la fuerza, en lo que se refiere a reacciones tisulares adversas, sobre todo en los casos de hueso alveolar de gran densidad.

La dirección de las fuerzas produce diferentes tipos de movimientos dentales, los cuales se pueden describir en términos de rotación y traslación.

Se considera que los movimientos mayores y a largo plazo son el resultado de una sucesión de movimientos mucho menores, y dependen del patrón de remodelación de la fosa. ¹³

Aun así, en la actualidad, consideramos que las fuerzas ortodóncicas, generan una respuesta biológica en los tejidos del diente, produciendo cambios celulares, por lo que, al realizar estas fuerzas y movimientos, debe realizarse cuidando la integridad de los tejidos del diente.

Schwartz A.M, sostuvo que 'Biológicamente el tratamiento más favorable es aquel que trabaja con fuerzas que no superan la presión de la sangre capilar, la cual como en la mayoría de los mamíferos es de 15 a 20 mm de Hg', el cual es equivalente a 20 a 26 g/cm² de superficie radicular enfrentada, esto se corresponde a una fuerza de 54×10^{-2} Newton sobre un primer molar superior, cuya medida de área radicular promedio es de 2,34 cm². (Figura 14) ⁷

Por lo tanto, el nivel de fuerza se obtiene de la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Presión promedio} &= 172(20+26)\text{g/cm}^2, \text{ Fuerza en superficie radicular} \\ \text{enfrentada} &= (23 \text{ g/cm}^2) \times 2,34 \text{ cm}^2 = 54 \text{ g} = 54 \times 10^{-2} \text{ N} \end{aligned}$$

MOVIMIENTO DENTARIO	FUERZA ÓPTIMA
INCLINACIÓN	35 a 60 g.
MOVIMIENTO EN MASA (TRASLACIÓN)	70 a 120 g.
ENDEREZAMIENTO RADICULAR	50 a 100 g.
ROTACIÓN	35 a 60 g.
EXTRUSIÓN	35 a 60 g.
INTRUSIÓN	10 a 20 g.

Figura 14. Fuerza óptima de los movimientos dentarios

3.2. Tipos de fuerzas ortodóncicas

Las fuerzas ortodóncicas se basan en aquellas que se supone actúan en el ligamento periodontal y el proceso alveolar, mientras que las fuerzas ortopédicas son más potentes y actúan en las partes basales de los maxilares. Las variables decisivas respecto a estas fuerzas a nivel celular son la aplicación, magnitud, duración y dirección de la fuerza ¹³.

Las fuerzas ejercidas fueron clasificadas por Schwartz, desde 1932, según sus efectos biológicos, son clasificados de la siguiente forma:

1. Primer grado: Fuerza leve y rápida que no produce efectos duraderos en el periodonto de inserción.
2. Segundo grado: Fuerza inferior a la presión sanguínea capilar (20-26g/cm²) en el ligamento periodontal. Produce resorción ósea directa en el área de presión. Al cesar, el periodonto de inserción retorna a la normalidad, sin resorción radicular.
3. Tercer grado: Fuerza superior a la presión capilar, que origina isquemia por la compresión del ligamento periodontal, áreas de necrosis del tejido óseo y resorción radicular.
4. Cuarto grado: Fuerza tan intensa que produce resorción a distancia (socavante o indirecta) y daño pulpar por lesión del paquete vasculonervioso en el ápice radicular.

Por lo cual se deduce que las fuerzas leves y continuas no superan el nivel de presión capilar. Según Oppenheim (1944), las fuerzas intermitentes son las más adecuadas, pues su duración no es suficiente para causar problemas en el ligamento periodontal. ¹⁴

3.2.1. Fuerzas Continuas.

Según su definición, una fuerza continua, es una fuerza que a pesar de ir disminuyendo, no llega a cero entre las reactivaciones. (Figura 15)

3.2.2. Intermitentes.

Las mismas fuerzas disminuyen a cero entre las reactivaciones, son llamadas fuerzas interrumpidas.

Una fuerza intermitente muestra un principio on-off. ¹²

La aparatología fija moderna, se basa en fuerzas continuas ligeras desde el arco; sin embargo, una fuerza continua se puede interrumpir tras un periodo limitado.

Las fuerzas continuas ininterrumpidas, se dan cuando ya no actúa y por lo tanto, se requiere la reactivación. En la clínica, la interrupción del movimiento de un diente posee varias ventajas, la principal, es que los tejidos tienen tiempo suficiente para la reorganización, lo cual es favorable para los siguientes cambios tisulares al reactivarse las fuerzas.

Las fuerzas intermitentes, duran actuando un corto periodo de tiempo, y se inducen principalmente por aparatos removibles, especialmente los funcionales.

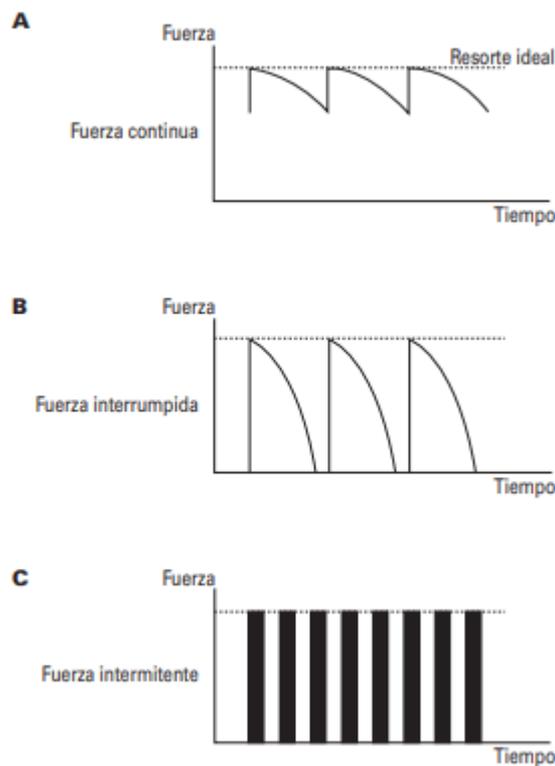


Figura 15. Fuerzas ortodóncicas. A) continuas, b) continuas interrumpidas, c) intermitentes

3.3. Tipos de movimientos Ortodóncicos.

Existen diferentes tipos de movimientos dentales, de los cuales dependen las respuestas tisulares del ligamento periodontal, y algunos de los más importantes son: (figura 16).⁷

3.3.1. Inclinação.

Dependiendo de la concentración de la presión en las áreas limitadas del ligamento periodontal, se forma un fulcro que mejora el movimiento dental en la dirección opuesta.⁷

Este movimiento da lugar a la zona hialinizada ligeramente por debajo de la cresta alveolar, particularmente cuando el diente posee una raíz corta y poco desarrollada.

La inclinación de un diente mediante fuerzas ligeras continuas produce un mayor movimiento en menor tiempo que cualquier otro método.⁷

3.3.2. Torque

Este movimiento dental implica la inclinación del ápice.

Durante el movimiento inicial de torque, la zona de presión se ubica cerca de la región media del diente, (debido a que el ligamento periodontal suele ser más ancho en el tercio medio). Tras la reabsorción de las áreas óseas del tercio medio, la superficie apical de la raíz se comienza a comprimir gradualmente adyacente a las fibras periodontales, estableciendo una zona de presión más amplia. ^{7, 15}

3.3.3. Movimiento en Bloque.

Se considera que se consigue estableciendo un par de fuerzas que actúan en líneas paralelas y distribuyen la fuerza sobre la superficie ósea alveolar, es un método favorable de desplazamiento, sin embargo se debe considerar que la magnitud de la fuerza no debe exceder un límite determinado. ¹⁵

3.3.4. Rotación.

La rotación de un diente crea dos lados de presión y dos lados de tensión, provocando determinadas variaciones en el tipo de respuesta tisular observado en los lados de presión. ⁷

La hialinización y la reabsorción ósea se llegan a producir en una zona de presión, mientras que la reabsorción ósea directa se produce en la otra. La rotación provoca un desplazamiento considerable en las estructuras fibrosas de la región marginal. ⁷

3.3.5. Extrusión.

Los movimientos de extrusión no deberían producir áreas de compresión en el ligamento periodontal, únicamente las de tensión, sin embargo, las haces de fibras periodontales se elongan y nuevo hueso se deposita en

las zonas de la cresta alveolar como resultado de la tensión ejercida por estos haces de fibras estirados. ^{7, 15}

3.3.6. Intrusión.

Diferenciándose de los dientes extruidos, después del tratamiento, los dientes intuidos sufren cambios de posición menores, suele no haber recidiva debido a que los haces de fibras gingivales libres quedan ligeramente relajados. Este movimiento de intrusión puede provocar la formación de nuevas espículas de hueso en la zona marginal, por lo tanto, la redistribución de las fibras principales se produce tras un periodo de retención.

Para este tipo de movimiento, la fuerza ligera continua es necesaria y ha demostrado ser favorable para la intrusión. ^{1, 7, 15}

3.3.7. Movimiento en dirección labial/vestibular.

Las fuerzas de gran magnitud en dirección labial y vestibular suele provocar la dehiscencia del hueso alveolar, la cual puede estar inducida por la expansión labial descontrolada de los dientes a través de la placa cortical.

La evaluación detallada de las dimensiones de los tejidos que cubren el lado facial de los dientes que se van a mover debe preceder al movimiento dental labial; siempre y cuando se puedan mover los dientes durante el proceso alveolar, el riesgo de que se produzcan efectos secundarios dañinos es mínimo. ¹



Figura 16. Movimientos de ortodoncia. Se puede observar el movimiento de inclinación, torque, rotación, intrusión y extrusión.

3.4. Teorías del mecanismo del movimiento.

Generalmente, existen diversas teorías que tratan de explicar como una fuerza ligera es capaz de estimular la resorción ósea y producir reacciones tisulares que ocurren a nivel dentoalveolar durante el movimiento dental producido por las fuerzas.

Desde hace mucho tiempo se ha intentado explicar el mecanismo del movimiento dentario ortodóncico, y la primera teoría se remonta a 1880,

cuando Norman Kingsley, sugirió que los dientes se movían como resultado de la elasticidad del hueso alveolar. Posteriormente, en 1911 Oppenheim, establece las bases de la clásica hipótesis de presión-tensión.

Según Rygh, en 1986, el estímulo para la diferenciación celular que lleva al movimiento dental, depende más de señales químicas que eléctricas, por lo tanto los mensajeros químicos juegan un papel importante en la secuencia hacia la remodelación del hueso alveolar y el movimiento dental, sin embargo, según Proffit en 1994, el concepto de movimiento dental comprende tres fases, que se explicarán en el siguiente capítulo.

- a) Presión y tensión en el ligamento periodontal, lo que origina;
- b) Alteraciones del flujo sanguíneo
- c) formación o liberación de mediadores químicos y activación celular.

Las teorías no son comparables ni mutuamente excluyentes, más bien, todos mecanismos pueden llegar a intervenir en el control biológico del movimiento dental.

Estas teorías explican los mecanismos de control de las reacciones tisulares, estas teorías han sido explicadas mediante distintas hipótesis, y son: ¹⁵

- A. Teoría de presión-Tensión.
- B. Mecanismo hidrostático del ligamento periodontal.
- C. Teoría de la piezoelectricidad.

3.4.1. Teoría de Presión-Tensión.

Tradicionalmente este mecanismo ha sido explicado como que el hueso se reabsorbe en áreas sujetas a presión y se depositan en áreas tensionadas. (Figura 17).

Relaciona el movimiento dentario con las respuestas bioquímicas de las células y componentes extracelulares del ligamento periodontal y el hueso alveolar; la presión y tensión dentro del ligamento periodontal pueden alterar el flujo sanguíneo, reduciendo o aumentando el diámetro de los vasos sanguíneos.

En las zonas de presión se evidencian cambios vasculares con dilatación de los vasos, estasis y desintegración de las paredes vasculares.

Y en las zonas de tensión se observan cambios en el flujo sanguíneo con migración de leucocitos hacia el espacio extravascular, lo cual indica una ligera inflamación.

Estas alteraciones en el flujo sanguíneo inducen cambios químicos en las estructuras involucradas, los cuales actúan directamente sobre la estimulación de la liberación de sustancias biológicamente activas, que llevan a la diferenciación celular. ¹¹

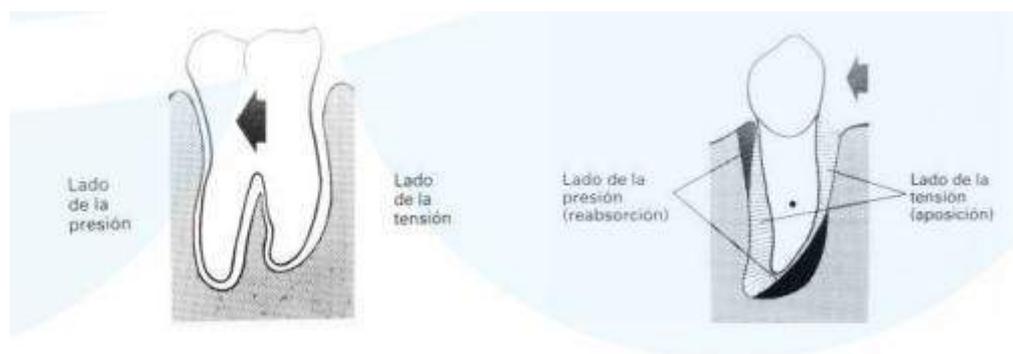


Figura 17. Se puede observar el lado de presión (reabsorción) y el lado de tensión (aposisión).

3.4.2. Mecanismo hidrostático del ligamento periodontal.

La presión que produce el flujo sanguíneo en el ligamento periodontal, es la que desencadena el movimiento dental.

Esta respuesta inicial la comprensión biomecánica y la expansión del tejido periodontal es la liberación de neuropéptidos vasoactivos por la estimulación sensorial de las terminaciones nerviosas.

Esta carga mecánica induce un incremento en el número y tamaño de las fenestraciones permitiendo extravasación de los leucocitos hacia el tejido intersticial, quien es la mayor fuente de variedad de citosinas que activan las células osteógenas, iniciando así el remodelado óseo, y por lo tanto, el movimiento dental. ¹⁶

3.4.3. Teoría de la Piezoelectricidad.

Esta teoría atribuye el movimiento dental a los cambios en el metabolismo óseo, controlados por señales eléctricas que se generan cuando el hueso alveolar se flexiona y deforma, como consecuencia de la distorsión mecánica de matrices colágenas presentes en el hueso alveolar, ligamento periodontal y dientes.

Existen ciertas señales eléctricas que son importantes en el movimiento dental, se observa un tipo de señal eléctrica endógeno en el hueso sometido a tensión, lo cual se conoce como potencial bioeléctrico. Las células metabólicamente activas del hueso y tejido conjuntivo producen cargas electronegativas proporcionales a su actividad, mediante la aplicación de señales eléctricas exógenas se ha podido modificar la actividad celular, observándose una serie de respuestas a nivel de las membranas celulares, cuya despolarización genera impulsos nerviosos y contracciones musculares. ¹¹

3.5. Magnitud de las fuerzas

El factor de magnitud para el uso de las fuerzas, es importante para la respuesta tisular del ligamento periodontal, por lo tanto, las fuerzas de menor intensidad son compatibles con la supervivencia de las células del ligamento periodontal, así como con la remodelación del alveolo dentario mediante una reabsorción frontal y relativamente indolora.⁷

Mientras que, cuanto más intensa sea la presión, mayor será la reducción del flujo sanguíneo en las zonas comprimidas del ligamento periodontal, hasta que los vasos sanguíneos se colapsan y deja de fluir sangre por ellos.

En general, la magnitud de las fuerzas determina la duración de la hialinización, siendo más corta en las fuerzas ligeras, y más larga en las zonas de excesiva intensidad.

En la figura 18, se explica la respuesta de los tejidos periodontales, ante el diferente tiempo y magnitud de las fuerzas.

TIEMPO		
Presión leve	Presión intensa	RESPUESTA
	<1s	El líquido del LPD no se comprime, el hueso alveolar se flexiona, se genera una señal piezoeléctrica.
	1-2 s	Se exprime el líquido del LPD, el diente se mueve dentro del espacio del LPD
3-5 s		Los vasos sanguíneos del LPD quedan parcialmente comprimidos en el lado de la presión y dilatados en el lado de la tensión; distorsión mecánica de las fibras y células del LPD
Minutos		Se altera el flujo sanguíneo, empieza a cambiar la tensión del oxígeno, se liberan prostaglandinas y citocinas.
4 h		Aumentan los niveles detectables de AMPc, comienza la diferenciación celular en el LPD
2 días	3-5 s	Comienza el movimiento dental al remodelar los osteoblastos/osteoclastos el alvéolo óseo
	Minutos	Los vasos sanguíneos del LPD quedan ocluidos en el lado de presión
	Horas	Se interrumpe el flujo sanguíneo a la zona comprimida del LPD
	3-5 días	Muerte celular en la zona comprimida
	7-14 días	Diferenciación celular en los espacios medulares adyacentes, comienza la reabsorción basal
		La reabsorción basal elimina la lámina dura adyacente al LPD comprimido, se produce el movimiento del diente

Figura 18. Respuesta de los tejidos periodontales ante la magnitud y tiempo de la fuerza ortodóncica aplicada.

3.6. Duración de las fuerzas.

Una fuerza ortodóncica no necesariamente tiene que actuar constantemente, sino que debería estar presente durante una parte considerable de tiempo, y a su vez permitir el flujo sanguíneo de los tejidos de soporte del diente.

Existe un umbral de tiempo aproximado de 4-8 horas, para que una fuerza inicie el movimiento en seres humanos (figura 19). Sin embargo, si estas

fuerzas se mantienen durante más tiempo, se logra conseguir una movilización dental eficaz.

Una fuerza continua durante las 24 horas del día, produce el movimiento de forma más eficaz, pero es posible mover el diente con fuerzas de menor duración, ya que el umbral se sitúa en unas 6 horas.

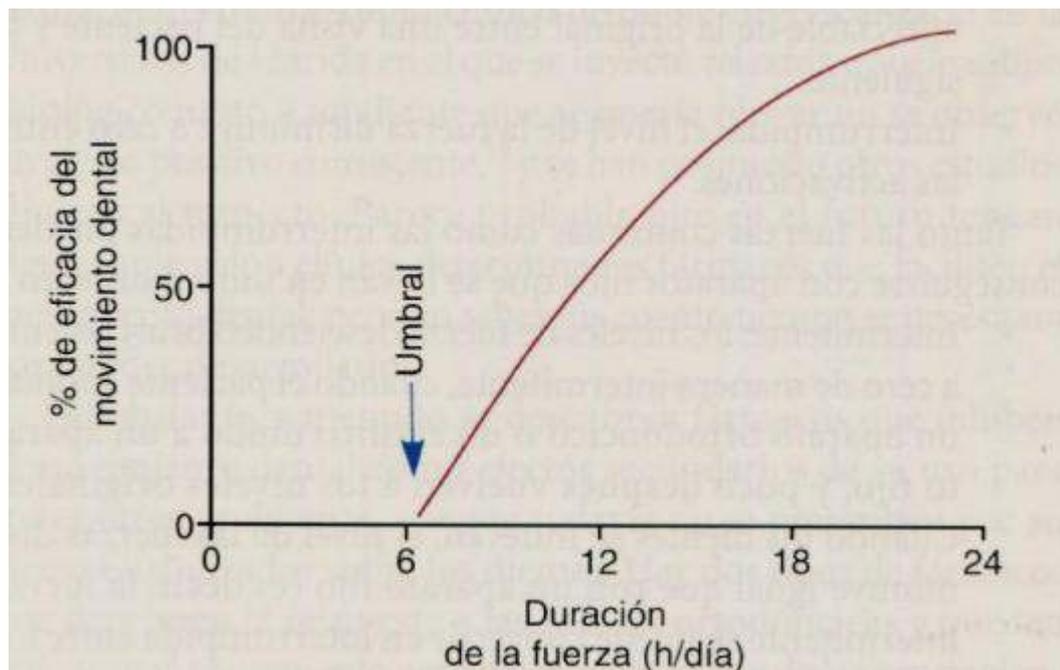


Figura 19. Eficacia del movimiento dental ante fuerzas de durabilidad variable.

3.7. Relación magnitud y duración de una fuerza.

Es muy importante conocer la relación entre la magnitud y la fuerza, así como su duración, ya que ante la presencia de fuerzas que son leves y continuas, el movimiento dental progresa de forma suave como consecuencia de la reabsorción frontal, en cambio si la fuerza continua es intensa, el movimiento dental demora hasta que la reabsorción basal pueda eliminar el hueso necesario para permitir el movimiento, ya que el diente cambia de posición rápidamente y la fuerza constante volverá a comprimir los tejidos, impidiendo la reparación del ligamento periodontal y obligando a una nueva reabsorción basal. ⁷

Por lo tanto es indispensable tener en cuenta el tipo de fuerza necesario para cada paciente, así como duración y magnitudes de la misma.

CAPÍTULO IV. FASES DEL MOVIMIENTO DENTAL.

El diente tiene fijación al hueso alveolar gracias a una estructura colágena de sujeción: ligamento periodontal, esto da lugar a las 3 fases del movimiento dental.

Según Proffit en 1994, el movimiento dental, comprende tres fases:

- 1) Presión-Tensión en el ligamento periodontal, que origina;
- 2) Alteraciones del flujo sanguíneo
- 3) Formación o liberación de mediadores químicos y activación celular.

4.1. Periodo inicial del Movimiento Dental.

Durante la aplicación inicial de las fuerzas ortodóncicas, se observa la compresión en zonas limitadas de la membrana del ligamento periodontal, la cual impide frecuentemente la circulación vascular y la diferenciación celular, produciendo la degradación de las células y estructuras vasculares; este fenómeno es llamado 'Hialinización', el cual es inevitable en el periodo inicial del movimiento dental, y se presenta como una zona necrótica.⁷

4.2. Fase de Hialinización.

Los movimientos ortodóncicos, producen como respuesta tisular el fenómeno llamado hialinización, la cual se compone de 3 etapas⁷:

- a. La degeneración
- b. La eliminación del tejido destruido
- c. Restablecimiento de una nueva inserción dentaria.

4.2.1. Degeneración.

Se produce ante el movimiento ortodóncico inicial, donde la presión es más elevada y el estrechamiento de la membrana es más pronunciado, es decir; alrededor de espículas óseas, dicha degeneración puede limitarse a partes de la membrana o extenderse desde la superficie radicular hasta el hueso alveolar.

El retraso del flujo sanguíneo se continúa con la desintegración de los vasos y elementos sanguíneos.

Se produce una inflamación ligera y los macrófagos juegan un papel importante para el movimiento. ⁷

4.2.2. Eliminación del tejido destruido.

En las zonas hialinizadas, las células no se pueden diferenciar en osteoclastos, y no se puede tener reabsorción ósea directa desde la membrana del ligamento periodontal; por lo tanto, el movimiento del diente se detiene hasta que la reabsorción del hueso alveolar subyacente haya concluido y eliminado las zonas hialinizadas y la zona se ha repoblado de células. ⁷

En las zonas de la periferia del tejido hialinizado que es comprimido son eliminadas por una gran cantidad de macrófagos y vasos sanguíneos, los cuales proceden del ligamento periodontal adyacente.

El hueso alveolar que se encuentra subyacente; se elimina mediante reabsorción indirecta, por células ya diferenciadas en osteoclastos sobre las superficies de los espacios medulares adyacentes, o sobre las superficies de las apófisis alveolares.

Este proceso es llamado reabsorción basal; ya que el ataque se efectúa en la parte interna de la lámina dura y retrasa inevitablemente el movimiento. Esta eliminación del hueso subyacente se continúa con un movimiento dentario adicional. (Figura 20).

Para eliminar el tejido necrótico, se encargan las células gigantes multinucleadas, las cuales pertenecen al sistema fagocítico mononuclear, pero estas células, en algunas ocasiones pueden producir una reabsorción radicular no deseada, ya que suelen eliminar la capa cementoide que protege al cemento radicular. ⁷

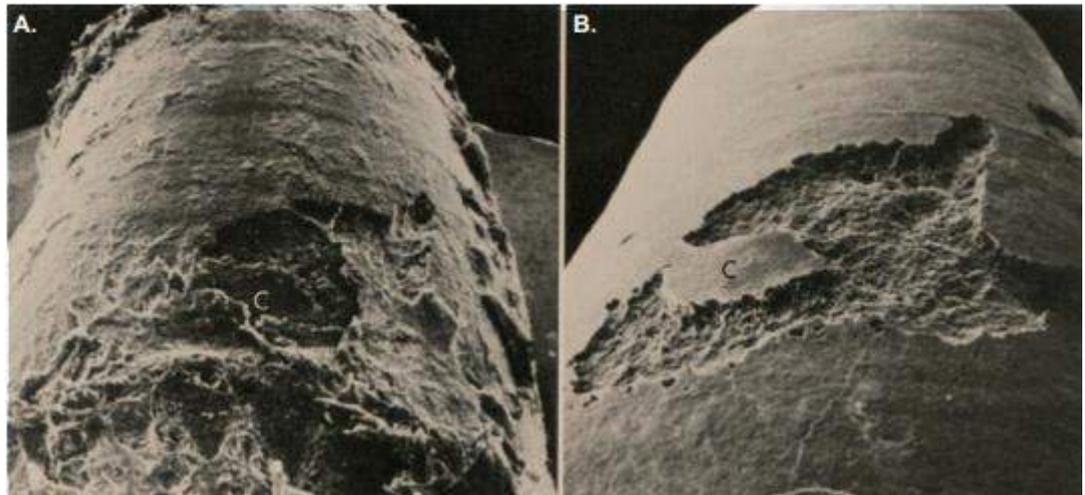


Figura 20. Microscopía de lagunas reabsorbidas del tercio medio de la raíz, se puede observar: a) zona recubierta por tejido orgánico, y b) eliminación del tejido hialino y orgánico.

4.2.3. Restablecimiento de la inserción dental de las zonas hialinizadas.

Comienza por la síntesis de nuevos elementos tisulares tan pronto como se ha eliminado el hueso adyacente y el tejido de la membrana del ligamento periodontal.

A partir de este momento, el espacio del ligamento periodontal es más amplio que al inicio del tratamiento y el tejido de la membrana en reparación es rico en células. ⁷

4.3. Periodo secundario del movimiento ortodónico.

En este periodo del movimiento dental ortodónico, el ligamento periodontal, es ensanchado de manera considerable, por lo que los osteoclastos atacan la superficie ósea sobre una zona mucho más amplia; a medida que se mantiene la fuerza en los límites fisiológicos o se reactiva de forma ligera la fuerza, la reabsorción ósea es principalmente directa.

Se lleva a cabo la formación de nuevas fibras periodontales para la reorganización del sistema de fijación, por lo que se forma hueso en las zonas de tensión, hasta que el espacio periodontal, llegue a sus límites normales; al mismo tiempo se realiza el remodelado del tejido fibroso y el espesor de la lámina alveolar. Del lado de presión se mantiene por aposición en la zona del hueso esponjoso.^{2,7}

4.4. Anclaje ortodónico: Resistencia al movimiento dental no deseado.

El término 'anclaje' se define como la 'resistencia a un movimiento dental no deseado.

Y para ortodoncia, el anclaje es la resistencia a las fuerzas de reacción que se obtiene habitualmente de otros dientes, o en ocasiones de lugares fijos, como es el paladar. (Figura 21).

Algunas de las estrategias para controlar el anclaje dental, es concentrar la fuerza necesaria para producir el movimiento dental donde se necesita, y después disipar la fuerza de reacción entre el mayor número de dientes posible, manteniendo la menor presión sobre el ligamento periodontal de los dientes de anclaje.¹⁷

Una menor fuerza, permitirá controlar perfectamente el anclaje, ya que solo hay que asegurarse de no alcanzar esta presión para el movimiento dental en los dientes de la unidad de anclaje. ¹⁷



Figura 21. Ejemplificación de anclaje físico al paladar.

4.5. Efectos perjudiciales de las fuerzas ortodóncicas.

4.5.1. Movilidad dental.

Como sabemos, la movilidad dental en ortodoncia, no solo requiere la remodelación del hueso adyacente del diente, sino también una reorganización del propio ligamento periodontal.

Las fibras del ligamento periodontal se desinsertan de las superficie del hueso y el cemento, para reinsertarse después, por lo tanto durante el movimiento ortodóncico, radiográficamente podemos observar el espacio del ligamento periodontal se ensanchado ligeramente.

La combinación de un espacio del ligamento periodontal más amplio que otro, y más desorganizado, implica que los pacientes presentaran una mayor movilidad.

Por lo tanto, entre mayor sea la magnitud de las fuerzas ortodóncicas, mayor será la reabsorción basal y la movilidad dental. ¹⁷

Una movilidad excesiva, puede ser un indicio de que se están aplicando fuerzas demasiado intensas. Si un diente queda demasiado móvil durante

el tratamiento ortodóncico se deben interrumpir todas las fuerzas, hasta que el nivel de movilidad disminuya a un nivel moderado. (Figura 22)

La movilidad excesiva suele corregirse por sí sola, sin dejar secuelas permanentes, y el dolor suele desaparecer después del día 2 hasta el día 4.

Este dolor ortodóncico, tiene relación con las zonas hialinizadas en el ligamento periodontal, que sufrirá necrosis aséptica.

Como se sabe, muchos de los medicamentos que están prescritos para aliviar el dolor dental, resultan perjudiciales para el movimiento ortodóncico; debido a sus efectos sobre las prostaglandinas,

Se sugiere que el medicamento de primera elección, sea el paracetamol, pasando aun por la aspirina, ibuprofeno, naproxeno sódico y similares inhibidores de las prostaglandinas.

Aun así, se recomienda el uso del paracetamol y demás AINES, únicamente durante los 3 o 4 días inmediatamente posteriores a a la activación del aparato ortodóncico. ¹⁸

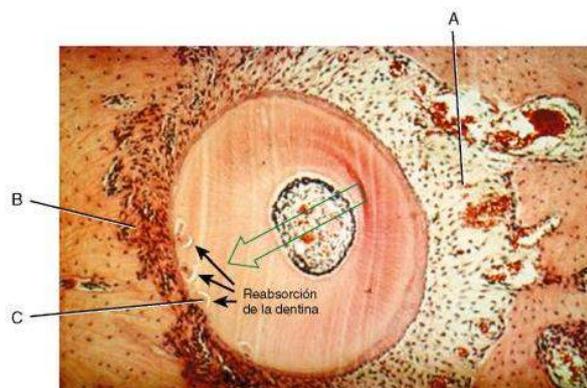


Figura 22. Corte histológico de un diente desplazado a la izquierda, se puede observar la zona de compresión del ligamento periodontal a la izquierda y de tensión a la derecha, se puede ver dilatación de los vasos sanguíneos y la actividad osteoblástica. (A) osteoclastos eliminando el tejido óseo (B) zonas de reabsorción de la raíz (C) el cemento repara las grietas producidas en la dentina.

4.5.2. Efectos sobre la pulpa

Realmente las reacciones que se obtienen en la pulpa dental son mínimas, aun así existen y la principal de estas es la inflamación leve y transitoria de la misma.

Ocasionalmente se presentan algunos casos de pérdida de vitalidad dental provocado por fuerzas ejercidas sobre los dientes, sin embargo, estas historias suelen estar relacionadas con traumatismos previos al tratamiento ortodóncico, aunque igual hay algunos casos registrados en la literatura, que indican que se debe a un mal control de fuerzas ortodóncicas.

También se ha podido observar esta pérdida de vitalidad cuando los incisivos se inclinan distalmente hasta el punto de que el ápice de la raíz llega a salir del proceso alveolar, al moverse en la dirección contraria. En este caso, estos movimientos provocan el corte de los vasos sanguíneos que entran en el conducto pulpar, lo cual provoca pérdida de vitalidad.¹⁷

4.5.3. Efectos sobre la estructura de las raíces.

El tratamiento ortodóncico requiere la remodelación del hueso adyacente a la estructura de los dientes. Investigaciones recientes han dejado claro que cuando se ejercen fuerzas ortodóncicas, se suele producir algún tipo de remodelado del cemento de la superficie radicular y del hueso adyacente.

Se ha demostrado que el cemento adyacente a las áreas hialinizadas del ligamento periodontal queda marcado por este contacto, por lo tanto los osteoclastos atacan este cemento cuando es reparado el ligamento periodontal. Este fenómeno explica porque una fuerza ortodóncica intensa y continuada puede dar lugar a una grave reabsorción radicular.¹⁷

4.5.3.1. Clasificación de la reabsorción radicular según su severidad.

Desde el punto de vista anatomopatológico, existen tres grados de severidad de RRIIO. (Figura 23) ⁷

A) Reabsorción cementaria o reabsorción superficial con remodelación:

Proceso auto limitado que afecta únicamente las capas externas del cemento. Las que después son totalmente regeneradas o remodeladas.

B) Reabsorción inflamatoria o dentinaria con reparación (reabsorción profunda):

Proceso en el cual el cemento y las capas externas de la dentina son reabsorbidos y usualmente reparados con cemento. La forma de la raíz al terminar este proceso de reabsorción - formación, puede o no ser idéntica a la forma original.

C) Reabsorción radicular sustitutiva:

Proceso en el cual ocurre una reabsorción de todos los componentes del tejido duro radicular y principalmente se manifiesta en la zona apical de la raíz, y como resultado se encuentra la sustitución de la zona afectada por un tejido similar al hueso; sin embargo, cuando la raíz pierde material apical, la regeneración cementaria ya no es posible.

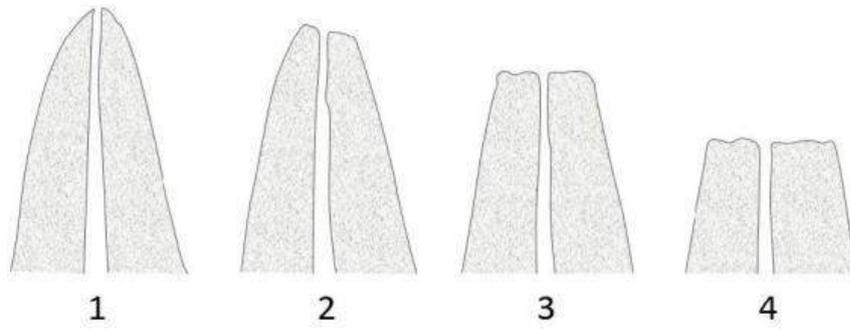


Figura 23 Clasificación de la reabsorción radicular. Se puede observar: 1) ápice sano, 2) reabsorción cementaria, 3) reabsorción inflamatoria 4) reabsorción radicular.

CAPÍTULO V. FACTORES QUE MODIFICAN LA RESPUESTA BIOLÓGICA.

5.1. Factores internos.

En el cuerpo humano, contamos con diferentes factores físicos y químicos, que ayudan a regular las funciones del cuerpo para un equilibrio, sin embargo, algunas de estas sustancias pueden afectar el funcionamiento y tratamiento ortodóncico.

Como sabemos, el hueso aporta una reserva de calcio, magnesio fosforo, sodio y algunos iones que contribuyen al mantenimiento de las funciones homeostáticas.

Como aspecto importante de la remodelación, es la denominada homeostasis mineral, y homeostasis esquelética. ^{11, 18}

La homeostasis mineral: Regulada por el metabolismo de calcio, fosfato, el pH sanguíneo, y algunos otros iones, vitamina D, y algunas hormonas como lo son la calcitonina, la paratifoidea,

La homeostasis esqueletal: Regulada por la hormona de crecimiento, hormona tiroidea y los esteroides adrenocorticales, y se pueden asociar algunos componentes como son: Vitamina A, vitamina C, el cortisol, los estrógenos, las prostaglandinas y el farol activador de los osteoclastos.

5.1.1. Mediadores químicos.

Los mediadores químicos que están involucrados en el remodelado óseo durante la aplicación de fuerza en ortodoncia, se divide en 5 grupos, como lo sugiere la Dra., Sandra Rondón Pacero. ¹¹

1. Nucleótidos cíclicos:

Incluyen al 3,5 adenison monofosfato cíclico (AMPC) y el guanosin monofosfato cíclico (GMPC), ambos descritos como segundos mensajeros, ya que se encargan de mediar los factores estimulantes externos, para convertirlos en una serie de eventos intraradiculares, como son: respuesta celular, síntesis de proteínas, y división celular.

2. Metabolito de ácido araquíronico (AA)

Se define como un ácido graso polinsaturado, lo podemos encontrar en los fosfolípidos de la membrana celular de la mayoría de las células del cuerpo humano, tiene dos vías de metabolismo:

- a) Vía del ciclo oxigenasa, que da origen a las prostaglandinas (PGS).
- b) Vía lipo-oxigenasa, la cual da origen a la formación de los leucotrienos (LTS).

Cualquiera de las dos sustancias median diferentes procesos inflamatorios, la fiebre y el dolor.

3. Neuropeptidos:

Son mediadores potencialmente retroactivos que se encuentran numerosamente. Únicamente la sustancia P, y los polipéptidos intestinales vaso activos (VIP) afectan directamente las células óseas a través de su acción sobre el aparato vascular.

Los Neuropeptidos se encuentran almacenados en las terminaciones nerviosas de los tejidos periodontales, y son liberados al espacio extracelular, posterior a la aplicación de fuerzas ortodóncicas.

A partir de ese momento, inicia su papel vasoactivo y modula la reacción inmunitaria local, permitiendo la extravasación de otros mediadores.

4. Citoquinas.

Mediadores locales liberados por las células del sistema inmune en respuesta al estímulo producida por una variedad de agentes.

Se ha descrito una gran cantidad de citoquinas, pero se ha determinado que dentro del proceso de reabsorción ósea, interviene fundamentalmente las interleukinas 1 alfa y las interleukinas 1 beta, que junto con factores de necrosis tumoral, estimulan la producción de colágeno, y por consiguiente media la reabsorción ósea.

5. Mediadores endocrinos:

Son aquellas hormonas que se encargan de mantener la homeostasis del calcio sérico, y se distinguen: Hormona paratiroidea, Vitamina D, y la calcitonina.

La acción de estos estimulantes en el remodelado óseo, permite la activación celular totalmente independiente de la cascada de nucleótidos cíclicos, y se considera uno de los más potentes estimuladores de la actividad osteoclástica, refiriéndose a la producción y reclutamiento de osteoclastos a partir de monocitos precursores, aunque para la producción de dicho metabolito se requiere la acción comandante de la hormona paratiroidea, la cual promueve la síntesis.¹⁸

5.1.2. Factores individuales.

Genéticos: Estudios sugieren la existencia de un componente genético. Por lo que se recomienda comprobar el grado de integridad de las raíces dentales de los padres, hermanos, para asegurar el tratamiento ortodóncico. ⁷ (figura 24)

Endócrinos: Las señales metabólicas llegan a generar cambios dentro de la actividad osteoblástica y osteoclástica, por eso las respuestas a las fuerzas ortodóncicas suelen ser distintas en cada paciente. La tiroxina, tiene un efecto protector ante actividad osteoclástica, por lo que debido a esto, el hipotiroidismo es un factor a considerar en el tratamiento ortodóncico. ⁷

Edad: Durante muchos años se creía que el tratamiento ortodóncico de los niños era mucho más rápido que en los adultos, sin embargo, esta información aun no es completamente comprendida.

Lo que si se ha observado, es que al aumentar la edad, la actividad celular disminuye, y los tejidos se hacen más ricos en colágeno, lo cual afecta la respuesta de los tejidos adultos ante las fuerzas ortodóncicas.

El niño estando en una etapa proliferativa, y presenta un hueso alveolar esponjoso con numerosos espacios medulares, flujo vascular abundante y con un máximo potencial de remodelación.

En el ligamento periodontal presenta una alta tasa de renovación fibrilar, las fibras colágenas más finas y hay un mayor número de células, por lo que los tejidos periodontales de los pacientes jóvenes, reaccionan mas rápido a las fuerzas ortodóncicas, a diferencia de los pacientes adultos; esto es gracias a los cambios fisiológicos que sufre el tejido periodontal adulto, donde el hueso alveolar esta menos vascularizado y los espacios medulares adquieren más tejido adiposo.

Por lo mismo, la renovación celular del ligamento periodontal del niño es menor que en el adulto, por lo tanto, es más estable y las fibras colágenas son más gruesas lo que retrasa la respuesta proliferativa ante la aplicación de fuerzas ortodóncicas.¹⁸

Hábitos: Si hay hábitos presentes (onicofagia, bruxismo, empuje lingual, interposición labial y succión digital) antes o durante el tratamiento ortodóncico, pueden afectar el resultado del tratamiento, ya que todos estos aumentan cargas en el periodonto, lo que provoca lagunas de reabsorción, modificando la respuesta ante el tratamiento ortodóncico.⁷

Edad dental: Existen autores que afirman que el movimiento ortodóncico aplicado en un diente en desarrollo puede deformar la vaina radicular de Hertwig, lo cual altera la calcificación del ápice, modificando la respuesta dental ante fuerzas mecánicas.⁷

Enfermedad Periodontal: Por lo general, los dientes que tienen afectaciones periodontales, no tienen la misma respuesta ante estímulos mecánicos, por lo que se sugiere atender el problema periodontal previo al tratamiento ortodóncico.⁷

Morfología del diente: Según estudios recientes, existe una influencia de la anatomía dental en el tratamiento ortodóncico, los cambios morfológicos incluyen en su mayoría raíces extras en molares y premolares, lo cual dificulta el desplazamiento dental.⁷

Dientes tratados endodónticamente: Se sugiere que los dientes tratados endodónticamente son más resistentes a reabsorciones óseas debido al aumento de la dureza y densidad de la dentina.⁷



Figura 24. Cambios morfológicos del diente

5.2. Factores externos.

Con los grandes avances que se tienen en el conocimiento celular, se ha permitido acelerar e inhibir el movimiento en ciertas piezas dentarias, para maximizar la eficiencia en la terapia ortodóncica, por lo que se han utilizado diversas sustancias químicas y algunos agentes físicos, como lo son el láser, campos electromagnéticos y ultrasonido.¹⁸

Sin embargo, hay algunos medicamentos que son limitantes para el remodelado óseo que requiere el movimiento dental ortodóncico, por el momento, es poco probable que descubramos fármacos que son estimulantes en el movimiento dental. No obstante, a menudo se descubren fármacos que inhiben el movimiento dental, como efectos secundarios de su uso para tratar algún otro padecimiento del paciente.

Hay dos tipos de fármacos que inhiben la respuesta a las fuerzas ortodóncicas y pueden influir en el tratamiento ortodóncico: Los inhibidores de las prostaglandinas para controlar el dolor, y los

bifosfonatos, que son utilizados para el tratamiento de la osteoporosis. ^{11,}
18

5.2.1. Limitantes.

Estos limitantes sugieren el objetivo de limitar el movimiento ortodónico, en casos de que se requiera anclaje máximo, o incluso para las recidivas post-tratamiento.

Algunos estudios experimentales relatan que la aplicación tópica de bifosfonatos, es capaz de inhibir fuertemente la reabsorción ósea asociada al movimiento dentario.

Igualmente se ha observado que la administración local de echistatina y del péptido arginina-glicina-ácido aspártico (RGD), para poder limitar el movimiento dentario por inhibición de reabsorción ósea y la reabsorción radicular. ¹¹

Estos son inhibidores de integrinas, sin embargo también se conocen como desintegrinas, y su forma de actuar es: Se asocian directamente a la respuesta celular ante cargas mecánicas.

La echistatina es igualmente una desintegrina, ha demostrado ser un potente inhibidor de la reabsorción ósea, y su función principal se atribuye a la disminución de la función osteoplastia por inhibición de la integrina alfa, beta, lo que reduce la capacidad de migración y mantención de la zona del sellado durante el proceso de formación de las lagunas de reabsorción, mientras que el RGD disminuye el número de osteoclastos. ^{7,}

11

5.2.1.1. Inhibidores de las prostaglandinas.

Estos medicamentos alteran el movimiento ortodóncico ya que la PgE influye considerablemente en la cascada de señales que generan movimiento dental. Estos fármacos se clasifican en dos categorías:

- a) Corticoesteroides y antiinflamatorios no esteroideos (AINES):
Interfieren en la síntesis de prostaglandinas
- b) Agentes con efectos antagonistas y antagonistas mixtos sobre diferentes prostaglandinas.

Las prostaglandinas se sintetizan en el organismo a partir de ácido araquidónico, que se deriva de los fosfolípidos.

Los Corticoesteroides reducen la síntesis de las prostaglandinas, lo cual inhibe la formación de ácido araquidónico en las prostaglandinas.

Existen otros tipos de fármacos que suelen alterar las concentraciones de prostaglandinas, y por consiguiente modificar la respuesta ante movimientos ortodóncicos: ¹⁸

- a) Antidepresivos tricíclicos (doxepina, amitriplina, imipramina)
- b) Antiarrítmicos (procaína)
- c) Antipalúdicos (quinina, quinidina, cloroquina)
- d) Metilxantinas

5.2.1.2. Bifosfonatos.

El problema de la osteoporosis, especialmente en las mujeres posmenopáusicas, es que se asocia al envejecimiento, sin embargo se puede asociar a ambos sexos.

Se ha demostrado que el tratamiento con bifosfonatos, inhibe específicamente la reabsorción ósea mediada por los osteoclastos, por lo cual no nos resulta sorprendente que la remodelación ósea necesaria

para el movimiento de los dientes sea más lenta en pacientes que toman estos fármacos. ¹⁸

Los bifosfonatos plantean un problema por dos razones:

- a) Su uso se asocia a una necrosis inusual del hueso mandibular, generalmente tras la extracción de un diente. Es poco frecuente y afecta a pacientes con metástasis óseas que reciben dosis elevadas de bifosfonatos muy potentes.
- b) Se incorporan a la estructura del hueso, para después eliminarse lentamente, en un periodo de varios años; por este efecto, no desaparecen todos sus efectos aunque se interrumpa la administración. ¹⁸

5.2.2. Estimulantes.

Dado a que el tiempo ha sido un factor importante en el tratamiento ortodóncico, se han investigado distintos métodos para acelerar el proceso del movimiento dentario.

Algunos de ellos son: la inyección de ciertas drogas o la utilización de agentes físicos. ¹¹

5.2.1. Agentes químicos

Uno de los agentes más importantes en la estimulación del movimiento dentario producido por fuerzas ortodóncicas, son las prostaglandinas (PGs), el conocer el rol, ya que en ellas se distingue la posibilidad de incrementar el movimiento dental.

En distintos estudios, se puede distinguir que al inyectar localmente PGs, se observa un aumento en el número de osteoclastos, estimulando de este modo la reabsorción, lo cual acelera el desplazamiento de la pieza,

teniendo como desventaja asociada a este procedimiento la hiperalgesia en la zona.

También, se ha observado otro tipo de fármaco como lo es la osteocalcina, la cual se define como una de las proteínas principales no colágenas de la matriz ósea, que cuando es administrada localmente estimula la aparición de osteoclastos en la superficie ósea, específicamente en la zona de presión durante el movimiento dental.

Las desventajas principales que estas técnicas requieren, es el uso de inyecciones, en más de una ocasión, lo cual implica mayor incomodidad y malestar del paciente. ¹¹

5.2.2. Agentes físicos.

En estudios, se ha identificado estimulantes físicos para el movimiento dental ortodóncico, como lo son: ¹¹

- a) Estimulantes eléctricos.
- b) Aplicación de láser.
- c) Ultrasonido.

Estimulantes eléctricos.

En reportes experimentales se ha identificado que el uso de pequeñas corrientes eléctricas continuas, pero de baja intensidad en el hueso alveolar, logran modificar el potencial bioeléctrico, y por ende, el movimiento dental es más rápido ante estímulos mecánicos como el tratamiento ortodóncico. (Figura 25)

Se identificó como un efecto facilitador del movimiento ortodóncico, ya que actúa sobre un aumento de la actividad osteoblástica, y sobre una mejor calidad de hueso en las zonas sometidas a este tipo de tratamiento,

así también, hay estudios que demuestran que lo que incrementa en este tratamiento es la reabsorción radicular. ^{11, 18}



Figura 25. Estimulantes eléctricos en ortodoncia.

Aplicación de láser.

En el caso del tratamiento laser, cuando es aplicado a baja intensidad en la sutura media, se puede llegar a acelerar el proceso de regeneración ósea, lo que disminuye el tiempo de retención, acelerando el movimiento dental producido por ortodoncia, debido a la rapidez de la formación ósea gracias a esta estimulación. (Figura 26) ^{11, 18}



Figura 26. Aplicación de láser localizado en ortodoncia

Ultrasonido.

Otro agente físico que logra estimular el movimiento dental producido por fuerzas ortodóncias, es el ultrasonido pulsátil de baja intensidad, el cual aplicado en el tejido óseo, ha demostrado ser efectivo en la liberación de factor de crecimiento fibroblástico desde células de tipo macrófagos, además de estimular la angiogénesis durante la cicatrización de heridas, también aumenta la reparación ósea después de fracturas.

Con las evidencias encontradas en la literatura sobre el ultrasonido, se puede esperar que al asociar una corriente ultrasónica pulsátil al movimiento ortodóncico dentario, se pudiera obtener una remodelación ósea más rápida con una disminución en la reabsorción radicular, obteniendo un movimiento dentario ortodóncico más eficiente y con menos secuelas iatrogénicas para el paciente. (Figura 27 y 28) ¹¹



Figura 27. Inicio del tratamiento de ultrasonido en ortodoncia.



Figura 28. 4 semanas después del inicio de tratamiento

CONCLUSIONES

- Es indispensable conocer la biología e histología del diente y los tejidos de soporte del mismo, para poder entender los cambios biológicos que se requieren para lograr el movimiento ortodóncico de una forma efectiva y definitiva.
- La respuesta biológica que se obtiene en el movimiento dental depende de factores internos y externos, así como de la magnitud, duración y dirección de las fuerzas ejercidas sobre el mismo.
- Conocer las fases del movimiento ortodóncico, es indispensable para ejercer el tipo de fuerzas necesarias según el requerimiento del diente, sabemos que las fuerzas ejercidas con mayor magnitud, suelen hacer el movimiento dental de forma más rápida, sin embargo, no es lo ideal para mantener la vitalidad del diente, y la reparación ósea.
- Es necesario conocer los efectos que el movimiento ortodóncico tiene sobre los tejidos del diente, así como los factores que modifican esta respuesta, siendo los principales de tipo externos, como lo son fármacos.
- Los principales limitantes del movimiento dental son los inhibidores de prostaglandinas, ya que la PgE influye considerablemente en la cascada de señales que generan movimiento dental.
- Es indispensable continuar con la investigación de factores estimulantes para el movimiento dental, ya que no se cuenta con una predicción exacta al usar estos métodos tanto físicos como químicos.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Vargas C, Yáñez O, Monteagudo A, Periodontología e Implantología. 1º edición. Editorial Médica Panamericana, 2016.
3. . Shirilly P. Manejo De Recesiones Gingivales Con Injerto De Matriz Dérmica Acelular (Dermis). Quito, Ecuador Julio 2013. Disponible en: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/379/1/T-UIDE-0358.pdf>
3. Gomez de Ferraris M.E, Campos Muñoz A. Histología y embriología bucodental. Editorial Medica Panamericana, tercera edición. Madrid España. 1999.
4. Torabinejad M, Endodoncia. Principios y Practica, 4º edición. Editorial Elsevier Castellano. 2020.
5. Arenas A. Estudios de las características estructurales y de la composición de la dentina humana [Tesis]. Lugar de publicación: México D, F. 2001.
6. Gil Chavarria M. ‘Unión Esmalte-Dentina’ Microestructura, composición anatómica y química, un estudio por microscopía electrónica [Tesis de licenciatura]. Lugar de publicación: México D.F. 2002.
7. Pavani C. “Efectos De Las Fuerzas Ortodóncicas, Producidas Por Brackets Autoligantes Activos Y Pasivos, Sobre El Cemento Radicular”. [Tesis de licenciatura]. Lugar de publicación: Córdoba 2016.

8. Dr. Oscar R, Martha E, Margarita M. Cambios morfo funcionales en el periodonto asociados al movimiento dentario por tratamiento ortodónico. MEDISAN 2018; 22(7):638. Santiago de Cuba, Cuba.
9. Rodríguez R, Elena F, María Cunill, Cambios en el periodonto asociados al movimiento dentario por tratamiento ortodónico. 2018; Santiago de Cuba, Cuba.
10. Guercio de Dinatale E, Biología del movimiento dentario ortodónico: Revisión de conceptos. Acta odontol. venez [Internet]. 2001 Ene [citado 2021 Dic 02] ; 39(1): 61-65. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652001000100011&lng=es
11. Irene M. Movimiento Ortodónico y sus factores modificantes, Revisión bibliográfica. Revista Latinoamericana de Ortodoncia y Odontopediatría Ortodoncia.ws. Edición Electrónica Noviembre 2011.
12. Frank W. Fuerzas de ortodoncia. Rev. Esp Ortod. 2010; 40:69-74.
13. Lee W. Graber, Katherine W. L. Vig, Robert L. Vanarsdall, Greg J. Huang. Ortodoncia. Principios y técnicas actuales. 6ª Edición. Editorial Elsevier. 2017.
14. Guercio de Dinatale E. Biología del movimiento dentario ortodónico: Revisión de conceptos. Acta Odontológica. Venezolana [Internet]. 2001 Ene [citado 2021 Dic 02] ;61-65. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0001-63652001000100011&lng=es

15. Elisabetta G. Biología del movimiento dentario ortodóntico. Acta Odontológica Venezolana. Volumen 39. No.1. 2001. Disponible en: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2001/1/art-12/>

16. Walter I. Determinar el nivel de reabsorción radicular externa posterior al tratamiento ortodóntico realizado en un centro especialista en ortodoncia de la ciudad de Loja [Tesis de licenciatura]. Lugar de publicación: Loja. Ecuador. 2019. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/21592/1/TESIS-WALTER-ENRRIQUEZ.pdf>

17. Proffit W, Fields H. Ortodoncia Contemporánea. . Disponible en: https://ortodonciasigloxx.files.wordpress.com/2016/06/00269ortodoncia-contemporanea-proffit-5a-ed_booksmedicos-org.pdf

18. Vargas del Valle P., Piñeiro M.S., Palomino H., Torres-Quintana M.A. Factores modificantes del movimiento dentario ortodóntico. [Internet]. 2010 Feb; pp. 45-53. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852010000100005&lng=es

BIBLIOGRAFÍA DE GRÁFICOS

1. Figura 1: CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS DE LA ENCIA.
Obtenido en: Periodoncia clínica Elaborado por Dra C. Alarcon.
2. Figura 2. RESÚMEN DE LA HISTOLOGÍA DE LA ENCÍA
Fuente directa
3. Figura 3 LOCALIZACIÓN DE LAS FIBRAS GINGIVALES.

Obtenido en: Ana P, Beatriz Y, Carlos M. Periodontología e Implantología. [imagen]. Editorial mèdica Panamericana, 2016. página. 11
4. Figura 4. FIBRAS SECUNDARIAS.

Obtenido en: Ana P, Beatriz Y, Carlos M. Periodontología e Implantología. [imagen]. Editorial mèdica Panamericana, 2016. página. 12
5. Figura 5. FIBRAS DEL LIGAMENTO PERIODONTAL.
Obtenido en: Ana P, Beatriz Y, Carlos M. Periodontología e Implantología. [imagen]. Editorial mèdica Panamericana, 2016. página. 15
6. Figura 6. CLASIFICACIÓN DEL CEMENTO RADICULAR EN EL DIENTE.
Obtenido en: Bosshard y Schroeder. 1992.
7. Figura 7 COMPONENTES DEL DIENTE.
Obtenida en: Gómez de Ferraris M.E., Campos Muñoz A. Histología, embriología e ingeniería tisular bucodental. 3 ed. México: Médica Panamericana, 2009. Cap.XIV,pp 355-390
8. Figura 8. UBICACIÓN DE LA DENTINA EN LA ESTRUCTURA DENTAL.
Obtenido en: Torabinejad, Mahmoud, Endodoncia. Principios y Práctica, [imagen] 4º edición. Editorial Elsevier Castellano. 2020. Página 5.

9. Figura 9. MICROSCOPIA DEL ESMALTE DENTAL.
Obtenido en: Selene P. y Gonzalo G. Análisis histológico del esmalte dentario desde una perspectiva antropológica. Técnica de corte delgado para microscopía óptica. Revista. Vol. 4 N° 4, Año 2017 pp. 108-116 ISSN 2362-1958. Página. 111.
10. Figura 10 PROCESOS NATURALES DE MIGRACIÓN DENTAL.
Obtenido en: Clinica Dental Ercilla /abril 2015
11. Figura 11. REABSORCIÓN ÓSEA FRONTAL.
Obtenido en: Thilander B. Reacciones tisulares en ortodoncia .En: Graber T., Vanarsdall R., Vig K. Ortodoncia. Principios y técnicas actuales.5 edición. Barcelona: Elsevier, 2013. 247-286
12. Figura 12. SECUENCIA DE EVETOS DEL MOVIMIENTO ORTODÓNICO.
Obtenida en: Proffit W.R. , Fields H.W. “Bases Biológicas del Tratamiento Ortodónico”. En:Proffit W.R. , Fields H.W. “Ortodoncia Contemporanea”. Barcelona: Elsevier. 2014: 278-311.
13. Figura 13. CAMINOS BIOLÓGICOS GENERADOS POR UNA FUERZA ORTODÓNICA.
Obtenida en: Frank Weiland. Fuerzas de ortodoncia. Rev. Esp Ortod. 2010;40:69-74.
14. Figura 14 FUERZA ÓPTIMA DE LOS MOVIMIENTOS DENTARIOS.
Obtenida en: Proffit W.R. , Fields H.W. Bases Biológicas del Tratamiento Ortodónico. En:Proffit W.R. , Fields H.W. Ortodoncia Contemporanea. Barcelona: Elsevier ,2014: 278-311
15. Figura 15 .FUERZAS ORTODÓNICAS.
Obtenida en: Daniel Aragón Navarro. Universidad de Zaragoza. <https://www.ortodonciazaragoza.com/wp-content/uploads/2021/03/MOVIMIENTO-ORTODONCICO-2020-online-download.pdf>
16. Figura 16. MOVIMIENTOS DE ORTODONCIA.
Obtenida en: Proffit W.R., Fields H.W. Bases Biológicas del Tratamiento Ortodónico. En:Proffit W.R. , Fields H.W. Ortodoncia Contemporanea. Barcelona: Elsevier ,2014: 278-311

17. Figura 17. PRESIÓN Y TENSIÓN.
Obtenida en: Daniel Aragón Navarro. Universidad de Zaragoza.
<https://www.ortodonciazaragoza.com/wp-content/uploads/2021/03/MOVIMIENTO-ORTODONCICO-2020-online-download.pdf>
18. Figura 18 RESPUESTA DE LOS TEJIDOS PERIDONTALES ANTE MAGNITUD Y TIEMPO DE FUERZA.
Obtenida en: Proffit W.R. , Fields H.W. Bases Biológicas del Tratamiento Ortodóncico. En: Proffit W.R. , Fields H.W. Ortodoncia Contemporanea. Barcelona: Elsevier ,2014: 278-311
19. Figura 19. EFICACIA DE LA MAGNITUD DE LAS FUERZAS EN DIFERENTE VARIABILIDAD DE HORAS.
Obtenida en: Proffit W.R. , Fields H.W. Bases Biológicas del Tratamiento Ortodóncico. En: Proffit W.R. , Fields H.W. Ortodoncia Contemporanea. Barcelona: Elsevier ,2014: 278-311
20. Figura 20. MICROSCOPIA DE LAGUNAS REABSORBIDAS DEL TERCIO MEDIO DE LA RAÍZ.
Obtenido en: Thilander B. Reacciones tisulares en ortodoncia .En: Graber T., Vanarsdall R., Vig K. Ortodoncia. Principios y técnicas actuales.5 edición. Barcelona: Elsevier, 2013.pp 247-286
21. Figura 21. EJEMPLIFICACION DE ANCLAJE FÍSICO AL PALADAR.
Obtenido en: Ortodoncia con microtornillos. Anclaje eficiente. Trinidad Fonollá. Disponible en:
<https://clinicatrinidadfonolla.com/blog/ortodoncia-con-microtornillos/>
22. Figura 22. CORTE HISTOLÓGICO DE UN DIENTE DESPLAZADO A LA IZQUIERDA
Obtenido En: Proffit W.R. , Fields H.W. Ortodoncia Contemporánea.
23. FIGURA 23 CLASIFICACION DE LA REABSORCION RADICULAR.
Obtenido en: Av Odontoestomatol vol.34 no.1 Madrid ene./feb. 2018. Disponible en:
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0213-12852018000100002

24. Figura 24. CAMBIOS MORFOLÓGICOS DEL DIENTE.
Obtenido en: <https://www.monografias.com/trabajos55/fusion-dental/fusion-dental2.shtml>
25. Figura 25. ESTÍMULANTES ELÉCTRICOS EN ORTODONCIA.
Obtenido en: Young Guk Park. Disponible en:
<https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2017/art-23/>
26. Figura 25. APLICACIÓN DE LASER LOCALIZADO EN ORTODONCIA.
Obtenido en: Agerber G. Effects of the infrared laser therapy. Rest Int J. 1999;14:9-15
27. Figura 27. INICIO TRATAMIENTO DE ULTRASONIDO
Obtenido en: Young Guk Park. Disponible en:
<https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2017/art-23/>
- 28 Figura 28. 4 SEMANAS DESPUÉS DEL TRATAMIENTO.
Obtenido en: Young Guk Park. Disponible en:
<https://www.ortodoncia.ws/publicaciones/2017/art-23/>