

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

Colegio de Postgrados

Cambios en el espesor del hueso alveolar en la retracción de dientes anteriores en pacientes con protrusión bimaxilar utilizando arcos de TMA con dobleces en “T”

CONSTANZA MONTES

Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de
Especialista en Ortodoncia

Quito, diciembre de 2007

Universidad San Francisco de Quito
Colegio de Postgrados

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Título de la tesis: Cambios en el espesor del hueso alveolar en la retracción de dientes anteriores en pacientes con protrusión bimaxilar utilizando arcos de TMA con dobleces en “T”

Constanza Montes

Dr. Diego Carrillo

Director de Tesis

Dra. Carolina Dueñas

Miembro del Comité de Tesis

Dr. Carlos Meneses

Miembro del Comité de Tesis

Dr. Eduardo Acevedo

Miembro del Comité de Tesis

Dr. Mauricio Tinajero

Director del Postgrado en

Especialidades Odontológicas

Dr. Enrique Noboa

Decano del Colegio

Ciencias de la Salud

Víctor Viteri Breedy, Ph.D.

Decano del Colegio de Postgrados

Quito, diciembre de 2007

DEDICATORIA

A mi esposo, Daniel, por su invaluable colaboración durante el desarrollo de este posgrado.

A mi hijo, Juan Felipe, por darme la felicidad más grande de la vida.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, por el apoyo incondicional que siempre me brindaron. A Daniel, mi esposo, por su amor, porque siempre me ayudó y me animó a seguir adelante.

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Diego Carrillo, por su colaboración, guía y dirección de esta tesis.

A mis profesores, por saber transmitir y compartir los conocimientos aprendidos durante el desarrollo de este posgrado.

RESUMEN

En casos de pacientes con biprotrusión maxilar, la extracción de los cuatro premolares y la retracción del segmento anterior es una alternativa de tratamiento ampliamente utilizada en ortodoncia, sin embargo, existe controversia sobre los cambios que ocurren en el espesor del hueso alveolar con el movimiento de los dientes.

Se evaluaron 20 pacientes con protrusión dentoalveolar bimaxilar tratados con la extracción de los cuatro primeros premolares utilizando cefalogramas laterales, los cuáles fueron hechos antes y después del tratamiento.

Las medidas de los cefalogramas mostraron que los incisivos maxilares y mandibulares fueron retraídos principalmente por inclinación controlada.

Para los incisivos maxilares fueron medidas las corticales vestibular y lingual, y el espesor total del reborde, para los incisivos mandibulares se evaluó la cortical alveolar vestibular a nivel de la cresta alveolar (S1), a nivel del tercio medio de la raíz (S2), y a nivel apical (S3) para evaluar los cambios en el espesor óseo durante la retracción de los segmentos anteriores.

En el arco mandibular hubo una disminución significativa en el ancho del hueso alveolar vestibular, en el arco maxilar se encontró también una disminución significativa ($P \leq 0.05$) en el ancho del hueso vestibular, lingual y en el espesor total del reborde.

ABSTRACT

In cases of bimaxillary protrusion, extraction of four premolar and retraction of the anterior teeth is a widely used approach. However, there is controversy over whether the changes that occur in the anterior alveolar bone always follow the direction and quantity of tooth movement.

Twenty patients with dentoalveolar bimaxillary protrusion treated by extracting the 4 first premolars were evaluated with lateral cephalograms made before and after of treatment.

The measurements of cephalograms showed that maxillary and mandibular incisors were retracted primarily by controlled tipping of the teeth.

For maxillary incisors were assessed the labial and the lingual alveolar plates and total thickness plate, for mandibular incisors were assessed the labial alveolar plate at crests level (S1), midroot level (S2), and apical level (S3) for bone-thickness changes during retraction of the anterior segments.

In the mandibular arch the labial bone showed a significant decrease in bone thickness ($P \leq 0.05$), in the maxillary arch the labial, lingual bone and total thickness plate diminished meaningfully too.

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN.....	1
2 REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	3
2.1 FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS BÁSICOS EN ORTODONCIA.....	3
2.1.1 Huesos.....	3
2.1.2 Hueso Alveolar.....	4
2.1.3 Dientes.....	4
2.1.4 Periodonto.....	5
2.1.4.1 Alvéolos.....	5
2.1.4.2 Cemento.....	6
2.1.4.3 Ligamento Periodontal.....	6
2.1.4.4 Encía.....	9
2.2 BIOMECÁNICA DEL MOVIMIENTO DENTARIO.....	11
2.2.1 Movimiento fisiológico de los dientes.....	11
2.2.2 Reacciones Tisulares frente a las Fuerzas Ortodónticas.....	12
2.2.3 Movimiento Ortodóntico Dentario.....	13
2.2.3.1 Eliminación y Reconstrucción de las Zonas Hialinizadas.....	15
2.2.4 Respuesta ideal al movimiento Ortodóntico.....	16
2.2.5 Factores que intervienen en la Respuesta Ortodóntica.....	19
2.2.5.1 Magnitud de La fuerza.....	19
2.2.5.1.1 Fuerza nula.....	19
2.2.5.1.2 Fuerzas leves.....	19
2.2.5.1.3 Fuerzas pesadas.....	19
2.2.5.2 Tipos de Movimiento.....	20
2.2.5.2.1 Movimiento continuo.....	20
2.2.5.2.2 Movimiento intermitente.....	21
2.2.5.3 Condiciones anatómicas.....	21
2.2.5.3.1 Volumen radicular.....	21
2.2.5.3.2 Implantación osea.....	22
2.2.5.3.3 Edad del paciente.....	22

2.2.5.3.4 Complejión ósea.....	22
2.2.5.4 Condiciones metabólicas.....	22
2.2.5.4.1 Factores hormonales.....	22
2.2.5.4.2 Factores nutricionales.....	22
2.2.5.4.3 Factores vitamínicos.....	23
2.3 TIPOS DE MOVIMIENTO DENTARIO.....	23
2.3.1 Movimiento de Inclinación.....	23
2.3.1.1 Inclinación incontrolada.....	24
2.3.1.2 Inclinación controlada.....	24
2.3.2 Movimiento de Traslación.....	25
2.3.3 Movimiento de Torque.....	27
2.3.4 Movimiento de Rotación.....	29
2.3.5 Movimiento de Extrusión.....	30
2.3.6 Movimiento de Intrusión.....	31
2.4 PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO ORTODÓNTICO.....	32
2.4.1 Tratamiento con Extracción -vs- sin Extracción.....	32
2.5 FASES DEL TRATAMIENTO ORTODÓNTICO.....	34
2.5.1 Alineación y Nivelación.....	34
2.5.2 Anclaje.....	34
2.5.2.1 Anclaje Dinámico.....	35
2.5.2.2 Anclaje Reforzado.....	35
2.5.2.3 Anclaje preparado.....	35
2.5.2.4 Anclaje Recíproco.....	35
2.5.3 Cierre de Espacios.....	38
2.5.3.1 Consideraciones Biomecánicas generales en el Cierre de Espacios.....	40
2.5.3.2 Determinantes del Cierre de Espacio.....	43
2.5.3.3 Retracción de Caninos.....	44
2.5.3.4 Retracción en Masa.....	45
2.5.3.5 Mecánica de Deslizamiento.....	46
2.5.3.6 Anclas de Cierre.....	47
2.5.3.6.1 Sistema de fuerza de Activación del Ansa.....	48

2.5.3.6.2 Tipos de ansas.....	49
2.5.4 Finalización y Contención.....	55
2.6 ALAMBRES DE USO EN ORTODONCIA.....	55
2.6.1 Propiedades Deseables.....	55
2.6.1.1 Límite proporcional.....	56
2.6.1.2 Límite Elástico.....	56
2.6.1.3 Resistencia a la fluencia.....	56
2.6.1.4 Elasticidad.....	56
2.6.1.5 Rigidez.....	56
2.6.1.6 Módulo de Young.....	56
2.6.1.7 Resiliencia.....	57
2.6.1.8 Moldeabilidad o Formabilidad.....	57
2.6.1.9 Deflexión.....	57
2.6.1.10 Rango o Amplitud de Trabajo.....	57
2.6.1.11 Resistencia a la corrosión.....	57
2.6.2 Aleaciones.....	58
2.6.2.1 Alambres de Aleación de Oro.....	58
2.6.2.2 Alambres de acero inoxidable.....	58
2.6.2.3 Alambres de Cobalto-Cromo-Níquel.....	59
2.6.2.4 Alambres de Beta-Titanio.....	60
2.6.2.5 Alambres de Níquel-Titanio.....	61
3 OBJETIVOS.....	64
3.1 objetivo general.....	64
3.2 objetivos específicos.....	64
4 HIPÓTESIS.....	65
5 MATERIALES Y MÉTODOS.....	65
5.1 Criterios de Inclusión.....	65
5.2 Criterios de Exclusión.....	66
6 RESULTADOS.....	71

7 DISCUSION.....	81
8 CONCLUSIONES.....	86
9 RECOMENDACIONES.....	88
ANEXOS.....	89
BIBLIOGRAFIA.....	93

LISTA DE FIGURAS

Fig.1.Esquema del ligamento alveolodentario.....	5
Fig.2.Relaciones esmalte-cemento.....	6.
Fig.3.Haces de fibras del Ligamento Periodontal.....	8
Fig.4.División anatómica de la encía.....	9
Fig.5.Componentes de la encía.....	10
Fig.6.Capas óseas recién calcificadas.....	11
Fig.7.Esquema del movimiento funcional del diente.....	13
Fig.8.Resorción ósea directa.....	14
Fig.9.Periodo inicial y secundario del movimiento dentario.....	14
Fig.10.Secuencia de eventos después de la aplicación de una fuerza ortodóntica.....	17
Fig.11.El osteoclasto.....	18
Fig.12.Esquema de la magnitud de la fuerza.....	19
Fig.13.Gráfico de la diferencia entre fuerzas leves y pesadas.....	20
Fig.14.Gráfico de la relación entre la fuerza continua y el tiempo.....	20
Fig.15.Gráfico de la relación entre la fuerza intermitente y el tiempo.....	21
Fig.16.a. Superficies radiculares de los dientes superiores. b. Superficies radiculares de los dientes inferiores.....	21
Fig.17.Inclinación incontrolada. El diente gira alrededor de su centro de resistencia...	23
Fig.18.Inclinación incontrolada.....	24
Fig.19.Inclinación controlada.....	25

Fig.20.Resorción ósea por inclinación incontrolada.	25
Fig.21.Traslación.....	26
Fig.22.Cupla.....	27
Fig.23.Resorción ósea en un movimiento de traslación.....	27
Fig.24.Movimiento de Torque.....	28
Fig.25.Verticalización de la raíz del canino luego del cierre de espacios.....	28
Fig.26.Movimiento de Rotación.....	29
Fig.27.Movimiento de extrusión.....	31
Fig.28.Representación del anclaje recíproco.....	35
Fig.29.Preparación de anclaje superior e inferior.....	36
Fig.30.Botón de Nance fijo.....	37
Fig.31.Ulcera ocasionada por la utilización del botón de Nance.....	38
Fig.32.Clasificación del Anclaje.....	39
Fig.33.Componentes del sistema de fuerzas para el cierre de espacios.....	41
Fig.34.Sistema de fuerzas para el cierre de espacios del grupo A.....	41
Fig.35.Sistema de fuerzas para el cierre de espacios del grupo B.....	42
Fig.36.Sistema de fuerzas para el cierre de espacios del grupo C.....	42
Fig.37.Asa T segmentaria en TMA 0,017x0,025.....	45
Fig.38.Asas en T en alambre continuo para el cierre de espacios.....	46
Fig.39.Sistema de fuerza medida en una Asa.....	49

Fig.40.Ansas Horizontales dobles.....	50
Fig.41.Ansas en forma de caja.....	50
Fig.42.Ansa en forma de L.....	50
Fig.43.Ansa Vertical.....	51
Fig.44.Ansa combinada vertical y horizontal.....	51
Fig.45.Ansa con topes.....	51
Fig.46.Ansa Omega.....	52
Fig.47.Ansa de Torque.....	52
Fig.48.Ansa horizontal en T.....	53
Fig.49.Dimensiones de los dobleces del ansa sin preactivación.....	53
Fig.50.Arco segmentario con ansas.....	55
Fig.51.Curva Tensión-deformación de Acero inoxidable y Níquel Titanio.....	59
Fig.52.Curva carga/deflexión comparativa del acero inoxidable y del Titanio/molibdeno.....	60
Fig.53.Curva Tensión/deformación de Acero inoxidable, Ni Ti y Ni Ti súper elásticos.....	62
Fig.54.Localización del espesor óseo medido antes y después de la retracción.....	68
Fig.55.Medidas que relacionan los cambios horizontales y verticales de los incisivos.....	68
Fig.56.Gráfica de los promedios de los cambios angulares para los dientes anteriores maxilares antes y después de la retracción.....	72

Fig.57.Gráfica de los promedios de los cambios lineales para los dientes anteriores maxilares antes y después de la retracción.....	72
Fig.58.Gráfica de los promedios de los cambios angulares para los dientes anteriores mandibulares antes y después de la retracción.....	73
Fig.59.Gráfica de los promedios de los cambios lineales para los dientes anteriores mandibulares antes y después de la retracción.....	73
Fig.60.Gráfica de los promedios de los cambios en el espesor del hueso alveolar vestibular antes y después de la retracción de los dientes del maxilar.....	74
Fig.61.Gráfica de los promedios de los cambios en el espesor del hueso alveolar lingual antes y después de la retracción de los dientes del maxilar.....	75
Fig.62.Gráfica de los promedios de los cambios en el espesor del reborde alveolar total antes y después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.....	75
Fig.63.Gráfica de los promedios de los cambios en el espesor del hueso alveolar vestibular antes y después de la retracción de los dientes anteriores mandibulares.....	76
Fig.64.Gráfica de los promedios totales del movimiento total de retracción de los dientes anteriores maxilares.....	76
Fig.65.Gráfica de los promedios totales del movimiento total de retracción de los dientes anteriores mandibulares.....	77
Fig.66.Gráfica de los promedios totales del espesor oseo maxilar-vestibular después del tratamiento.....	77
Fig.67.Gráfica de los promedios totales del espesor oseo maxilar-lingual después del tratamiento.....	78
Fig.68.Gráfica de los promedios total del reborde oseo después del tratamiento.....	78
Fig.69.Gráfica de los promedios totales del espesor oseo vestibular de los dientes anteriores mandibulares.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla.I.Valores promedio medidos en las cefalometrías para los dientes anteriores maxilares antes y después de la retracción.....	72
Tabla.II.Valores promedio medidos en las cefalometrías para los dientes anteriores mandibulares antes y después de la retracción.....	73
Tabla.III.Comparación de los valores promedio del espesor del hueso alveolar vestibular medidos en las radiografías laterales de cráneo antes y después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.	74
Tabla.IV.Comparación de los valores promedio del espesor del hueso alveolar lingual medidos en las radiografías laterales de cráneo antes y después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.	75
Tabla.V.Comparación de los valores promedio del espesor total del reborde medidos en las radiografías laterales de cráneo antes y después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.	75
Tabla.VI.Comparación de los valores promedio del espesor del hueso alveolar vestibular medidos en las radiografías laterales de cráneo antes y después de la retracción de los dientes anteriores mandibulares.	76
Tabla.VII.Valores de los promedios del movimiento total de retracción de los dientes anteriores maxilares.....	76
Tabla.VIII.Valores de los promedios del movimiento total de retracción de los dientes anteriores mandibulares.....	77
Tabla.IX.Valores de los promedios totales del espesor óseo vestibular después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.....	77
Tabla.X.Valores de los promedios totales del espesor oseo lingual después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.....	78

Tabla.XI.Valores de los promedios totales del espesor total del reborde después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.....	78
Tabla.XII.Valores de los promedios totales del espesor óseo vestibular después de la retracción de los dientes anteriores mandibulares.....	79
Tabla.XIII.Valores de los coeficientes de correlación entre el movimiento y el espesor óseo antes y después de la retracción en los dientes anteriores maxilares.....	79
Tabla.XIV.Valores de los coeficientes de correlación entre el movimiento y espesor del reborde total de los dientes anteriores maxilares.....	80
Tabla.XV.Valores de los coeficientes de correlación entre el movimiento y espesor óseo vestibular total de los dientes anteriores mandibulares.....	80

1. INTRODUCCIÓN

Una de las mayores metas en el tratamiento ortodóntico es lograr estabilidad a largo termino de la oclusión postratamiento.⁽⁴¹⁾ La estabilidad de los dientes alineados es variable y grandemente impredecible. Esta variabilidad puede deberse a la severidad y tipo de maloclusión, objetivos de tratamiento, cooperación del paciente, crecimiento, adaptabilidad de los tejidos duros y blandos, plan de tratamiento, resultados obtenidos y capacidad del ortodoncista.^(3,41)

El perfil de tejido blando de los pacientes que presentan biprotrusión maxilar puede no considerarse estéticamente agradable. Estos pacientes tienen vestibularización dentoalveolar de los dientes anteriores maxilares y mandibulares, con la resultante protrusión de los labios y la convexidad de la cara.^(43,115)

Para reducir la convexidad facial y permitir retraer los dientes anteriores a una posición agradable y posiblemente más estable, el tratamiento de elección incluye la extracción de los cuatro primeros premolares.^(9,43)

La extracción de premolares permite también alinear dientes apiñados y se considera un tratamiento común en pacientes con arcos apiñados.⁽⁴¹⁾

La protrusión y posición final de los incisivos mandibulares puede influenciar la estabilidad del tratamiento ortodóntico. La posición pretratamiento de los incisivos mandibulares es la mejor guía para su posición labiolingual de estabilidad.^(59,117,118)

Nance⁽⁹⁰⁾ afirmó que la vestibularización de los incisivos mandibulares nunca es una técnica exitosa de tratamiento.

Brodie⁽¹⁷⁾ estudió pacientes ortodónticos de no extracción, y Cole⁽³⁰⁾ estudió pacientes de extracción; ambos concluyeron que la inclinación axial de los dientes alterada por el tratamiento ortodóntico tiende a retornar a las condiciones pretratamiento.

Se considera que se logra una estabilidad óptima cuando los incisivos están posicionados en la porción medular del hueso alveolar y en adecuado balance con la musculatura lingual

y labial. El posicionamiento de los incisivos verticalizados en el hueso basal mejora el soporte alrededor de la raíz de cada incisivo y conduce a mejorar las condiciones periodontales.⁽⁹⁾

El tratamiento de la protrusión bimaxilar consiste en la extracción de los cuatro primeros premolares y retracción de los dientes anteriores con mecánicas de máximo anclaje.

El anclaje máximo de los dientes posteriores permite a los dientes anteriores ser retraídos en una mayor extensión.^(41,64)

Puede ser necesaria una excesiva retracción lingual de incisivos para lograr los objetivos del tratamiento, y la extensión en la remodelación del hueso alveolar que ocurre en respuesta a este tipo de movimiento puede variar en cada paciente.

Cuando el área de movimiento es limitada, una fuerza excesiva causará que el diente toque el plato cortical del alvéolo, conduciendo a la reabsorción del hueso cortical y a la exposición de la raíz.⁽¹¹⁵⁾ El mover los incisivos de esta forma puede llevar a pérdida del hueso alveolar, y aún existen desacuerdos acerca de si la capacidad de remodelación del hueso alveolar puede compensar la pérdida ósea en un caso dado.

Muchos investigadores sugieren que un excesivo movimiento lingual de los incisivos maxilares y mandibulares debe evitarse para prevenir daño irreversible a la corteza lingual, lo cual llevaría al diente a tener un menor soporte óseo.^(33,46) Hallazgos de autopsias han mostrado que la dehiscencia y fenestración también ocurre en quienes no han sufrido retracción dental.⁽⁴³⁾

El propósito de esta investigación es evaluar los cambios que ocurren en el espesor del hueso alveolar como resultado de la retracción de incisivos maxilares y mandibulares en pacientes con protrusión bimaxilar. Las evaluaciones fueron realizadas usando cefalogramas laterales.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 FUNDAMENTOS BIOLÓGICOS BÁSICOS EN ORTODONCIA

El aparato masticatorio como un todo esta formado por unidades funcionales representadas por los huesos, dientes, periodonto, articulación temporomandibular , músculos, involucrando movimientos mandibulares, sistema labio-linguo-geniano, mecanismos neuromusculares y nutritivos. ^(44,46)

El maxilar y la mandíbula son los principales componentes óseos del aparato masticatorio alojando a los dientes. Desde el punto de vista funcional , todo el esqueleto craneofacial participa de las actividades que se desarrollan en este aparato y su arquitectura básica satisface las demandas de la actividad funcional que se presentan. ⁽⁸⁵⁾

2.1.1 Huesos

Mientras que la mayoría de los tejidos orgánicos crecen por multiplicación celular, ocupando las nuevas células de los espacios entre las demás, en el tejido óseo, por su propia naturaleza, este tipo de crecimiento es impracticable, El hueso crece por aposición de nuevas capas sobre las ya existentes. Hay una constante aposición y resorción ósea en el ciclo biológico vital, predominando la primera en el joven y la segunda en el viejo. Debido al proceso de remodelación, las piezas óseas se edifican y alteran su arquitectura constantemente. ^(44,45,46.)

La arquitectura ósea en general y la craneofacial en particular esta condicionada a múltiples factores: su origen del tejido conjuntivo, su manera de crecer, su propio tipo de osificación, ya sea membranoso o endocondral, así como su topografía. ⁽⁴⁴⁾

El estudio de la disposición del trabeculado óseo en el esqueleto facial realizada por Benninghoff, Sicher y Tandler, Machado de Sousa y otros⁽⁴⁶⁾, dejó establecido que el hueso

esponjoso se organiza de tal forma que resiste mejor el esfuerzo masticatorio, y que las modificaciones de éste se traducen en alteraciones no solamente en la disposición de las trayectorias óseas, sino de la propia cortical. Cuando se aplican fuerzas mecánicas sobre los dientes, inicialmente ocurren bajo la forma de fuerzas de presión, sin embargo, como el hueso no soporta este tipo de carga reaccionaría reabsorbiéndose, la naturaleza transforma, a través del ligamento periodontal la fuerza de presión en fuerza de tracción. A esta el hueso reacciona bien y difunde, a través del trabeculado óseo, a las estructuras craneofaciales el esfuerzo masticatorio.^(1,13)

Sicher⁽⁴⁶⁾ denominó trayectorias a los haces ordenados de trabéculas óseas en la intimidad de la mandíbula y de pilares encontrados en los maxilares.

2.1.2 Hueso Alveolar

El hueso alveolar puede dividirse en dos partes: porción fasciculada (lámina dura), que reviste la superficie interna del alvéolo y recibe la inserción del ligamento alveolodentario. Bajo esta pared se sitúa la porción lamelar (hueso esponjoso), en la que la dirección de su trabeculado está adaptada a las fuerzas de presión y tracción que se manifiestan sobre los dientes, y que son transmitidas por el ligamento periodontal.^(10,18,45)

En el hueso alveolar del adulto, se pueden encontrar amplios espacios medulares, especialmente en la región apical del lado lingual de los dientes. Las paredes óseas de la región marginal y media a menudo son muy densas, con pocos espacios medulares⁽¹⁰⁵⁾. En esta última zona es donde ocurrirán los cambios óseos cuando se inicie el movimiento dentario. La falta de espacios medulares implica que la resorción ósea tomará más tiempo.
^(105,106)

2.1.3 Dientes

Son definidos como órganos o masas duras de tejidos calcificados, de coloración blanquecina, situados en la cavidad bucal y puestos sobre los maxilares donde se disponen en filas. Formados por tejidos mineralizados y altamente especializados, se componen de dentina que por su superficie interna se relaciona con la pulpa, órgano que otorga sensibilidad, nutrición y formación^(8,89); mientras que externamente, es revestida por el

esmalte de la corona, y por el cemento en la raíz que se incrusta en la cavidad alveolar ósea, donde se fija a través del ligamento periodontal.⁽⁴⁵⁾

2.1.4 Periodonto

Las estructuras de soporte del diente que constituyen el periodonto son: el cemento, la membrana periodontal (ligamento o membrana alveolodentaria), la encía y el proceso alveolar como se muestra en la figura (Fig.1.).La encía se constituye en el periodonto de protección, mientras que los demás elementos en el periodonto de inserción.^(45,46,55)

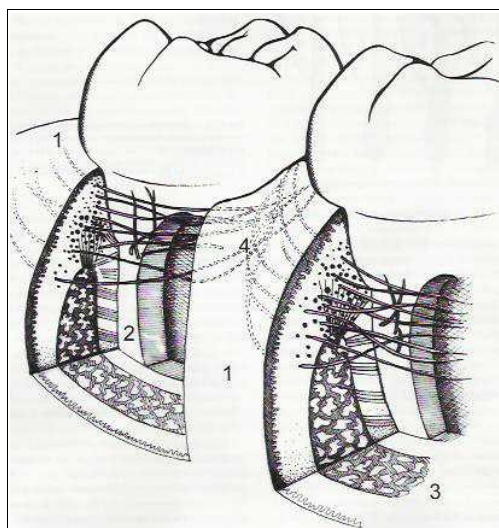


Fig.1.-- Esquema del ligamento alveolodentario mostrando: 1 encía; 2 cemento; 3 hueso alveolar; diferentes haces de fibras del ligamento⁽⁴⁶⁾.

2.1.4.1 Alvéolos

Los alvéolos son excavaciones más o menos profundas, destinados a contener la mayor parte de la raíz dentaria, se remodelan sobre las raíces reproduciendo la forma normal o no. Al conjunto de los alvéolos de cada arco dentario con sus respectivas paredes óseas (lámina dura), se denomina proceso (apófisis) alveolar.⁽⁴⁴⁾ El alvéolo, y el proceso alveolar, es en función del diente: nace y vive con él, desapareciendo después de su caída. En estos casos, debido al proceso de resorción ósea, surge en el lugar del alvéolo una cresta o reborde considerado residual.^(36,45)

2.1.4.2 Cemento

El cemento, de origen mesenquimal, recubre la porción radicular del diente, su función es servir de punto de fijación para las fibras ligamentosas, propiciando a través del crecimiento, una compensación al desgaste oclusal (abrasión dentaria), permitiendo al nuevo arreglo de las principales fibras del ligamento periodontal.^(10,45)

Choquet describió 4 casos concernientes a las relaciones del cemento con el esmalte: En la primera relación, el esmalte y el cemento se encuentran borde a borde. En el segundo y tercer caso, el esmalte cubre el cemento y es recubierto por cemento respectivamente. En el cuarto, el esmalte y el cemento dejan entre sí un espacio más o menos amplio, en un nivel en el que la dentina se encuentra expuesta ⁽⁴⁶⁾, como se observa en la figura. (Fig.2.).

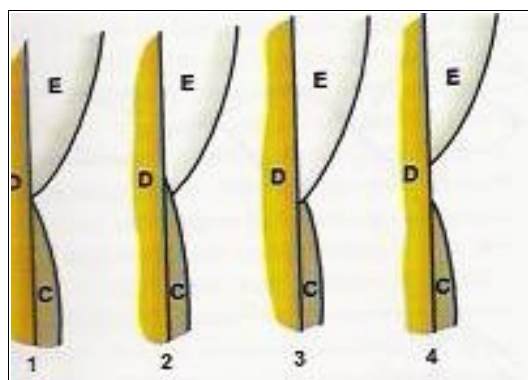


Fig.2.-- Relaciones esmalte-cemento, según Choquet. 1 el esmalte y el cemento se encuentran; 2 el esmalte cubre el cemento; 3 el esmalte es recubierto por el cemento; 4 hay un espacio entre el esmalte y el cemento, dejando descubierta la dentina.⁽⁴⁶⁾ E esmalte; C cemento; D dentina.⁽⁴⁶⁾

El cemento es una variedad de tejido óseo, cuyo espesor es variable (80 a 100 micras), presenta mayor condensación en los puntos donde el diente está sujeto a mayores presiones (ápice) adelgazándose en el cuello. Está constituido por una sustancia fundamental y por células -cementocitos- muy semejantes a los osteocitos, estructuralmente se identifican dos clases de cemento: cemento celular, encontrado normalmente en la superficie de la dentina y cemento acelular, el cual puede recubrir la dentina radicular desde la unión cemento-esmalte hasta el ápice.^(10,45,46)

2.1.4.3 Ligamento Periodontal

El reducido espacio (0.25mm) que existe entre la raíz dentaria y la lámina dura del alvéolo es ocupado por un tejido de naturaleza conjuntiva, derivado del saco dentario (origen

mesenquimal). Se trata de un tejido conjuntivo fibroso denso cuya finalidad es mantener el diente en su alvéolo, garantizándole fijación y también cierta movilidad pasiva por acción de las fuerzas masticatorias. La mejor denominación para este tejido es, ligamento periodontal, siendo también conocida como membrana alvéolodentaria, tejido peridental o periodontal.^(10,45)

Dentro del ligamento periodontal se encuentran otras estructuras tales como: fibras, células, restos epiteliales, vasos sanguíneos, filetes nerviosos⁽⁸⁾ y espacios linfáticos. Las fibras colágenas son las más numerosas e importantes, se agrupan en haces que se disponen de la raíz al alvéolo, sostienen al diente y obedecen a las fuerzas de presión y tracción que se ejercen sobre la pieza dentaria.⁽⁶⁾

Se describen en el periodonto los siguientes haces de fibras principales: dentro del periodonto de protección están las fibras dentogingivales, dentoperiostales, transeptales, alvéologingivales y circulares y dentro de las fibras del periodonto de sustentación se encuentran: las fibras Horizontales, oblicuas y apicales.^(6,45,46)

Los grupos de haces de fibras periodontales constituyen el principal medio de unión del diente. Las fibras de estos haces, insertándose en el cemento, cruzan el espacio alveolodentario para fijarse en la pared alveolar, con implantación a la manera de fibras de Sharpey.⁽⁶⁾

A partir del cemento, las fibras pueden asumir diferentes direcciones, horizontal, oblicua y apical, confiriendo a los haces sus respectivas denominaciones. Se observa que, en el último grupo, las fibras apicales se fijan en la proximidad del foramen apical y de ahí se dirigen al hueso alveolar, limitando un espacio conocido con el nombre de espacio apical de Black o cojín mucoso apical,^(6,46) como se indica en la figura (Fig.3.).

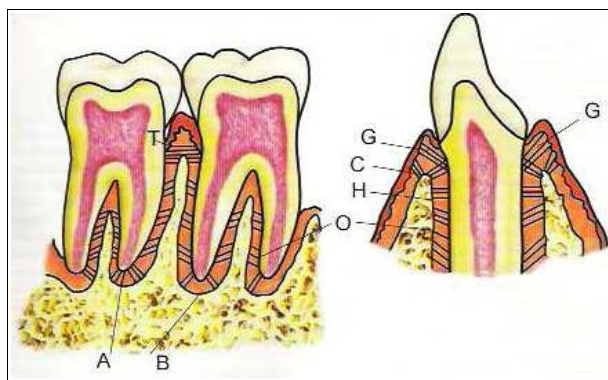


Fig.3.-- Diferentes haces de fibras de ligamento periodontal. En G está representado el grupo gingival; en T los haces transeptales; en C los de la cresta alveolar; en H los horizontales; en O los oblicuos; en A los apicales; y en B el espacio apical de Black.⁽⁴⁶⁾

Muchas de las fibras principales tienen una disposición oblicua que tiende a resistir la presión durante la masticación. En la región marginal algunas fibras están insertadas en la cresta del hueso alveolar. Además, las fibras gingivales libres del tejido supraalveolar constituyen un grupo independiente. En condiciones especiales el deterioro gradual de algunos de estos haces de fibras pueden llevar a una migración patológica del diente.^(45,51)

Las fibras y los haces de fibras del ligamento periodontal consisten en paquetes de fibrillas densamente agrupadas, de longitud indefinida incluidas en una sustancia fundamental.^(6,38)

La disposición de cada una de las fibras y de ellas en conjunto, garantiza una cierta elasticidad a este tipo de tejido fibroso, aunque ahí no exista fibra elástica. De hecho, las fibras se disponen en sus haces formando espirales alargadas o como cuerdas, capaces de ceder a las fuerzas de presión que actúan sobre el diente, aunque retornando a su estado primitivo cuando cesa la fuerza actuante.^(26,27)

En situaciones fisiológicas la renovación del colágeno en el tejido periodontal es mucho mayor que en muchos otros tejidos conectivos, se ha demostrado en ratas que la renovación del colágeno en el ligamento periodontal es aproximadamente cuatro veces mayor que en la piel y el doble que en la encía ^(104,129).

Esta mayor renovación, de acuerdo a estudios realizados por Sodek, ha sido atribuida al hecho de que las fuerzas en el ligamento periodontal son multidireccionales, con componentes verticales y horizontales.^(51.) Las fuerzas funcionales pueden inducir un microtrauma, del cual se sabe, que involucra una renovación rápida del colágeno en la reparación del tejido conjuntivo.^(104,106)

2.1.4.4 Encía

La mucosa alveolar de un lado y la palatina o lingual del otro se continúan a nivel del borde libre de cada maxilar, contorneando la base de la corona dentaria, insertándose firmemente en el periostio del hueso alveolar, constituyéndose en la encía o periodonto de inserción. ⁽⁴⁵⁾ Se le define como la parte de la mucosa bucal que cubre los arcos alveolares, en los que están implantados los dientes, el surco gingivolabial es la designación dada al área de reflexión de la mucosa en las partes superior e inferior del vestíbulo bucal. ⁽⁴⁶⁾

En la región vestibular la encía esta limitada en la maxila y la mandíbula, por la unión mucogingival que la separa de la mucosa alveolar. La mucosa alveolar es de color rojo y presenta numerosos vasos pequeños junto a la superficie. ^(10,45)

Bajo el punto de vista anatómico se puede dividir a la encía en libre (papilar, marginal) y adherida, ⁽⁵⁵⁾ como se observa en la figura. (Fig.4.). La encía adherida se caracteriza por presentar altas papilas de tejido conjuntivo, que elevan el epitelio por lo que la superficie aparece granulada. El granulado es una expresión de adaptación funcional a impactos mecánicos. La desaparición de este granulado es señal de edema, evidenciando que la encía adherida fue envuelta en un proceso patológico en evolución. ⁽¹³⁾

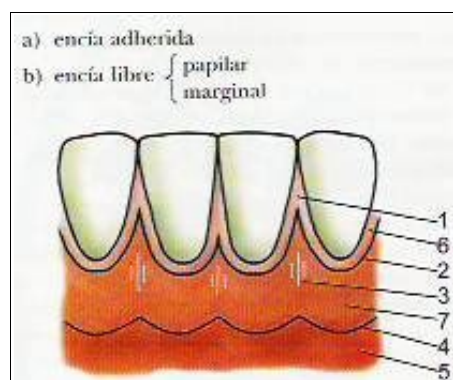


Fig.4.-- Esquema de los constituyentes de la encía. 1 encía papilar; 2 surco marginal; 3 pliegues interdientales; 4 unión mucogingival; 5 mucosa alveolar; 6 encía libre; 7 encía adherida ⁽⁴⁶⁾.

Según Bowers, la función de la encía adherida es mantener firmemente unidos los tejidos gingivales al diente y al hueso alveolar subyacente confiriendo rigidez y resistencia biomecánica, logrando esto, mediante un sistema de haces de fibras supraalveolares contenidos dentro de su tejido conectivo, que a su vez controla la posición de los dientes en la arcada. ⁽⁴⁵⁾

El ancho de la encía adherida varía según las personas y las diferentes piezas dentarias . Su presencia en espesores mínimos implica una situación de riesgo ante el acúmulo de placa bacteriana, y su ausencia facilitaría la penetración bacteriana en el interior de los tejidos, de ahí la importancia de su diagnóstico antes de realizar cualquier movimiento dentario para prevenir recesiones gingivales.⁽⁵⁵⁾

Dentro de la encía libre, se encuentra la encía marginal, siguiendo la forma sinuosa de los cuellos dentarios y separada de la encía adherida por un entalle poco profundo en forma de V que corre paralela al margen de la encía (surco marginal) a una distancia de 0.5 y 1.5 mm,^(49,55) como se muestra en la figura (Fig.5.).

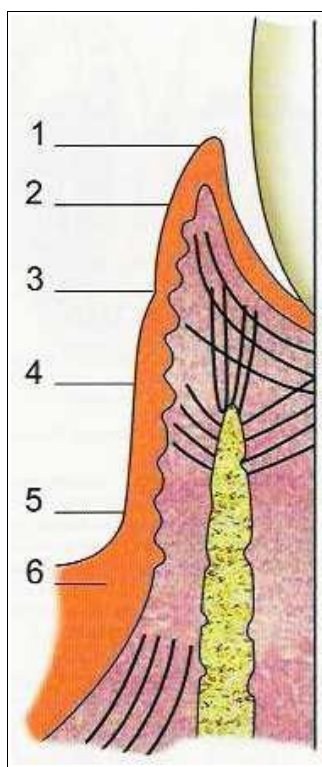


Fig.5.-- Esquema evidenciando: 1 margen gingival; 2 encía libre; 3 surco marginal; 4 encía adherida; 5 unión mucogingival; 6 mucosa alveolar⁽⁴⁶⁾.

La encía papilar, es la porción de la encía que llena el espacio entre dos dientes adyacentes (espacio interdental). Tiene la forma de una pirámide de vértice afilado en los dientes anteriores, y vértice truncado en los dientes posteriores⁽⁴⁶⁾.

El fondo del surco se encuentra donde el epitelio de unión (inicialmente epitelio reducido del esmalte) se separa de la superficie del diente. Un surco sano mide clínicamente de 1 a 2mm en caras libres y de 2 a 4mm en caras proximales y no debe presentar hemorragia.⁽⁵⁵⁾

2.2 BIOMECÁNICA DEL MOVIMIENTO DENTARIO

2.2.1 Movimiento Fisiológico de los Dientes

El movimiento fisiológico de los dientes puede definirse como la ligera inclinación de los dientes funcionando dentro de sus alvéolos, y, secundariamente, los cambios en la posición dentaria que ocurren en personas jóvenes durante la erupción dentaria y después de ella. Los cambios menores de la posición dentaria que se observan en niños en crecimiento y en adultos habitualmente se denominan migración dentaria.⁽⁵¹⁾

En las personas jóvenes y adultas la migración dentaria siempre está relacionada con cambios tisulares definidos y fáciles de observar en los cortes histológicos.^(51,79) El nuevo tejido depositado durante la migración dentaria representa varios estadios de calcificación. La formación ósea pasa siempre por tres etapas: osteoide, hueso fasciculado y hueso laminar.^(79,83)

El osteoide, que es producto de los osteoblastos, se encuentra en todas las superficies óseas donde se deposita hueso nuevo. Este no es rápidamente absorbido por los osteoclastos, a diferencia del hueso calcificado. El tejido recién calcificado, así como aquel de existencia más prolongada, se denomina hueso fasciculado. Durante el ciclo vital del hueso fasciculado se le incorporan células y fibras. Cuando ha llegado a cierto espesor y madurez, partes del hueso fasciculado se reorganizan para formar el hueso laminado, con fibrillas más finas en su matriz.⁽⁷⁹⁾

Esta secuencia de acontecimientos, es en principio, la misma de la formación de hueso después del movimiento ortodóntico del diente, como lo indica la figura (Fig.6.).

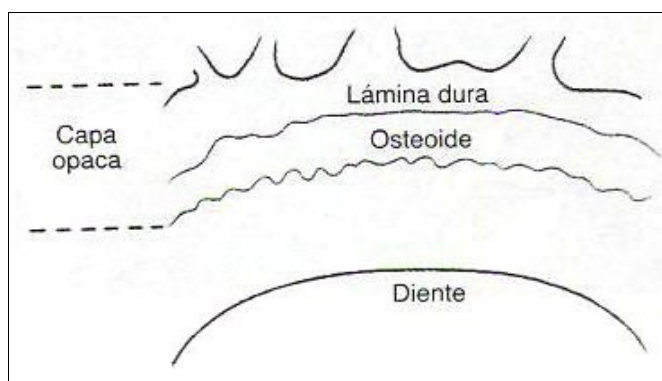


Fig.6.-- Las capas óseas recién calcificadas. Su presencia indica movimiento del diente adyacente.⁽⁵¹⁾

La reacción hística que se produce durante el movimiento fisiológico de los dientes en una función normal de las estructuras de sostén, fue señalada por primera vez por Weiman y Stein ⁽⁵¹⁾, quienes junto con el estudio realizado con implantes de Bjork observaron que los molares de adultos especialmente los superiores migran gradualmente en dirección mesial, lo que se corresponde en mayor o menor grado con el desgaste de las superficies de contacto. En el arco inferior se pudo observar variaciones, en las que con poca frecuencia los molares inferiores migraron más o menos en dirección distal durante la erupción. ^(17,79)

Cuando los dientes en erupción migran en dirección lingual, la resorción ósea prevalecerá del lado lingual y la aposición del hueso por labial. Sin embargo, la resorción del hueso puede ser observada en áreas circunscritas aún si el diente erupciona verticalmente. Esto se debe en parte a las variaciones anatómicas. ⁽¹⁷⁾

2.2.2 Reacciones Tisulares frente a las Fuerzas Ortodónticas

Como ya se ha mencionado los dientes humanos están unidos a los maxilares por medio de la articulación alveolodentaria. Esta unión se realiza por el periodonto de inserción, el cual ejerce importante papel en la estabilización del diente durante los esfuerzos funcionales, así: ⁽⁴⁶⁾

Cuando la fuerza es aplicada sobre el diente, éste se disloca en el interior del espacio alveolar, lo que provoca el estiramiento de algunas fibras periodontales y la compresión de otras. ^(1,6)

Simultáneamente el líquido que llena el espacio entre las fibras también se comprime contra las paredes óseas y como su drenaje hacia fuera del alvéolo es lento, el líquido ejerce una resistencia hidráulica al movimiento dentario. Las fibras periodontales y el líquido intersticial actúan en conjunto, contraponiéndose a las cargas aplicadas sobre el diente y haciéndolo volver a la posición original ⁽²⁷⁾, como aquella que ilustra la figura (Fig. 7.). Este proceso ocurrirá siempre que el periodo de aplicación de la fuerza sea de corta duración, por eso no resultará en movimiento dentario. ⁽⁴⁶⁾

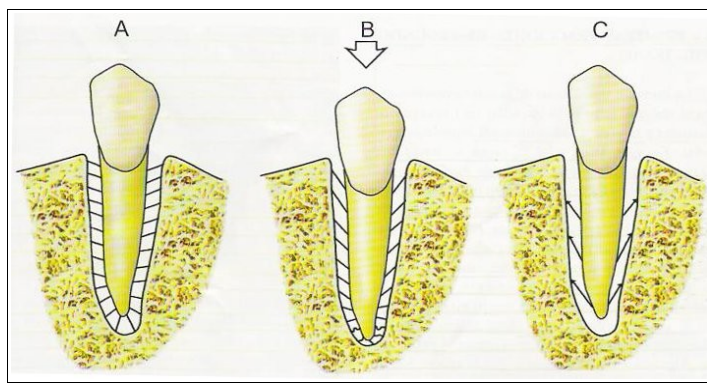


Fig.7.-- Esquema ilustrativo del papel del periodonto de inserción durante la acción de cargas fisiológicas sobre el diente. En A el diente se encuentra en reposo y las fibras periodontales presentan tonus normal. Bajo la acción de una fuerza de intrusión, que generalmente dura menos de un segundo (B), las fibras periodontales periféricas se distienden, mientras que las apicales se comprimen. La acción elástica de las fibras del ligamento unida a la presión hidráulica generada por el líquido intersticial, vuelven el diente a la posición inicial, mientras la carga es retirada (C)⁽⁴⁶⁾.

2.2.3 Movimiento Ortodóntico Dentario

No ocurre gran diferencia entre las reacciones hísticas observadas en el movimiento dentario fisiológico y las observadas en el movimiento ortodóntico. Sin embargo, como los dientes se mueven más rápidamente durante el tratamiento, los cambios tisulares generados por las fuerzas ortodónticas son más marcados y extensos. Esta diferencia también se refleja en el mayor tiempo requerido para iniciar la formación ósea en áreas previamente reabsorbidas por la aplicación de fuerzas ortodónticas.^(1,51)

Se necesita un período de 4 a 5 días antes de que una fuerza de tracción pueda desencadenar la formación de hueso en áreas previamente reabsorbidas durante el movimiento dentario fisiológico. Si la resorción ósea preexistente ha sido causada por fuerzas ortodónticas, pasarán de 8 a 10 días, y en ocasiones más, antes de que un movimiento invertido transforme todos los cambios resortivos en formación de hueso. Esto demuestra que existe alguna diferencia, en cierto modo, entre los cambios tisulares fisiológicos y ortodónticos^(104,105).

Se ha supuesto que la aplicación de fuerzas ortodónticas ligeras resultará en una resorción directa de hueso sobre el lado de presión.^(96,97) Esto implica que los osteoclastos se forman directamente sobre la superficie ósea en el área correspondiente a las fibras comprimidas, si se desea obtener esta reacción, las fibras periodontales deben ser comprimidas sólo en cierto grado y no se debe causar hialinización,⁽³⁸⁾ tal y como se ilustra en la figura (Fig. 8.).

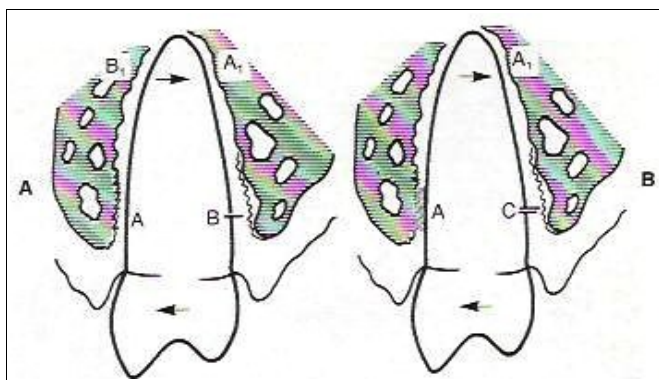


Fig.8.-- A. Inclinación con resorción ósea directa en A y formación de osteoide en B. B. En la mayor parte de los casos el movimiento dentario se inicia mediante la formación de un área acelular en A y osteoide nuevo formado en C. A1 y B1 representan los lados correspondientes de presión y tensión en la zona apical⁽⁵¹⁾.

Si la duración del movimiento se divide en un periodo inicial y otro secundario, la resorción ósea directa, llamada también frontal, se encuentra especialmente en el período secundario, cuando el tejido hialinizado ha desaparecido, después de resorción ósea socavante,⁽⁵¹⁾ como ilustra el gráfico (Fig 9.).

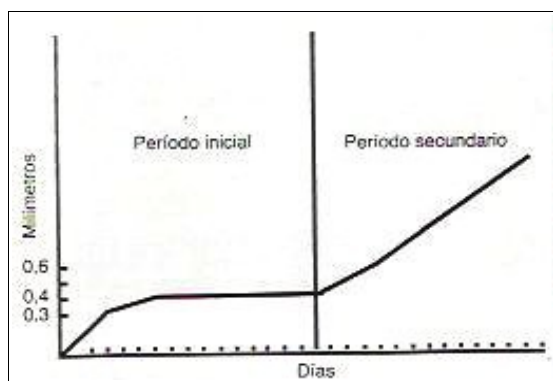


Fig.9.-- Grado de movimiento dentario antes y después de la hialinización. El movimiento dentario después de la hialinización se denomina periodo secundario⁽⁵¹⁾.

El ligamento periodontal es de escaso espesor (0,25mm o menos), obviamente sus fibras serán comprimidas entre la raíz y la superficie ósea. La compresión de las fibras periodontales hasta que queden desprovistas de células resulta en la detención del diente movido. El diente no se moverá nuevamente hasta que el hueso subyacente al tejido hialinizado haya sido removido por la resorción socavante desde atrás y especialmente desde los espacios medulares. Como la duración de esta resorción es proporcional a la extensión de la zona hialinizada es importante aplicar las fuerzas iniciales de modo que se evite la formación de zonas acelulares demasiado amplias.^(73,124)

En la descripción de los cambios tisulares del movimiento del diente por fuerzas excesivas se han usado los términos tejido necrótico hialinizado y hueso alveolar necrótico, como lo describe Reitan en sus estudios⁽⁵¹⁾

Algunos investigadores han informado que la necrosis del hueso alveolar es un hallazgo casi incidental.⁽⁷⁵⁾ Es verdad que las células y los capilares desaparecen: pero, según la magnitud de la fuerza, habrá diferentes grados de hialinización, las zonas hialinizadas generadas por las fuerzas ligeras suelen ser pequeñas y no cubren más de 1 o 2 mm de superficie radicular. Estudios con microscopio electrónico de transmisión han revelado que los núcleos aislados de las células pueden persistir por un tiempo mientras sufren desintegración^(51,96,114)

El exámen cuidadoso de un gran número de zonas hialinizadas en experimentos realizados con fuerzas moderadas a intensas sobre material humano y animal reveló cambios necróticos en el cemento y sólo algunos cambios inciertos en el hueso alveolar^(61,108). En nuevos experimentos realizados por Melcher y colaboradores sobre estructuras humanas las células óseas subyacentes a las zonas hialinizadas no mostraron signos de cambios degenerativos, ni siquiera en los experimentos de larga duración.⁽⁵¹⁾ De acuerdo a estos hallazgos no es probable que la aplicación de las fuerzas ortodónticas usadas hoy en día produzca necrosis del hueso alveolar en estructuras humanas.⁽⁹⁶⁾

Además, a diferencia del hueso necrótico, el tejido fibroso hialinizado pronto será reconstruido cuando nuevas fibrillas colágenas sean formadas por las células de tejido conectivo, que junto con los capilares reaparecen en los tejidos previamente acelulares. Los únicos elementos celulares que desaparecen para siempre son los restos epiteliales de Malassez.⁽¹⁰⁵⁾

2.2.3.1 Eliminación y Reconstrucción de las Zonas Hialinizadas

Los procesos de eliminación y reconstrucción de las células hialinizadas ocurren casi al mismo tiempo, según se ha observado en estudios de células humanas.^(51,114)

En las áreas hialinizadas circunscritas, las células de tejido conjuntivo sufrirán una pérdida temprana del citoplasma con la contracción incipiente del núcleo incluso después de unas

pocas horas. Este proceso autolítico es causado por varias enzimas. Al mismo tiempo se acumulan varias células de tejido conectivo alrededor del área comprimida. Los fibroblastos aparecen casi inmediatamente después del comienzo de la compresión y los macrófagos un poco más tarde.⁽⁶⁶⁾

El tejido fibroso degradado y los restos de los elementos celulares parecen ser eliminados principalmente por los macrófagos ^(66,114). Los fibroblastos también pueden actuar como células eliminadoras de tejidos. Es probable que en la mayor parte de los casos ocurra un intercambio gradual y total del tejido fibroso en el área central de la zona hialinizada.⁽¹³¹⁾

La hialinización es causada en parte por factores anatómicos y en parte por factores mecánicos, tales como la naturaleza del movimiento. Uno de los factores anatómicos es la forma y el contorno de la superficie ósea, si ésta es lisa y uniforme habrá una zona acelular bastante grande.^(73,102) Si hay canales y espacios abiertos, habrá un periodo corto de hialinización.⁽¹⁰⁴⁾

2.2.4 Respuesta ideal al movimiento Ortodóntico

El movimiento ortodóntico solamente es posible por causa de la propiedad plástica que tiene el hueso.^(33,46)

Durante las primeras fracciones de segundo, la fuerza intenta mover la raíz del diente contra el alvéolo, pero se lo impiden las fibras periodontales y el efecto hidráulico del líquido intersticial⁽¹⁰⁸⁾, secuencia que se ilustra en la figura (Fig.10.). En este momento la carga se transfiere al hueso alveolar, creando el llamado efecto piezoeléctrico, fenómeno frecuente en materiales de constitución cristalina que consiste en un grupo de electrones que se disloca en la malla espacial cristalina cuando esta sufre una deformación.^(33,83)

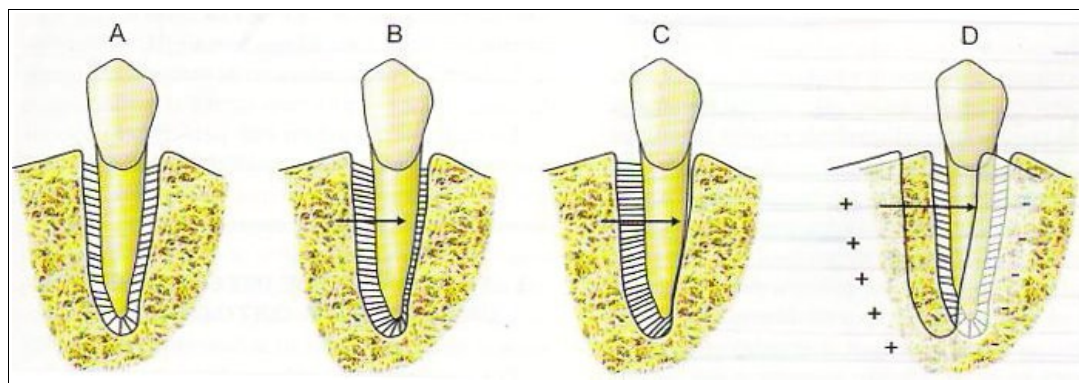


Fig.10.-- Secuencia de eventos de una fuerza ortodónica (suave y continua) aplicada sobre el diente. (A) diente en reposo. (B) en el momento en que se inicia la fuerza, el diente se mueve en el interior del alvéolo, dicho movimiento es impedido por el ligamento periodontal (distendido en el lado izquierdo y comprimido en el derecho) y por el líquido intersticial, la carga es transferida al hueso alveolar produciendo el efecto piezoeléctrico. (C) si la fuerza se mantiene, el diente se aproxima más a la pared alveolar, desencadenando un proceso inflamatorio periodontal. (D) Las reacciones tisulares locales provocan la remodelación ósea del alvéolo y la consecuente migración dentaria.⁽⁴⁶⁾

Este flujo cesa inmediatamente, aunque la fuerza se mantenga y de esa manera surgirá un nuevo efecto eléctrico al ser retirada la carga. Este nuevo flujo de electrones ocurrirá en sentido opuesto al primero. Algunos autores suponen que el efecto piezoeléctrico altera la porosidad de la membrana celular ayudando al movimiento dentario.⁽¹⁾

Desde los primeros segundos hasta el segundo día, debido a la porosidad de la cortical alveolar, el líquido intersticial drena a los tejidos vecinos, dejando de ejercer la presión hidráulica que promovía la contención del movimiento radicular. De esta forma la raíz se aproxima más a la pared del alvéolo, extendiendo los ligamentos periodontales del lado en que fué aplicada la fuerza y comprimiendo aquellos del lado opuesto. El sistema vascular, es comprimido, lo que dificulta la circulación sanguínea tanto del lado de tensión como de presión.

La respuesta del tejido es similar a un proceso inflamatorio, siendo desencadenada por la histamina liberada por los mastocitos de la región agredida. La histamina tiene acción sobre los vasos sanguíneos, promueve la vaso dilatación y abre espacios entre las células endoteliales que forman sus paredes, lo que provoca un aumento de la permeabilidad. Esta primera reacción recibe el nombre de respuesta inmediata.^(46,81)

Algunas proteínas que están presentes en la circulación sanguínea son liberadas al interior de los tejidos periodontales. Estas proteínas actúan en la producción de las cininas (bradicinina), que sustituyen a la histamina en la manutención del proceso inflamatorio. La agresión de las membranas celulares induce la formación de las prostaglandinas, que junto

con las cininas, preservan la vaso dilatación y el aumento de la permeabilidad vascular con más intensidad. Esta segunda fase se denomina respuesta tardía y ocurrirá 2 a 4 horas después de la aplicación de la fuerza ortodóntica, aunque permanecerá activa mientras se mantenga el estímulo.^(81,83)

Las alteraciones locales estimulan la salida de monocitos del interior de los vasos sanguíneos. La fusión de los monocitos resultará en células multinucleadas, conocidas como osteoclastos responsables de la resorción de la cortical alveolar donde hay compresión de ligamentos.⁽⁷³⁾ Por otra parte, donde hay distensión de los ligamentos las células mesenquimales indiferenciadas se transforman en osteoblastos y fibroblastos formadoras, respectivamente, de tejido óseo y fibras colágenas.⁽¹³¹⁾ Clínicamente este periodo se caracteriza por dolor moderado, pero sin que haya movimiento dentario.

Alrededor de dos días después de la aplicación de la fuerza, los osteoclastos y los osteoblastos inician los procesos de remodelación ósea, con aposición en los lados de tensión y resorción en la cara ósea comprimida por los ligamentos, tal y como se indica en la figura (Fig.11.). Lentamente el alvéolo se disloca en el sentido de la aplicación de la fuerza, con el consecuente movimiento dentario ortodóntico. Lo mejor es que en este período el proceso doloroso no continúe, lo que indica que la magnitud de la fuerza es correcta.^(46,84)



Fig.11.-- Osteoclasto, originado por la fusión de los monocitos (color rojo)-es la célula responsable de la resorción del tejido óseo (color azul)⁽⁴⁶⁾.

La aplicación de fuerzas que sean continuas en actividad sobre muchas áreas de la dentadura como sea posible y trabajando en la dirección en la cual el diente es movido, con máximo confort para el paciente es una condición que maximiza los requerimientos del tratamiento eficiente.⁽⁸⁴⁾

2.2.5 Factores que intervienen en la Respuesta Ortodóntica

2.2.5.1 Magnitud de La fuerza

Es la aplicación de una fuerza la que da por resultado el movimiento ortodóntico de los dientes. Las fuerzas son las acciones aplicadas a los cuerpos. Una fuerza es un vector y se la define por las características de los vectores. Los vectores se caracterizan por tener magnitud y dirección.^(93,141)

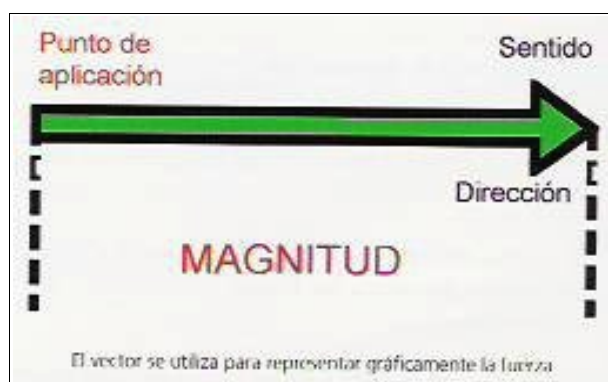


Fig.12.-- Magnitud de la fuerza. El vector se utiliza para representar gráficamente la fuerza.⁽¹⁴¹⁾

La magnitud de un vector se representa por su tamaño y la dirección por la línea de acción, sentido y punto de origen, como se observa en la figura (Fig.12.). Las fuerzas pueden ser:

2.2.5.1.1 Fuerza nula.

Fuerzas de magnitud muy pequeña que no producen un movimiento dentario.⁽⁴⁶⁾

2.2.5.1.2 Fuerzas leves.

Fuerzas de un determinado valor que inician el proceso del movimiento dentario. Con el aumento de intensidad de la fuerza, se alcanza el punto F.O.⁽²⁶⁾(fuerza óptima), que según Burstone es una fuerza que proporciona movimiento dentario rápido, sin molestias para el paciente y sin daño tisular.⁽¹⁰⁵⁾

2.2.5.1.3 Fuerzas pesadas.

Son fuerzas que producen una gran cantidad de área hialinizada en la zona de compresión del ligamento periodontal.⁽⁴⁶⁾ Clínicamente se puede afirmar que las fuerzas pesadas son más patológicas que las leves, ocasionando varios disturbios

tales como: dolor, movilidad dentaria, reacciones pulpares, alteraciones radiculares y alteraciones de la cresta ósea alveolar⁽⁸²⁾. La diferencia entre estos tipos de fuerzas se ilustra en diagrama (Fig.13.).

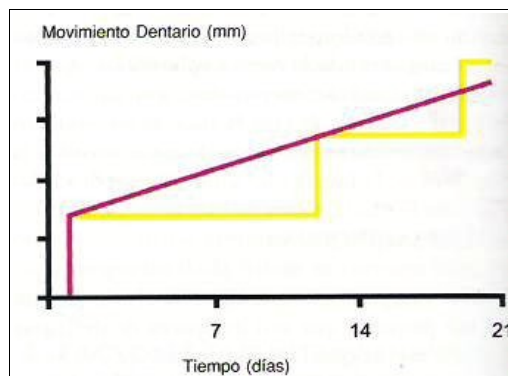


Fig.13.-- Diferencia del patrón de movimiento dentario de fuerzas leves vs. fuerzas pesadas. En el primer caso (línea roja), el diente se mueve gradualmente en respuesta a la resorción directa del alvéolo. En las fuerzas pesadas (línea amarilla) ocurre un movimiento brusco, luego de un periodo de inmovilidad. El movimiento se da, cuando después de la resorción indirecta del tejido óseo esponjoso por varios días se llega a la cortical⁽⁴⁶⁾

2.2.5.2 Tipos de Movimiento

2.2.5.2.1 Movimiento continuo.

Son las fuerzas características de los aparatos fijos. Surgen en el momento en que el dispositivo que aplica la fuerza es instalado y su acción persiste por varios días.^(46,104) Existe una fuerza continua de tipo interrumpido, la cual es relativamente corta (3 a 4 semanas en promedio). Un ejemplo de ésta es el torque.⁽⁵¹⁾ La relación de la fuerza continua y el tiempo se diagrama en la figura (Fig. 14.).

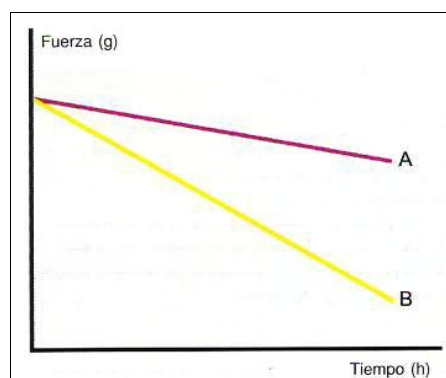


Fig.14.-- Relación entre la fuerza ortodóntica continua y el tiempo. (A) la fuerza del aparato fijo, la fuerza decae por el movimiento dentario, si la intensidad de la fuerza decae suave, son fuerzas continuas de corta duración. (B) cuando la caída es abrupta la fuerza es continua de corta duración⁽⁴⁶⁾.

2.2.5.2.2 Movimiento intermitente.

Se produce por una fuerza que actúa como un impulso o un choque de breve duración, o por períodos cortos con una serie de interrupciones. Son fuerzas aplicadas por aparatos removibles. Dentro de este tipo de movimiento se encuentra el tipo Funcional, el cual se refiere a fuerzas producidas por aparatos funcionales. Estos aparatos en la boca, y en teoría se moverán durante el tratamiento más o menos de acuerdo con el movimiento del maxilar inferior. ⁽¹⁰⁶⁾ La relación entre el movimiento intermitente y el tiempo se ilustra en la figura (fig.15.).

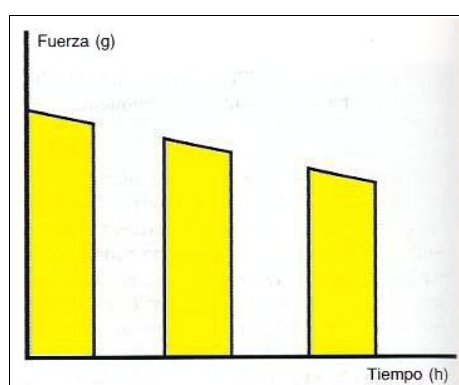


Fig.15.-- Relación entre la fuerza intermitente y el tiempo, aplicadas por aparatos removibles, su intensidad varía entre el valor deseado y la ausencia de presión⁽⁴⁶⁾.

2.2.5.3 Condiciones anatómicas.

2.2.5.3.1 Volumen radicular.

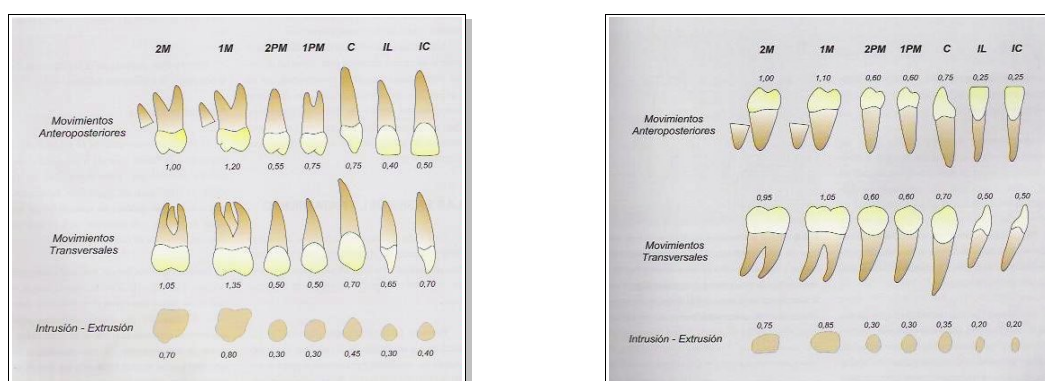


Fig.16a. y Fig.16b.-- Superficies radiculares, en cm², de cada uno de los dientes superiores e inferiores respectivamente. Se describen según el tipo de movimiento ortodóntico requerido.⁽⁵²⁾

Cuanto más grande es el volumen de raíz de un diente, más grande deberá ser la magnitud de la fuerza aplicada. La respuesta del ligamento periodontal no sólo viene determinada por la propia fuerza, sino por la presión o fuerza por unidad de

superficie.⁽¹⁰⁰⁾ Esto hace que la fuerza aplicada sobre los distintos dientes sea variable porque depende de la superficie radicular involucrada y también del movimiento dentario.⁽⁵²⁾ Para cada diente existe una superficie radicular enfrentada, como se observa en la figura (Fig.16a. y Fig.16b.).

2.2.5.3.2 Implantación ósea.

Los dientes que presentan pérdida ósea, requieren cuidados especiales para el movimiento dentario.^(26,73)

2.2.5.3.3 Edad del paciente.

En el paciente de poca edad, existen gran cantidad de células, haces de fibras más delgadas y flexibles, también existe menos tiempo de reacción tisular a la carga ortodóntica (2 a 3 días), en contraste con los 8 a 10 días necesarios en el adulto.^(46,94)

2.2.5.3.4 Complejión ósea.

Pacientes con complejión ósea más robusta, espacios medulares reducidos y corticales más densas, presentan mayor tendencia a la hialinización y mayor dificultad para producir movimientos dentarios.⁽⁴⁶⁾

2.2.5.4 Condiciones metabólicas.

2.2.5.4.1 Factores hormonales.

Hormonas como la parathormona, induce a un aumento en la cantidad de osteoclastos con consecuente estímulo de la resorción ósea. La calcitonina, inhibe la actividad osteoclástica. Las hormonas del crecimiento pueden también inhibir el movimiento dental.^(46,125)

2.2.5.4.2 Factores nutricionales.

La falta de proteínas produce deficiencia de los aminoácidos necesarios para la síntesis de colágeno presente en el hueso y en las fibras periodontales. La falta de calcio produce descalcificación parcial de la matriz ósea y su consecuente fragilidad.^(83,125)

2.2.5.4.3 Factores vitamínicos.

La vitamina A se relaciona con la actividad de los osteoclastos y osteoblastos. La vitamina C interviene en la formación de colágeno.^(46,83)

2.3 TIPOS DE MOVIMIENTO DENTARIO

La variedad de los movimientos dentales potencialmente infinita puede ser categorizada en tipos básicos; cada tipo básico de movimiento es el resultado de la variación del momento y la fuerza aplicados. La relación entre el sistema de fuerzas aplicado y el tipo de movimiento se puede describir como la *razón momento-fuerza*. La razón M/F y el momento que se aplique va a determinar el tipo de movimiento y/o el centro de rotación.
(92,122)

2.3.1 Movimiento de Inclinación

Es el movimiento en el cual existe un mayor desplazamiento de la corona que de la raíz del diente.^(100,141)

Los movimientos de inclinación se consiguen aplicando una fuerza única, contra la corona del diente. Al hacerlo el diente gira alrededor de su centro de resistencia, un punto situado aproximadamente a mitad de camino hacia la raíz,⁽¹⁰⁰⁾ como indica la figura (Fig.17.).

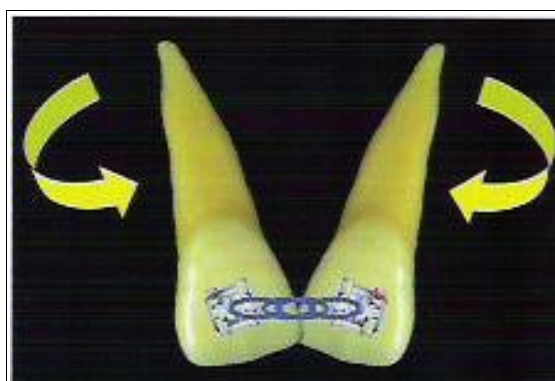


Fig.17.-- Inclinación incontrolada. La fuerza es ejercida en la corona, y al no haber ninguna otra que la contrarreste, se produce un momento que hace rotar a los dientes sobre su centro de rotación.⁽¹⁴¹⁾

El movimiento de inclinación, puede ser clasificado según la localización del centro de rotación, que es el punto arbitrario que se ubica distante del centro de resistencia alrededor del cual el diente gira en dirección a la fuerza aplicada.^(51,100)

2.3.1.1 Inclinación incontrolada.

Se produce debido a que el centro de rotación se encuentra entre el centro de resistencia y el ápice del diente, como se muestra en la figura (Fig.18.). Es un movimiento completamente indeseado.⁽¹⁴¹⁾ Las áreas acelulares pueden formarse principalmente en la región marginal de la raíz y de la zona periapical, además se producirá resorción ósea indirecta.⁽¹⁰⁴⁾

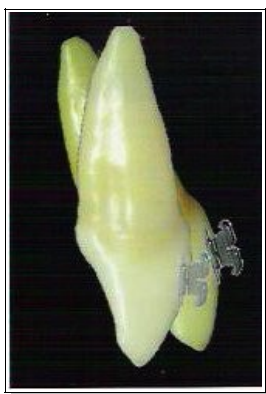


Fig.18.-- Inclinación incontrolada.⁽¹⁴¹⁾

2.3.1.2 Inclinación controlada.

Este tipo de movimiento se obtiene mediante la aplicación de una fuerza para desplazar la corona y la aplicación de un momento para controlar o mantener la posición del ápice radicular, como se observa en la figura (Fig.19.). Es un tipo de movimiento deseable. un ejemplo de este tipo de movimiento es la retracción de los dientes anteriores en pacientes con protrusión dentaria y a los cuáles se les extrajo los cuatro premolares.^(51,57,141)



Fig.19.-- Inclinación controlada. Centro de rotación a nivel del ápice.⁽¹⁴¹⁾

Al inclinar un diente, solo se actúa sobre la mitad de la superficie del ligamento periodontal en la que podría actuarse. Por otra parte, la presión en esas dos zonas es elevada en relación con la fuerza que se aplica sobre la corona, como en la figura (Fig.20.). De ahí que las fuerzas que se usan para inclinar los dientes deben ser bastante bajas. Los experimentos con animales sugieren que las fuerzas de inclinación no deben superar los 50gr aproximadamente.⁽¹⁰⁰⁾

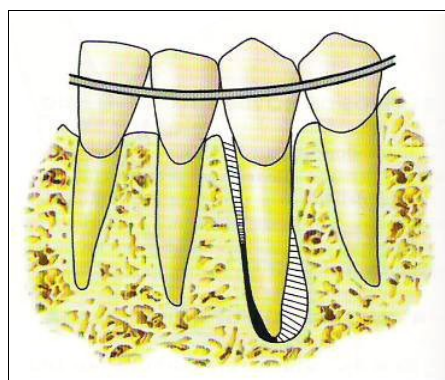


Fig.20.-- Resorción ósea causada por un movimiento de inclinación descontrolada. Cuando la corona se mueve a la derecha, hacia apical, el ligamento periodontal del lado derecho se estira y el del lado izquierdo se comprime. Hacia oclusal, hay estiramiento del ligamento del lado izquierdo y compresión del derecho. En la región donde hay estiramiento hay depósito óseo y donde hay compresión hay resorción ósea.⁽⁴⁶⁾

Un movimiento de inclinación prolongado, aunque la fuerza sea leve, puede dar como resultado la reabsorción del ápice radicular.^(102,106)

2.3.2 Movimiento de Traslación

Si la línea de acción de aplicación de la fuerza pasa a través de centro de resistencia del diente éste responderá con un desplazamiento en cuerpo puro en la dirección de la línea de

acción de la fuerza, como se indica en la figura (Fig.21.). El movimiento de traslación pura de los dientes implica que la raíz se mueve casi en forma paralela a la superficie ósea interna del alvéolo.^(13,51,122)

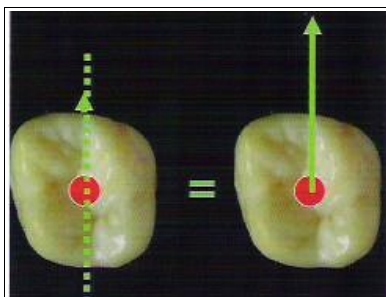


Fig.21.-- Traslación. Cuando la fuerza pasa a través del centro de resistencia del diente no se produce ningún tipo de rotación y el diente se traslada.⁽¹⁴¹⁾

Se ha demostrado experimentalmente que se trata de un método favorable de desplazamiento, siempre que la fuerza no exceda cierto límite. En la traslación se dice que el centro de rotación está en el infinito, porque las prolongaciones del eje longitudinal del diente antes y después del movimiento son paralelos o coincidentes. Serán coincidentes cuando el diente se mueva en el sentido de intrusión o extrusión y serán paralelos en los desplazamientos horizontales u oblicuos.^(46,,93,94)

Es característico de la traslación pura inicial que los períodos de hialinización sean más breves que en un movimiento de inclinación. La hialinización ocurre en su mayor parte por factores mecánicos.⁽¹²⁵⁾

Poco después de iniciado el movimiento no se observa traslación pura del diente sino una leve inclinación. El diente estará sometido a lo que en mecánica se denomina cupla (un par de fuerzas que actúan en direcciones opuestas a lo largo de líneas paralelas.), de esta manera se produce una traslación y una rotación de la unidad dentaria⁽⁸⁷⁾, como lo demuestra la figura (Fig.22.). El grado de inclinación inicial que producen estas fuerzas varía de acuerdo con el tamaño del arco y el ancho de los brackets.⁽⁵¹⁾

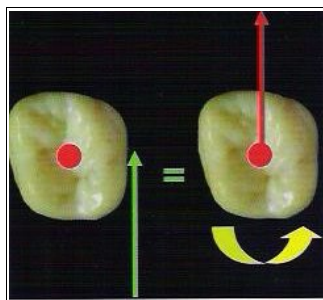


Fig.22.-- Toda fuerza aplicada lejos del centro de resistencia del diente tenderá a trasladarlo y rotarlo.⁽¹⁴¹⁾

Para mover un diente de tal forma que se incline en parte y en parte se traslade, serán necesarias fuerzas intermedias entre las que se requieren para la inclinación y la traslación puras. El movimiento en cuerpo no produce reabsorción radicular, hay una reabsorción ósea a lo largo de todo el lado de presión, y una correspondiente nueva formación ósea en el lado de tracción. Esto pasa bajo condiciones ideales, porque la fuerza es distribuída sobre todo el lado de la raíz, hay en general menos tendencia a la formación de áreas hialinizadas en el movimiento en cuerpo. La resorción ósea directa toma lugar en la superficie ósea,^(101,104) como se puede observar en la figura (Fig.23.).

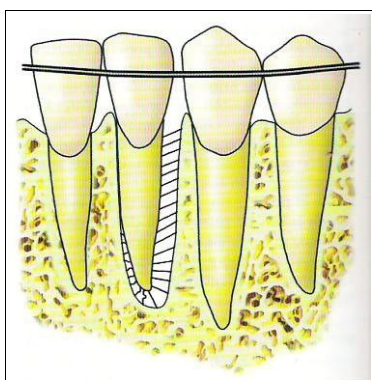


Fig.23.-- Posicionamiento radicular en el interior del alvéolo en un movimiento de traslación. El ligamento está distendido en toda la extensión de la raíz de un lado y comprimido del otro.⁽⁴⁶⁾

La traslación es uno de los movimientos más complicados de realizar en ortodoncia, esto es debido a las características anatómicas que rodean a los dientes, que hace más difícil la aplicación de una fuerza directamente a través del centro de resistencia de los dientes.⁽¹⁴¹⁾

2.3.3 Movimiento de Torque

En este movimiento se aplica un momento y una fuerza para desplazar únicamente la raíz, mientras que la corona dental se mantiene sin desplazamiento. Es el movimiento de

elección para producir cambios en el eje longitudinal del diente, sin alterar la posición del borde inicial,^(46,100) como lo indica la figura (Fig.24.)



Fig.24.--- Desplazamiento radicular. No se altera la posición de la corona (torque)⁽¹⁴¹⁾.

Durante el movimiento de torque inicial el área de presión por lo general se localiza cerca de la zona media de la raíz. Esto ocurre porque el ligamento periodontal normalmente es más ancho en el tercio apical que en el tercio medio. Después de la resorción de las áreas óseas correspondientes al tercio medio, la superficie apical de la raíz, gradualmente empezará a comprimir las fibras periodontales adyacentes y se establecerá un área de presión más amplia.^(51,125)

El desplazamiento radicular se usa generalmente para torquar incisivos, para corregir raíces de caninos después del cierre de espacios, como está indicado en la figura (Fig.25.), para verticalizar dientes posteriores inclinados a mesial.^(78,93,141)

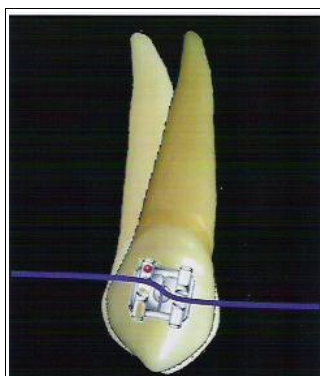


Fig.25.--- Verticalización de la raíz del canino luego del cierre de espacios.⁽¹⁴¹⁾

2.3.4 Movimiento de Rotación

Para realizar este movimiento se requiere de una cupla o de fuerzas coplananas, las cuales producen una rotación pura con respecto al eje longitudinal del diente,^(13,46,78,93,141) como puede observarse en la figura (Fig.26.).

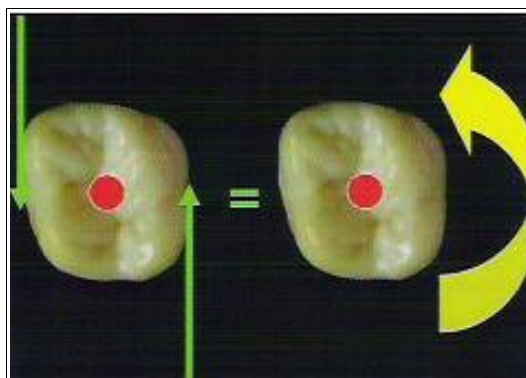


Fig.26.-- Rotación. Dos fuerzas iguales que actúan sobre el diente pero en sentidos opuestos tienden a producir una rotación pura.⁽¹⁴¹⁾

Desde el punto de vista histológico, la transformación tisular que ocurre durante la rotación esta muy influida por la disposición anatómica de las estructuras de soporte. En la rotación de dientes se debe observar los tercios marginal, medio y apical de la raíz. En la región marginal la mayor parte de los haces de fibras periodontales están formados por un grupo de fibras gingivales libres y fibras transeptales. Aunque las fibras principales de los tercios medio y apical están insertadas en la superficie radicular y el hueso alveolar, las fibras supraalveolares están conectadas a todo el sistema fibrilar de las estructuras supraalveolares.^(103,120)

En el movimiento de rotación es importante considerar varios factores: El factor anatómico se relaciona sobre todo con la posición del diente, su forma y su tamaño; la mayor parte de las raíces tiene forma oval, cuando se las observa en cortes transversales. Por esta razón las áreas acelulares pueden formarse en el estadio inicial, frecuentemente a ambos lados de la raíz.⁽¹⁰⁷⁾

Un movimiento de rotación puede causar ciertas variaciones en el tipo de respuesta tisular que se observa en los lados de presión. En ocasiones la hialinización y la resorción ósea por socavado se producen en una zona de presión, mientras que la resorción ósea directa ocurre en la otra. Estas variaciones son producidas sobre todo por la posición del diente, en relación con las piezas proximales, y también por la magnitud de la fuerza. Es favorable

aplicar una fuerza ligera durante el período inicial. Después de la rotación durante 3 a 4 semanas habitualmente se completa la resorción por socavado y prevalece la resorción ósea directa en los lados de presión. Puede producirse resorción radicular en uno de los lados de presión y con frecuencia en ambos lados, en casos de gran rotación.^(103,107)

En teoría, las fuerzas necesarias para producir la rotación de un diente alrededor de su eje longitudinal podrían ser mucho mayores que las requeridas para producir otros movimientos dentales, ya que se podrían distribuir por todo el ligamento en vez de hacerlo sobre una estrecha franja vertical. Sin embargo, en la práctica es casi imposible aplicar una fuerza rotacional de forma que el diente no se incline también en el alveolo, y cuando esto sucede, se forma una zona de compresión igual que en cualquier otro movimiento de inclinación. Por este motivo, las fuerzas adecuadas para la rotación son parecidas a las que se precisan para la inclinación.⁽¹⁰⁰⁾

2.3.5 Movimiento de Extrusión

La extrusión de los dientes puede usarse cuando existe una mordida abierta anterior o en casos de que exista una mordida profunda, extruyendo los dientes posteriores, también puede usarse este tipo de movimiento cuando se desea corregir problemas del margen gingival. El éxito de la extrusión de los dientes depende en gran medida de que el tratamiento se realice durante un período de crecimiento favorable, el principal período de crecimiento se produce después de los 13 ó 14 años de edad. Graber halló que este período de crecimiento comienza más tarde en los varones que en la mujeres.⁽⁵⁰⁾

En experimentos, como lo muestra la figura (Fig.27.), puede verse que la extrusión de un diente implica un estiramiento y un desplazamiento más prolongados de los haces de fibras supraalveolares que de las fibras principales de los tercios medio y apical.⁽⁵¹⁾

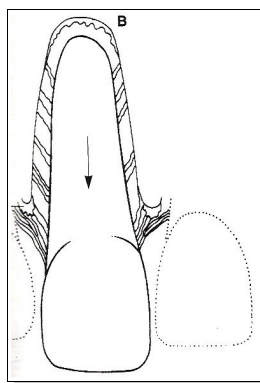


Fig.27.-- Extrusión. (A) Disposición de los haces de fibras durante la extrusión o después de ella. (B) nuevas capas óseas en el fondo del alvéolo.⁽⁵¹⁾

Por lo general se observa un reordenamiento completo de las fibras principales de los tercios medio y apical después de un período de contención de 4 a 5 meses. Sólo los haces de fibras supralveolares permanecen estirados durante un tiempo más prolongado. Por esta razón es posible cierto grado de recidiva y se recomienda sobre corregir la posición dentaria durante el cierre de una mordida abierta para evitar su reapertura.^(103,104)

En teoría, los movimientos de extrusión no producirían zonas de compresión en el ligamento periodontal, producen sólo zonas de tensión. Al igual que en la rotación, esta es probablemente mas una posibilidad teórica que práctica, ya que si el diente se inclinase algo durante la extrusión se formarían zonas de compresión. Las fuerzas de extrusión, como las de rotación, deben ser aproximadamente de la misma magnitud que las de inclinación.⁽¹⁰⁰⁾

2.3.6 Movimiento de Intrusión

Para la intrusión se requieren fuerzas de poca intensidad, ya que estas se concentran en una zona muy pequeña del ápice radicular. Al igual que con la extrusión es probable que el diente se incline un poco durante el proceso de intrusión. Sólo es posible lograr la intrusión si se aplican fuerzas muy leves.⁽¹⁰²⁾

Los experimentos han demostrado que se logra una intrusión más rápida mediante la aplicación de fuerzas ligeras que las que se necesitan en cualquier otro tipo de movimiento dentario. Sin embargo hay casos en los que las fuerzas aplicadas no deben actuar durante periodos excesivamente largos si se quiere evitar el acortamiento de la raíz, especialmente en los pacientes adultos.^(104,122)

La resorción apical radicular posterior a la intrusión depende en gran medida de las características anatómicas de la raíz.^(57,58)

2.4 PLANIFICACIÓN DEL TRATAMIENTO ORTODÓNTICO

2.4.1 Tratamiento con Extracción -vs- sin Extracción

La mayor meta de un tratamiento ortodóntico es lograr estabilidad en la oclusión a largo término. Varios investigadores han evaluado los resultados de tratamiento y la estabilidad postratamiento a largo termino de varias maloclusiones tratadas ortodónticamente.^(41,47,64)

La remoción de dientes permanentes ha sido un tópico controversial a través de la historia de la ortodoncia, comenzando con el gran debate de extracción entre Angle y Case y continuando a través de la comparación entre extracción y no extracción en casos borderline de Johnston^(99,98)

Las dos primarias razones para remover dientes permanentes son: corregir una discrepancia entre el tamaño dental y la longitud de arco, y reducir la protrusión bimaxilar.⁽⁵⁴⁾ Sin embargo, una tercera y casi inapreciable razón para remover dientes permanentes es el control de la dimensión vertical.⁽³¹⁾

El apiñamiento es definido como desarmonía entre el tamaño de los dientes y el espacio disponible para ellos. Puede ser un apiñamiento simple o complejo, generalmente asociado a una relación molar clase I. Como cada paciente varía en lo morfológico y funcional, no existe una cantidad definida de apiñamiento que justifique automáticamente la terapia con extracciones. Sin embargo en un paciente dado, cuanto mayor sea el apiñamiento preexistente, más probable es que se tenga que hacer extracciones para ganar el espacio a efectos de alinear los dientes restantes.^(85,93)

Este tipo de información casi siempre se obtiene examinando el arco mandibular, quien por lo común es también el más apiñado. La expansión del arco o la protrusión de los dientes son métodos alternativos para aumentar el espacio disponible. Por cada milímetro de protrusión de los incisivos se gana aproximadamente 1mm de circunferencia de arco. También es posible aumentar el ancho del arco, pero el espacio ganado es menor para la

cantidad de expansión producida. Si el paciente puede tolerar estos cambios en lo funcional, lo estético y en términos de estabilidad, entonces el tratamiento sin extracciones es una posibilidad.⁽⁹³⁾

Al realizar tratamientos de extracción, el plan consiste en escoger que dientes se deben extraer, en casos de apiñamiento anterior, los primeros premolares están más cercanos al problema; por lo tanto su extracción simplifica la alineación, es menos factible de perturbar la oclusión molar, y la mejor alternativa para mantener las dimensiones verticales.⁽¹²³⁾ Cuando la estética facial es buena al principio, a pesar de un apiñamiento incisal marcado, la eliminación de primeros premolares puede dañar el aspecto solamente si la mecánica es mal manejada.⁽⁶²⁾

Los segundos premolares se pueden extraer cuando hay menos discrepancia de espacio, facilitando el cierre, y el control vertical después de la alineación anterior. Pueden ser elegidos cuando se desea mantener el perfil del tejido blando y la estética.^(32,85)

En el prognatismo bimaxilar, el diagnóstico debe tomar en cuenta los labios y músculos faciales, el tratamiento debe ir encaminado a responder a las preocupaciones en cuanto a la estética facial. Éste puede existir sólo, junto con una clase II, o combinado con protrusión dentaria superior. En estos casos el tratamiento consiste en la extracción simétrica (habitualmente de primeros premolares) en cada cuadrante y la retracción de los dientes anteriores para camuflar la displasia esquelética.⁽⁶²⁾

La protrusión dentaria bimaxilar, puede encontrarse sola o combinada con prognatismo bimaxilar, el diagnóstico se hace por el análisis de perfil y midiendo el ángulo de los incisivos superiores e inferiores con respecto a la línea oclusal funcional.⁽⁸⁵⁾

Ante la pérdida de contacto entre los dientes anteriores, o mordida abierta, varios autores han sugerido que removiendo dientes permanentes de los segmentos posteriores con la subsiguiente protracción para cerrar espacios, es una forma de corrección de la mordida abierta por rotación counterclockwise de la mandíbula.^(5,60)

Elham y col.⁽⁴⁰⁾ estudiaron los efectos de extracción de los primeros molares mandibulares permanentes y no encontraron cambios significativos en las dimensiones verticales faciales, pero sí observaron un incremento en el overbite dental por la inclinación lingual de los incisivos mandibulares. Otros autores reportaron incremento en el crecimiento

facial vertical durante el tratamiento ortodóntico en casos de extracción y no extracción.^(31,123)

Otros protocolos de tratamiento para las maloclusiones clase II, frecuentemente requieren la extracción de los 2 premolares maxilares^(28,32) o de todos los cuatro premolares.⁽¹²⁶⁾ La extracción únicamente de los dos premolares maxilares, generalmente está indicada cuando no hay apiñamiento, o discrepancia Cefalométrica en el arco mandibular^(12,111) La extracción de los cuatro premolares está indicada primariamente por apiñamiento en el arco mandibular, discrepancia Cefalométrica, o una combinación de ambos en pacientes en crecimiento.^(7,12)

Estos procedimientos, pueden facilitar la mecánica de tratamiento y proveer resultados exitosos, sin embargo, a pesar de estas ventajas, estos procedimientos pueden no proveer la estabilidad deseada del alineamiento de los incisivos mandibulares a largo plazo.⁽⁶³⁾

2.5 FASES DEL TRATAMIENTO ORTODÓNTICO

2.5.1 Alineación y Nivelación

Alinear significa colocar todos los componentes de la aparatología, brackets y tubos molares, alineados en sentido vestibulolingual en una forma de arco definida, eliminando las malposiciones individuales. Produciéndose luego una nivelación de todos los componentes de la aparatología en sentido vertical.⁽⁵²⁾

2.5.2 Anclaje

El anclaje puede ser definido básicamente como la resistencia al movimiento. Puede ser considerado también como la cantidad de desplazamiento de los dientes para cerrar el espacio de extracción con el fin de obtener los objetivos de tratamiento seleccionados. Por lo tanto, el anclaje necesita de un plan de tratamiento individual.⁽⁹³⁾ Existen varios tipos de Anclaje, dentro de los cuales se pueden mencionar:

2.5.2.1 Anclaje Dinámico.

Anclaje controlado con un momento que tiende a adelantar el segmento de anclaje en forma de “primero raíces, luego coronas”.⁽⁹⁴⁾

2.5.2.2 Anclaje Reforzado.

Resistencia adicional al movimiento dentario ganada al unir varios dientes para que actúen como un solo gran diente multirradicular.⁽⁹³⁾

2.5.2.3 Anclaje preparado.

Control de anclaje obtenido inclinando primero las raíces de los dientes y después las coronas para aumentar la resistencia a la retracción posterior de los dientes anteriores.⁽⁷⁸⁾

2.5.2.4 Anclaje Recíproco.

La figura (Fig.28.), muestra como cada diente sirve de anclaje a su vecino, que será movilizado y a su vez servirá de anclaje al primero. Esto quiere decir que ambos dientes se mueven utilizándose el uno al otro como elemento de apoyo.⁽⁵²⁾

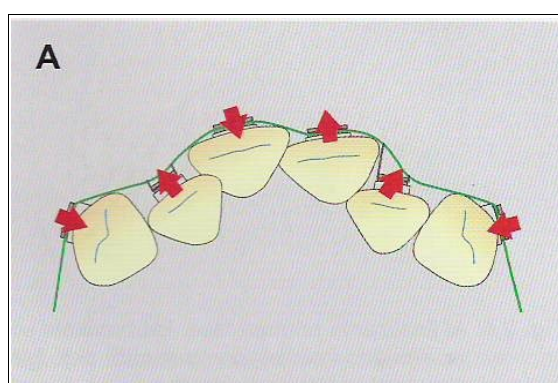


Fig.28.-- Anclaje recíproco.⁽⁵²⁾

La preparación de anclaje se refiere al aumento de la resistencia de los sectores posteriores al movimiento mesial, con el objeto de disminuir su desplazamiento, lo que implicaría una pérdida de anclaje, y con ello una disminución en la longitud del arco.^(52,93)

La biomecánica en ortodoncia no siempre se diseña con el fin de mover los dientes. Para algunos casos, la intención puede ser mantener la posición de algunos dientes en el arco, o

usar un grupo de dientes formando “una unidad de anclaje” para servir de base para empujar o forzar otros dientes. Existen varias formas de conseguir anclaje en ortodoncia, tales como:⁽⁹²⁾ el uso de aparatos de anclaje extrabucal, donde se utilizan estructuras esqueléticas externas,⁽⁶⁸⁾ implantes intrabucales y minitorneillos que están integrados en el hueso y por lo tanto son extremadamente estables⁽⁹⁴⁾ y por último el anclaje intraraco.^(13,141)

Muchos otros métodos para controlar el movimiento del anclaje posterior en el cierre de espacios de extracción han sido descritos, ^(23,77) siendo estos diferentes en el maxilar y la mandíbula. Los molares superiores aumentan su estabilidad cuando se encuentran en una posición de moderada rotación distal que hace que la raíz palatina se ubique contra la cortical. El estiramiento de los haces de fibras marginales y apicales se opondrá a cualquier tendencia a la migración fisiológica.⁽⁵¹⁾ Lo que se puede lograr con los tubos de los molares superiores y ser potenciado con una barra palatina con rotación distal. Los molares inferiores aumentan su estabilidad cuando se encuentran verticalizados, puede ser utilizando tubos inferiores con una angulación negativa mínima,⁽⁵²⁾ como se indica en la figura (Fig.29.).

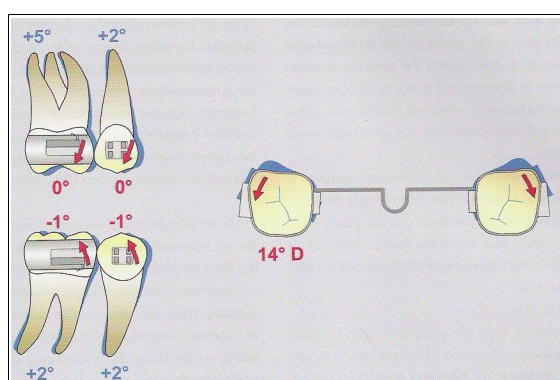


Fig.29.-- Preparación de anclaje superior e inferior. Utilización de tubos molares y brackets de premolares que evitan la inclinación coronomesial de estos dientes. En los molares superiores, tubos con rotación distal, además se agrega una barra palatina que potencia el efecto de rotación distal.⁽⁵²⁾

Los elásticos intermaxilares acercan a los dientes superiores a los inferiores y son otra manera frecuente de obtener movimiento dental diferencial. La dirección del elástico define su vector de fuerza.⁽⁴⁹⁾

La principal limitación para el uso de casquetes o elásticos como técnica de anclaje es su dependencia del cumplimiento del paciente; sin cooperación de éste, estos métodos son incapaces de influir en los resultados del tratamiento.⁽⁵²⁾

El anclaje intraarco consiste en el uso de botones palatinos y escudos antilabiales.⁽¹³⁾ una forma de conseguir este tipo de anclaje es la utilización de el arco o botón de Nance utilizado específicamente en este estudio.

El arco de sostén de Nance agrega una pequeña almohadilla acrílica (1cm de diámetro aproximadamente) a un arco palatino que descansa sobre las rugosidades palatinas. Es elaborado con alambre de acero 0.036" con soporte en los molares y en el paladar duro a través del botón de acrílico, como se muestra en la figura (Fig.30.). Este método se apoya en las estructuras palatinas para ayudar a resistir la migración mesial de los molares durante la retracción anterior.^(13,141)



Fig.30.-- Botón de Nance fijo soldado en las bandas de los molares superiores.⁽¹⁴¹⁾

Este botón de nance puede ir bondeado o soldado a las bandas de los molares (anclaje fijo) o insertado a cajas (anclaje removible).^(13, 49, 141) Dentro de sus ventajas podemos mencionar: económico y fácil de elaborar, puede ser utilizado en la dentición mixta en casos de pérdidas prematuras de dientes para mantener el espacio de deriva, en dentición permanente como anclaje, para mantener el espacio dejado por la extracción, para mantener la longitud de la arcada.⁽¹⁴⁰⁾

Dentro de las desventajas tenemos que puede provocar úlceras en el paladar duro debido a que el botón acrílico favorece la retención de alimento, como se indica en la figura (Fig. 31.), pérdida en caso de ser removible, no siempre es bien aceptado por el paciente, mientras más grande el botón, mayor anclaje, pero habrá mayor acúmulo de alimentos, en casos de adhesión directa las fuerzas oclusales pueden desbondarlo, no se recomienda en pacientes que presentan mala higiene bucal.⁽¹⁴¹⁾



Fig.31.-- Ulcera ocasionada por la utilización del botón de Nance.⁽¹⁴¹⁾

Otras formas de conseguir anclaje pueden ser: el arco transpalatino, arco lingual y transpalanance.⁽¹⁴¹⁾

2.5.3 Cierre de Espacios

Los espacios de extracción de los dientes son necesarios para lograr uno o más objetivos, como por ejemplo: proveer y mejorar oclusión dental, para corregir las deficiencias en la longitud de arco, para alterar el perfil facial, para optimizar la corrección ortodóntico-quirúrgica de las discrepancias maxilares y para proveer función.^(34,99)

El manejo de cualquier sitio de extracción debe por tanto estar bajo el control del clínico para asegurar que los dientes estarán en sus posiciones predeterminadas. Burstone definió tres tipos de control de cierre en los sitios de extracción: Como indica la figura (Fig.32.), El tipo A, se refiere al sitio donde los dientes anteriores ocuparán más o todo el espacio de extracción. El tipo B, se refiere a que el sitio de extracción es ocupado de igual manera por los dientes anteriores y posteriores. En el tipo C, el espacio de extracción es cerrado por los dientes posteriores ocupando más o todo el sitio de extracción.^(25,92)

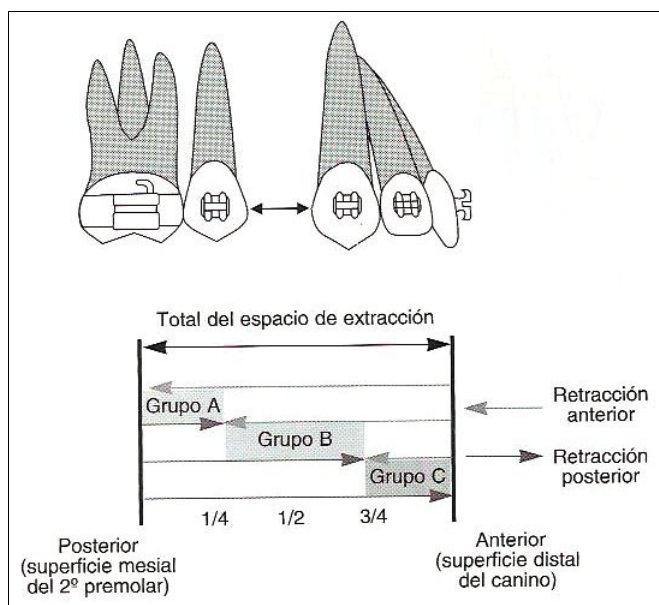


Fig.32.-- Clasificación del Anclaje. El cierre de espacio del grupo a incluye un 100% de retracción anterior (sin pérdida de anclaje posterior) y/o 75% de retracción anterior (25% de cierre de espacio por movimiento de anclaje posterior). El cierre de espacio del grupo B incluye cantidades de desplazamiento dental anterior y posterior parecidas. El cierre de espacio Tipo C implica 75-100% de protracción posterior.⁽⁹³⁾

Los tipos de cierre pueden no ser bilateralmente iguales en un arco dado, por ejemplo, en maloclusiones asimétricas, uno de los sitios de extracción puede identificarse como un requerimiento de cierre tipo C, mientras que el lado contralateral puede requerir un cierre tipo A. Esto puede ser necesario para lograr las metas predeterminadas en el plan de tratamiento, tanto a nivel dental como facial y ubicar a la dentición en una adecuada posición anteroposterior para soportar los tejidos blandos y satisfacer los conceptos clínicos de estabilidad dental.⁽¹³⁵⁾

Para lograr el control en el cierre de espacio en los sitios de extracción, el aparato usado debe liberar un sistema de fuerza definible regulado por el clínico y no producir un cierre en algunos casos ambiguo o indeterminado. Las fuerzas requeridas deben producir una mínima o ninguna reabsorción, un movimiento dental con una velocidad óptima, causar mínimo discomfort para el paciente, y tener un rango extendido de activación, mientras genera un sistema de fuerzas relativamente constante.^(14,15,84)

2.5.3.1 Consideraciones Biomecánicas generales en el Cierre de Espacios

Para trasladar un diente o un grupo de dientes, se ha mostrado que una relación momento fuerza aplicada al bracket debe ser igual a la distancia perpendicular desde el bracket al centro de resistencia de un diente individual o grupo de dientes.^(16,100)

Los investigadores, recientemente han demostrado que el movimiento traslacional causa menor daño tisular porque el stress periodontal es distribuido uniformemente a lo largo de la superficie radicular,^(102,137) en contraste una inclinación dental no controlada que resulta en un mayor stress periodontal localizado en la región apical y de la cresta alveolar. En el movimiento radicular, el mayor stress periodontal, es en la región apical, mientras que en la inclinación controlada, el mayor stress es en la región cresta alveolar.^(51,104)

El control preciso del movimiento dental durante el cierre de los espacios de extracción en las tres dimensiones es de bastante importancia para alcanzar las metas del tratamiento. Esto incluye control de las unidades de anclaje, fuerzas verticales, posición radicular y rotaciones. La regulación en el cierre de espacios está determinada por las fuerzas biomecánicas aplicadas a los dientes. La variación en la magnitud del momento y de la fuerza y en el rango Momento-Fuerza son determinantes importantes en el resultado del movimiento dental.⁽¹⁹⁾

La aplicación de momentos diferenciales entre los dientes es reconocida como una manera efectiva para lograr el movimiento dental deseado induciendo diferentes presiones en el ligamento periodontal.^(73,129) Estos momentos son llamados alfa y beta para los dientes anteriores y posteriores, respectivamente. Los momentos diferenciales son usados para obtener anclaje diferencial,⁽⁵⁶⁾ fuerzas intrusivas o extrusivas y movimiento radicular,^(20, 25, 62,80,132) como se indica en la figura (Fig.33.).

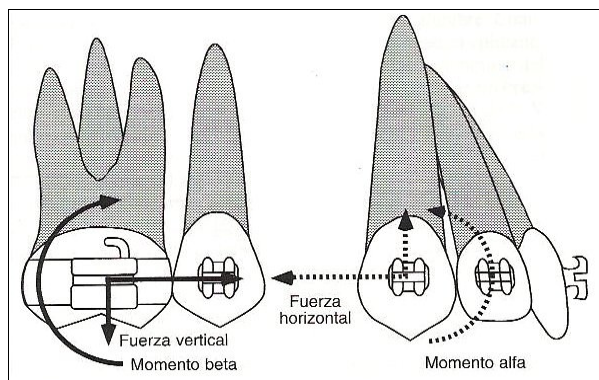


Fig.33.-- Componentes del sistema de fuerzas para el cierre de espacios. El momento en los dientes anteriores (Alfa) es de menor magnitud que el de los dientes posteriores (Beta); de este modo las fuerzas verticales son intrusivas sobre los anteriores y extrusivas sobre los posteriores. si el momento alfa fuese mayor que le Beta, las fuerzas verticales tendrían dirección opuesta.⁽⁹³⁾

Los dobleces tip-back de Tweed, Begg, elásticos intermaxilares y headgear pueden producir diferencias en el rango Momento-Fuerza (y el momento diferencial) entre los dientes anteriores y posteriores. Esta diferencia en el rango Momento-Fuerza actuando sobre los dientes anteriores versus los dientes posteriores es producida por la aplicación de momentos desiguales (momento diferencial) o fuerzas desiguales.⁽⁶⁷⁾

Como en la figura (Fig.34.), el cierre tipo A (los dientes posteriores permanecen fijos anteroposteriormente), se debe incrementar la relación M/F sobre los dientes posteriores aproximadamente en una relación 12 a 13. Esto resulta en una distribución del stress periodontal relacionada al movimiento radicular, mientras los dientes anteriores son simultáneamente sujetos a un M/F aproximadamente de 10, resultando en traslación.⁽¹³⁵⁾

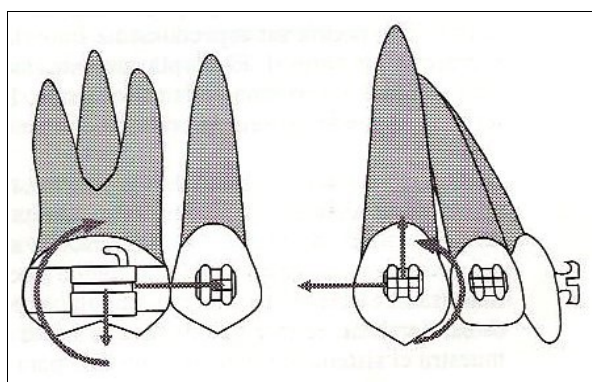


Fig.34.-- Sistema de fuerzas para el cierre de espacios del grupo A. El momento posterior (beta) esta aumentado con respecto al momento anterior (alfa). El momento diferencial reduce la razón M/F sobre los dientes anteriores y aumenta la razón M/F de los posteriores. se producen fuerzas verticales debido a la diferencia entre los momentos alfa y beta: intrusiva para los dientes anteriores y extrusiva para los posteriores.⁽⁹³⁾

Para que el sistema este en equilibrio, ocurren fuerzas verticales, debido a que el resultado es una cupla, la cual es igual a la diferencia en magnitud entre el momento posterior y el momento anterior, tanto que las fuerzas verticales son ostensiblemente balanceadas por fuerzas oclusales.⁽⁹⁴⁾

Si un sitio de extracción es cerrado con un sistema de fuerza traslacional (M/F aproximadamente de 10) aplicado igualmente a los dientes posteriores y anteriores ocurrirá un cierre tipo B,⁽²¹⁾ como lo indica la figura (Fig.35.).

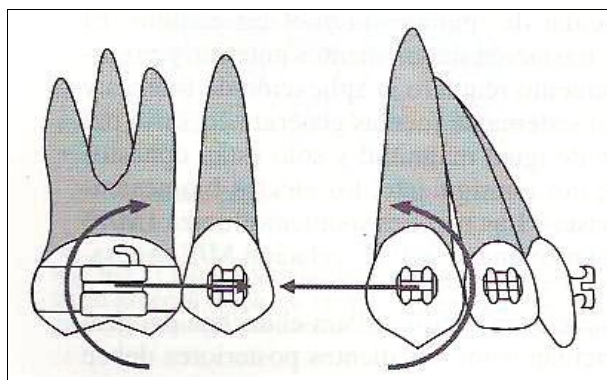


Fig.35.-- Sistema de fuerzas para el cierre de espacios del grupo B. Se requiere traslación de los dientes anteriores y posteriores. Para la traslación se necesita una razón M/F de aproximadamente 10/1.⁽⁹³⁾

Para lograr el cierre tipo C, el sistema previamente mencionado es reverso, con un gran momento aplicado a los dientes anteriores y un momento pequeño aplicado a los dientes posteriores. Por lo tanto el momento anterior es de mayor magnitud y los efectos secundarios de fuerza vertical es una fuerza de extrusión sobre los dientes anteriores,⁽⁴²⁾ como se observa e la figura (Fig.36.).

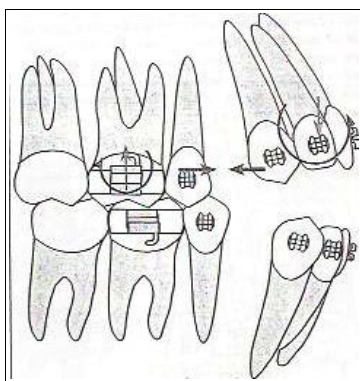


Fig.36.-- Mecánica para el cierre de espacio del grupo C. es el más favorable para la corrección de mordida abierta.⁽⁹⁴⁾

2.5.3.2 Determinantes del Cierre de Espacio

Se deben considerar muchos factores al determinar la necesidad de extracción de dientes para el tratamiento ortodóntico. Muchos detalles del diagnóstico y objetivos del tratamiento determinan el movimiento dental requerido durante el cierre de espacio, tales como, la estética, salud general de los dientes, y la queja principal del paciente. Además, existen otros factores que son determinantes en el cierre de espacios, dentro de los cuáles se encuentran:⁽⁹⁴⁾

- Cantidad de Apiñamiento. Las extracciones se hacen generalmente para aliviar el apiñamiento, En caso de apiñamiento grave, el control de anclaje se hace muy importante. Mantener el anclaje mientras se crea espacio para el alineamiento de incisivos es necesario a fin de satisfacer los objetivos de tratamiento.^(91,93)
- Anclaje. La clasificación de anclaje y el concepto de anclaje diferencial son muy importantes. El control de la posición molar es una necesidad obvia en el cierre de espacio, la pérdida inadvertida de anclaje puede evitar la corrección de maloclusiones anteroposteriores.⁽⁹²⁾
- Inclinación axial de incisivos y caninos. La misma fuerza y/o momento aplicado a un diente o grupo de dientes con diferentes inclinaciones axiales produce diferentes tipos de movimiento dental.^(93,94)
- Discrepancias de línea media y simetría izquierda/derecha. Las discrepancias de la línea media con o sin una relación asimétrica oclusal izquierda o derecha debería corregirse tan pronto como sea posible en el tratamiento. Las fuerzas asimétricas sobre los lados izquierdo y derecho podrían producir fuerzas verticales unilaterales desviando arcos dentales o pérdida asimétrica de anclaje.⁽⁹³⁾
- Dimensión Vertical. Las fuerzas extrusivas verticales indeseables sobre los dientes posteriores pueden producir rotación mandibular hacia atrás con mayor altura facial en el tercio inferior y mayor Gap interlabial.^(22, 68)
- Variables biológicas. La respuesta biológica se debe a las características de presión en el periodonto. El término, fuerza óptima, es la idea de que hay un nivel de

fuerza que fomentará la respuesta la respuesta de tratamiento más eficiente sin efectos secundarios desagradables (como resorción de la raíz).^(101,127)

- Tamaño de unidades de Anclaje. Aumentar el número de dientes descompone la carga en un área superficial mayor de la raíz. Esto disminuye la tensión o distorsión de las estructuras periodontales dentro de la unidad de anclaje.⁽⁵²⁾

2.5.3.3 Retracción de Caninos

Muchas veces en casos de extracción el alineamiento de incisivos requiere la longitud de la arcada lograda con la retracción de caninos. Que la retracción de caninos sea mínima (inclinación incontrolada) o importante (inclinación controlada o traslación) depende de varias características del segmento anterior.⁽⁷⁸⁾

La retracción pequeña de caninos (inclinación incontrolada de 1 a 2mm) puede llevarse a cabo por lo general mientras se realiza el alineamiento preliminar de los brackets; por otro lado la retracción grande de caninos (inclinación controlada o traslación de 3 mm o más), no se consigue hasta colocar un segmento de alambre estabilizador vestibular rígido en los dientes posteriores.⁽⁵²⁾

Se deben considerar algunos factores tales como: La cantidad de apiñamiento anterior. Si hay que retraer los incisivos con inclinación controlada, es conveniente retraer los caninos de la misma forma. En estos casos se puede conectar todo el segmento anterior y enderezar los dientes en masa. Inclinación axial original de caninos, clasificación del anclaje y posición de caninos.^(78,93,94)

Conceptualmente se considera, que la retracción canina separada impone menos carga al anclaje, porque los caninos están opuestos por varios dientes posteriores en la unidad de anclaje.⁽²³⁾

Es necesario evaluar tres tipos de movimientos dentales indeseables hacia el final de esta fase de tratamiento: La rotación mesial hacia adentro de los molares, inclinación del canino o premolar hacia el espacio de la extracción (en casos con extracción del premolar) y la inclinación lingual excesiva de los incisivos.⁽⁷⁸⁾

El cierre de los espacios de extracción no debe considerarse completo hasta haber logrado la alineación de la raíz de los dientes adyacentes. La corrección de problemas de inclinación axial marca el principio de la siguiente fase de tratamiento.⁽¹³⁾

2.5.3.4 Retracción en Masa

Con el transcurso de los años, los ortodoncistas comenzaron a pensar que el cierre de espacios en dos etapas, primero retracción de caninos y luego retracción de incisivos, es menos perjudicial para el anclaje que la retracción en masa de los seis dientes anteriores. Esto ha sido cierto en algunos métodos para cerrar espacios, pero no es necesariamente válido en todas las instancias.⁽⁹²⁾

Los aparatos diseñados correctamente y basados en la biomecánica deseada permiten la retracción en masa de los seis dientes anteriores en una sola etapa. El cierre de espacio en masas puede reducir significativamente la duración del tratamiento. Al obtenerse la alineación de los incisivos, el cierre en masa completa el cierre de espacios.⁽⁹³⁾

Existen diferentes formas de lograr el cierre de espacios en masa, la técnica del arco segmentario desarrollada por Burstone,^(20,62) utiliza resortes asa T cerradores de espacios, para retracción anterior, cierre simétrico de espacios o protracción posterior, dependiendo de la ubicación de la "T". Este es uno de los dispositivos cerradores de espacio más versátiles disponibles.⁽⁶⁸⁾ Este diseño usa alambre TMA de 0,017x0,025 pulgada,⁽⁶⁷⁾ tal y como se indica en la figura (Fig.37.).

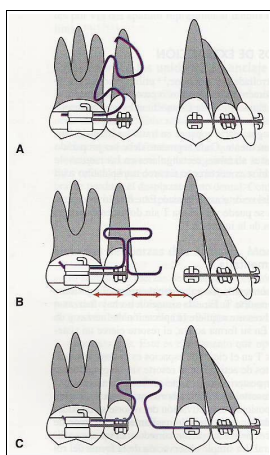


Fig.37.-- Asa T segmentaria en TMA 0,017x0,025. (A) Asa insertada pasivamente en el tubo auxiliar del molar. (B) Posición neutral del asa, se aplican momentos de activación al resorte que lo alinean a nivel del plano oclusal. (C) inserción del asa en el tubo vertical del canino o el segmento de alambre anterior.⁽⁹³⁾

También se puede aplicar el cierre de espacios con arco continuo, el sistema de fuerza no es tan bien definido como con los resortes T segmentarios, pero la utilización cuidadosa de los segmentos Alfa y Beta ayuda a obtener resultados comparables, en especial para problemas de anclaje tipo B y C. Las asas T-una a cada lado se hacen por distal de los caninos usando un arco de alambre preformado (TMA de 0,017x0,025 pulgada o de acero inoxidable de 0,016x0,022 pulgada),⁽⁹³⁾ como se puede observar en la figura (Fig.38.).

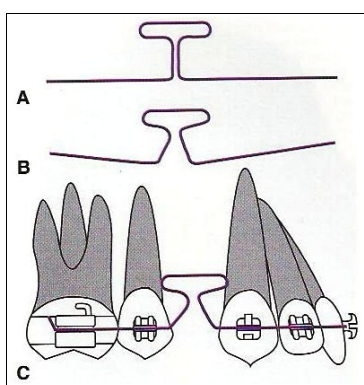


Fig.38.-- Asas en T en alambre continuo para el cierre de espacios. (A) Forma de un Asa T en alambre continuo. (B) Aplicación de curvas de preactivación para momentos alfa y beta. (C) Inserción del arco de alambre con activación para cerrar el espacio.⁽⁹³⁾

2.5.3.5 Mecánica de Deslizamiento

La mecánica de deslizamiento, es atractiva por su simplicidad, pero puede comprometer su eficiencia debido a efectos de fricción.⁽¹⁴¹⁾

El cierre de espacio se retarda ya que el bracket experimenta una acción de “pegar-soltar” a lo largo del alambre de arco. Este movimiento variable ocurre cuando las puntas de los dientes y del bracket se sujetan contra el alambre de arco.^(74, 101)

El efecto de fricción que ocurre durante la mecánica móvil compromete la aplicación de niveles deseados de fuerza.⁽⁷³⁾ Este efecto producido por el deslizamiento del bracket a través del arco principal, puede desencadenar cambios rápidos en magnitud, ubicación y dirección de las tensiones periodontales y una mayor reabsorción radicular.⁽¹⁴⁶⁾ Las magnitudes en las tensiones periodontales pueden variar considerablemente y conducir a estímulos ambiguos hacia los tejidos celulares responsables de remodelación ortodóntica.^(67,142)

La mecánica móvil mal manejada se asocia con diferentes efectos secundarios indeseables tales como inclinación no controlada especialmente en el sector anterior, sobremordida y pérdida de anclaje. La frecuencia y gravedad de estos efectos dependen de la composición y dimensión del alambre de arco, magnitud de la fuerza de tracción y distancia interbracket.^(95,116)

2.5.3.6 Ansas de Cierre

Las ansas o resortes en los arcos de alambre para mover los dientes en forma individual o colectiva no es reciente en ortodoncia. Se han utilizado desde 1940 para almacenar fuerzas o reducir, en forma crítica, las producidas por los alambres al cambiar su comportamiento en la curva carga deflexión.^(19, 84, 110)

Un ansa es un resorte o espiral confeccionado en un alambre. Dependiendo de la forma geométrica y de la cantidad de alambre, involucrado en su fabricación, se alteran las propiedades elásticas, las vuelven más flexibles, con más rango de trabajo y producen menos fuerzas. Las ansas deben producir una fuerza continua, pero controlada, con un margen de seguridad preciso para que auto limiten su función después de un tiempo y no produzcan daños permanentes en los dientes y en los tejidos de soporte.⁽¹¹⁰⁾

Para utilizar ansas en los aparatos de ortodoncia, se deben considerar tres características: La relación entre la fuerza y deflexión, la carga en la cual ocurre una deformación permanente y el rango de activación dentro del límite elástico.⁽¹⁹⁾

Ya que las ansas de cierre proporcionan fuerzas sin fricción, los tejidos del periodonto experimentan una tensión más continua. Si bien, los estudios históricos sugieren otra cosa,⁽¹⁰²⁾ los estudios actuales sobre la invariabilidad de la fuerza sugieren que las fuerzas continuas fomentan velocidades más grandes de desplazamiento de los dientes.^(61,97)

Los tres criterios importantes en el manejo de ansas son:

1. Posición del Ansa. Un aspecto importante es la posición del ansa dentro del espacio interbracket.

La razón fundamental para colocar ansas adyacentes a los dientes anteriores hacia el espacio de extracción es que permiten la activación constante del ansa cuando se cierra el espacio.^(23,67,77)

Investigaciones recientes han demostrado que un cambio en la ubicación del ansa puede aumentar o disminuir el anclaje posterior necesario para un paciente dado.⁽⁶⁷⁾

2. Preactivación del Ansa. Cuando se activa un ansa de cierre, las partes anterior y posterior del alambre de arco se desvían de una orientación paralela. La activación deforma, temporalmente, las ansas permitiendo que se comporten como resortes o como elementos muy elásticos.^(110,141)

Cuando el alambre de arco del ansa de cierre se adapta en brackets se siente un momento de segundo y tercer orden en las partes anterior y posterior del alambre. Los momentos que actúan sobre el alambre de arco, a su vez, son aplicados a los dientes cuando se desactiva el alambre.^(23,77)

3. Diseño del ansa. Existen numerosos diseños de ansas,^(119,125) la preferencia por una en particular, se basa en su simplicidad de fabricación y entrega.

Los diseños ideales del ansa deben satisfacer diferentes criterios, sobre todo, las ansas de cierre deben resistir una activación grande, proporcionando fuerzas constantes y relativamente bajas, ser cómodas para el paciente y ser fáciles de fabricar.^(23,67,77)

Para satisfacer los criterios de un ansa de cierre ideal, se pueden alterar varios componentes del diseño.^(23,77) Incorporar alambre adicional en el diseño reducirá la cantidad de fuerza producida cuando se activa el ansa. Por tanto, se aplican fuerzas más óptimas, inferiores y se aumentan los momentos necesarios para control radicular en una forma relativa.

2.5.3.6.1 Sistema de fuerza de Activación del Ansa

Cuando un ansa de cierre activada se coloca entre brackets cruzando un espacio en el arco, se dan momentos de activación iguales y opuestos hacia los dientes adyacentes. Momentos iguales estimula el cierre de espacio recíproco, ya que los momentos anteriores y posteriores son iguales en magnitud, pero opuestos en dirección.⁽⁹¹⁾

La colocación asimétrica del ansa produce momentos desiguales. Las magnitudes de momentos son más grandes en los dientes más cercanos al ansa y más pequeños en los dientes más distantes.⁽¹²²⁾

Es importante tener presente los efectos verticales producidos por los sistemas de fuerza de momentos diferenciales.^(51,93,94,122) Las fuerzas extrusivas actúan en aparatos más cercanos al ansa (momento mayor) y fuerzas intrusivas actúan en aparatos más alejados. Las magnitudes de las fuerzas son proporcionales al diferencial del momento y son casi constantes,⁽⁶⁷⁾ como está indicado en la figura (Fig.39.).

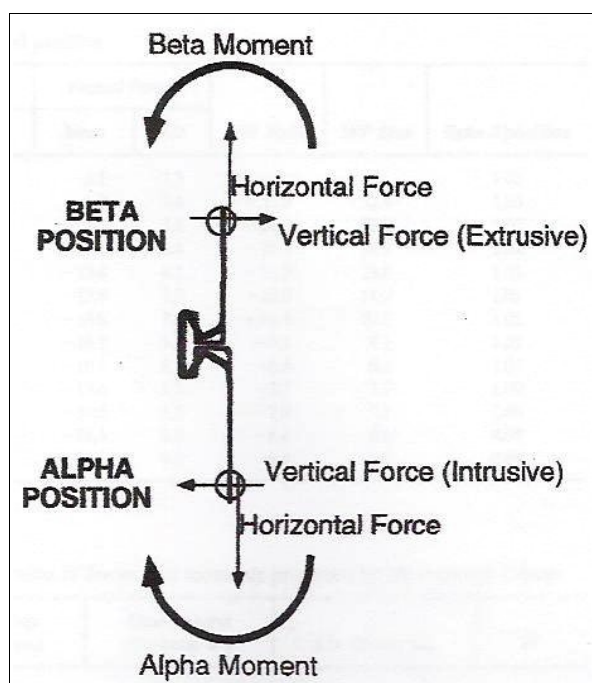


Fig.39.-- Sistema de fuerza medida en una Asa. Las fuerzas verticales muestran fuerzas extrusivas e intrusivas, que se producen dependiendo de la diferencia del momento alfa o beta.⁽⁶⁷⁾

2.5.3.6.2 Tipos de ansas

- Ansas horizontales dobles. Son eficientes cuando trabajan en dientes individuales y se usan para intruir o extruir, tienden a inclinar el diente o mover las raíces⁽⁸⁴⁾ (Fig. 40.), después de un movimiento de retracción.

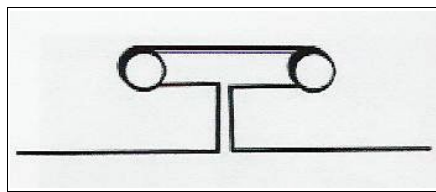


Fig.40.-- Ansas Horizontales dobles.⁽¹¹⁰⁾

- Ansas en forma de caja. Están compuestas por brazos horizontales y verticales confeccionados de tal forma que el alambre queda libre y móvil en todos los planos del espacio. Son muy flexibles, tienen un gran rango de trabajo y la magnitud de la fuerza dependerá de la activación oclusolingival o bucolingual.⁽¹¹⁰⁾ (Fig.41.).

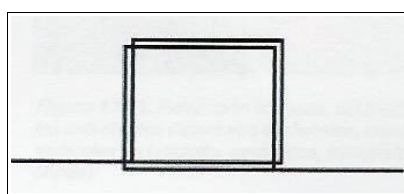


Fig.41.-- Ansas en forma de caja.⁽¹¹⁰⁾

- Ansas en forma de L. Se usan cuando se planean movimientos verticales de intrusión o extrusión. Son funcionales para la desinclinación de molares.^(110,141) (Fig.42.).

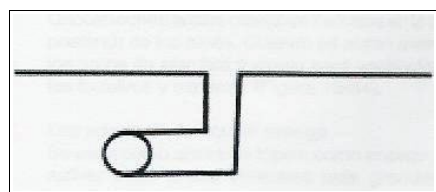


Fig.42.-- Ansa en forma de L.⁽¹¹⁰⁾

- Ansas verticales. Producen la fuerza en el plano horizontal. Se utilizan para hacer movimientos bucolinguales y mesiodistales. Son eficientes en la fase de alineación y en la de cierre de espacios en masa de los dientes. Strang^(126,127) y Downs⁽³⁵⁾, describen el uso de doble ansa vertical para mover los dientes en cuerpo en una dirección mesial o distal. (Fig.43.).

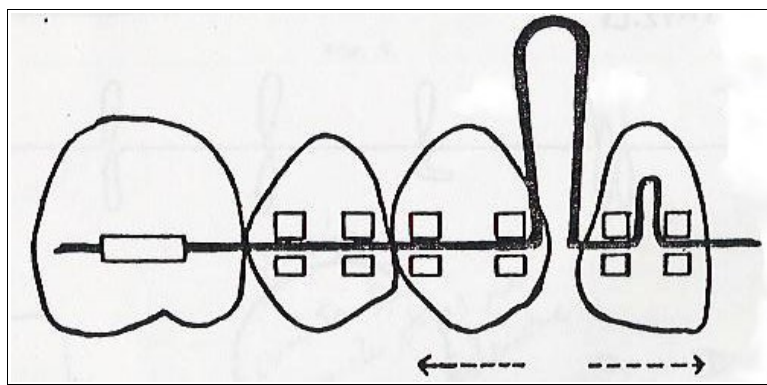


Fig.43.-- Ansa Vertical.⁽⁸⁴⁾

- Ansas combinadas verticales y horizontales. Son muy flexibles y con mucho rango de trabajo. Hacen el trabajo vertical y horizontal, ya que tienen mucho alambre.⁽¹⁴¹⁾ (Fig.44.).

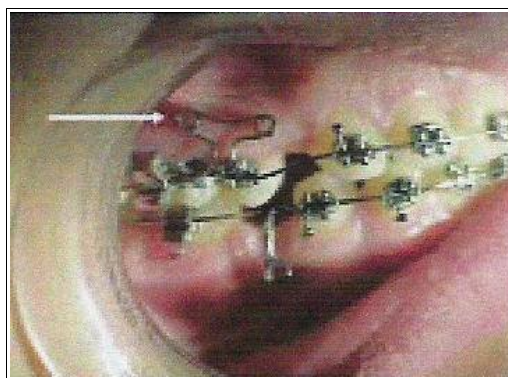


Fig.44.-- Ansa combinada vertical y horizontal.⁽¹¹⁰⁾

- Ansas con tope. Se utilizan para mantener el perímetro de los arcos y como método de anclaje, chocan contra la cara mesial de los tubos en la parte posterior de los arcos. Cuando se abren avanzan los arcos de alambre y sirven para vestibularizar los incisivos y expandir.⁽¹¹⁰⁾ (Fig.45.).

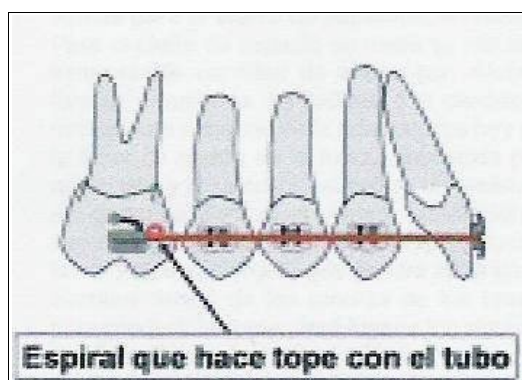


Fig.45.-- Ansa con topes.⁽¹¹⁰⁾

- Ansas en forma de Omega. Se usan como ansas de tope o como anclaje para activar otras ansas verticales más grandes en mecánicas de amarrado. El ansa es pequeña, no se activa y se mueve en forma libre en el espacio entre el segundo premolar y el primer molar de cada lado.⁽¹¹⁰⁾ (Fig.46.).

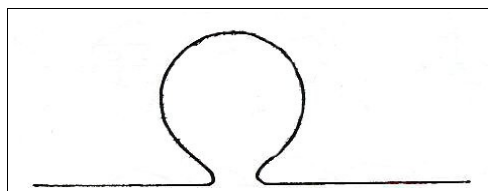


Fig.46.-- Ansa Omega.⁽⁸⁴⁾

- Ansa de torque. Es un ansa vertical comprimida la cual puede estar situada entre brackets gemelos adyacentes o brackets simples. Estas son contorneadas para presionar contra la superficie gingival de la corona y es activada ligándola a los brackets. Cuando el segmento bucal esta estabilizado. Este tiende a ejercer empuje radicular lingual.⁽⁸⁴⁾ (Fig.47.).

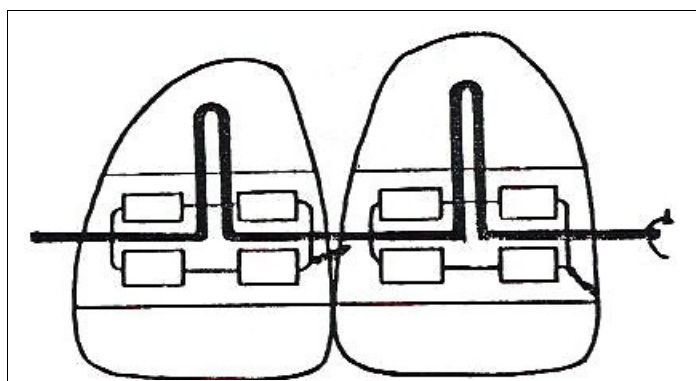


Fig.47.-- Ansa de Torque.⁽⁸⁴⁾

- Ansas en forma de “T”. El ansa horizontal en “T”, llamada así por su forma, es empleada para reducir al doble la fuerza expresada en un ansa horizontal simple. Esta ansa elimina la indeseable deflexión oclusal o gingival del arco de alambre cuando es activado, la cual puede producir una inclinación.^(84,141)

El ansa en “T” podrá elevar o deprimir un plano vertical verdadero. Tiene mucho alambre adicional en el plano horizontal, lo que incrementa su resistencia y flexibilidad, reduce las fuerzas y les da un amplio rango de trabajo. Se elabora en el arco principal y esta ubicada por lo general, entre el incisivo lateral y el canino o entre canino y premolares.⁽⁸⁴⁾ (Fig.48.).

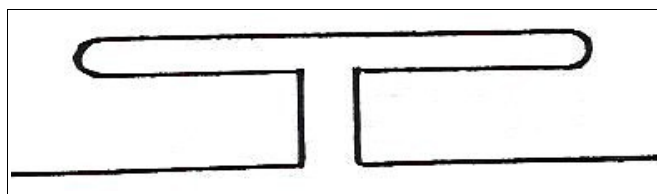


Fig.48.-- Ansa horizontal en T.⁽⁸⁴⁾

Los T-Loops son recomendados para obtener el sistema de fuerza necesario para el cierre de espacios en el anclaje tipo A. esta recomendación fue descrita por Burstone y Koenig.⁽¹²⁹⁾

Las dimensiones, horizontal gingival (dimensión G) y altura del loop (dimensión H), del ansa incrementan el rango Momento-fuerza liberado por el loop en el bracket. Para una dimensión H constante, el incremento de la dimensión G proporciona un rango M/F igual a la altura del loop. Otro efecto en el incremento en ambas dimensiones es la disminución de la relación carga-deflexión del loop, reduciendo la variación de la fuerza durante la desactivación, como se puede observar en la figura⁽¹³⁰⁾ (Fig.49.).

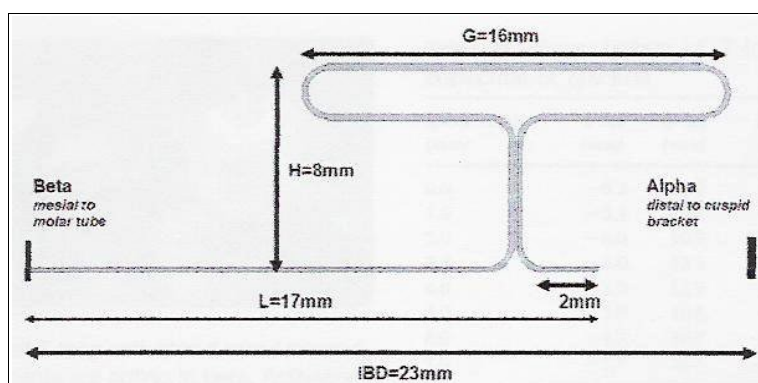


Fig.49.-- Dimensiones de los dobles del ansa sin preactivación. (G) Alambre apical del ansa en T; (H) altura del ansa en T; (L) longitud del ansa en T sin dobleces de preactivación. IBD, distancia interbracket.⁽¹³⁵⁾

Vicilli⁽¹³⁵⁾ demostró que la colocación de un T loop excéntrico, cerca de una unidad, incrementa el rango M/F de esta unidad, disminuyendo el rango M/F de la unidad opuesta. La aplicación de angulaciones a los loops pueden también incrementar el rango M/F en una unidad, el efecto sobre la unidad opuesta es una variable que depende de la geometría del doblez.

En el anclaje del grupo A, la colocación de T loop cerca de la unidad alfa y los dobleces cerca de la unidad beta fue originalmente introducida por Burstone.⁽²⁵⁾

Melsen y col.⁽⁸⁰⁾ estudiaron los efectos de las fuerzas verticales relativas al centro de resistencia de la unidad anterior en el anclaje tipo A usando T loop y estimaron que los momentos de fuerza vertical son importantes cuando se establece el diseño final de un loop.

Para los arcos de TMA el ansa en “T” puede activarse 3mm por distal del tubo molar, produciendo fuerzas que fluctúan entre los 250 y 300gr,⁽⁹³⁾ otros autores sugieren activaciones de 1mm por mes.⁽⁵²⁾

Es un ansa que es vertical y horizontal, por lo que cierra bien los espacios, y al tener un componente horizontal, tiene control vertical y de torque. Permite la activación del tramo horizontal de la “T” para conseguir mayor o menor control vertical. Es un ansa que utiliza una longitud media de alambre por lo que puede realizar una fuerza de intensidad media.⁽³⁷⁾

Diferentes diseños de T Loops se utilizan para mover segmentos como fué descrito por Burstone y Hanley y otros autores^(15,25,67,78) Cuando el T loop es usado para proveer un movimiento simétrico (anclaje tipo B), los cambios geométricos son aproximadamente los mismos en cada segmento, afectando la posición neutral y momentos del loop proporcionalmente a la posición del bracket. Esto mantiene el sistema de fuerza proporcional similar al que podría ser si los planos oclusales fueran coincidentes durante el movimiento.⁽¹³⁵⁾

- Ansa en “T” segmentaria. Como se describió anteriormente, esta ansa seccionada es elaborada con alambre rectangular de TMA de 0.017”x0.025”, produciendo una fuerza intrusiva de 63gr. Pudiendo ser transmitida al canino o a todo el segmento anterior.⁽⁷⁷⁾

En el espacio de extracción es colocada la “T” segmentaria, la cual inserta su extremo distal en el tubo auxiliar del molar y su extremo mesial en el bracket del canino,^(80,93,112) así como está indicado en la figura (Fig.50.).



Fig.50.-- Arco segmentario con ansas.⁽¹¹⁰⁾

2.5.4 Finalización y Contención

En esta última fase del tratamiento se realizan maniobras clínicas y mecánicas que permiten rectificar las posiciones dentarias individuales en los tres planos del espacio y optimizar la relación interoclusal para el logro de los objetivos funcionales.⁽⁵¹⁾

Dentro de las maniobras clínicas se encuentran la coordinación de los diámetros transversales, aspecto que debería estar solucionado al llegar a la etapa de arcos rectangulares, porque todos los arcos superiores e inferiores utilizados desde el inicio del tratamiento son arcos coordinados en forma y tamaño. Posición dentaria individualizada en cada una de las arcadas, nivelación de rebordes marginales, coincidencia de líneas medias, control del segmento posterior (Torque, Inclinación de molares y premolares) y del segmento anterior (overjet y overbite, torque, inclinación, guía canina e incisal).⁽⁵²⁾

Las maniobras de Contención tienen como objetivo impedir o minimizar los movimientos dentarios de recidiva que pueden hacerse evidentes luego de la finalización del movimiento dental, sobretodo en el grupo anteroinferior que es mas vulnerable. La contención puede ser fija o removible.⁽⁵²⁾

2.6 ALAMBRES DE USO EN ORTODONCIA

2.6.1 Propiedades Deseables

Los alambres ortodónticos, los cuales generan fuerzas biomecánicas comunicadas a través de brackets para el movimiento dental, son fundamentales para la práctica de la profesión.

En la selección racional de alambres para un tratamiento particular, se debe considerar una variedad de factores que incluyen: la cantidad de fuerza entregada, el rango elástico (rango de trabajo) o springback, formabilidad o facilidad de manipulación, la necesidad de estañar o soldar al ensamblar un aparato,^(14,128) la corrosión *in vivo*, con liberación de iones metálicos con las consecuentes consideraciones de biocompatibilidad para el paciente son también factores importantes.⁽¹⁴⁾

2.6.1.1 Límite proporcional

Es aquel límite por el cual ante una determinada tensión hay una determinada deformación.^(46,76,100)

2.6.1.2 Límite Elástico

Es la tensión máxima que puede ser aplicado a un material antes de que este se deforme permanentemente, es decir que el material volverá a la forma original al eliminarse la fuerza aplicada sobre él.^(76,100)

2.6.1.3 Resistencia a la fluencia

Es la auténtica deformación física, en donde el alambre pierde sus propiedades elásticas y se deforma permanentemente.⁽⁷⁶⁾

2.6.1.4 Elasticidad

Es la capacidad de recuperar la dimensión original después de que haya cesado la fuerza sin que quede ninguna deformación en el alambre.⁽⁴⁶⁾

2.6.1.5 Rigidez

Resistencia que posee un alambre a ser deformado.⁽⁷⁶⁾

2.6.1.6 Módulo de Young

Que un alambre sea más elástico o más rígido viene determinado por el módulo de Young. El módulo de Young es un valor constante para cada material y se obtiene al dividir el valor de la tensión por el valor de la deformación.⁽¹²¹⁾

2.6.1.7 Resiliencia

Es la capacidad que tiene un material de almacenar energía cuando este se deforma, para luego liberarla. Recuperación elástica de un material.^(46,100)

2.6.1.8 Moldeabilidad o Formabilidad

Es la capacidad que tiene un alambre antes de llegar a su punto de fractura.⁽⁷⁶⁾

2.6.1.9 Deflexión

Es la distancia a la que se desplaza cualquier punto del alambre al aplicarle una fuerza.⁽⁷⁶⁾

2.6.1.10 Rango o Amplitud de Trabajo

Es la distancia en línea recta a la que puede ser deformado un alambre sin que esta deformación sea permanente.⁽¹²¹⁾

2.6.1.11 Resistencia a la corrosión

Es la propiedad de los metales a conservar sus propiedades y dimensiones originales ante la presencia de ciertas soluciones en la boca.^(46,76)

Actualmente, los ortodoncistas usan principalmente alambres de aleaciones cuyos ingredientes principales son mayormente cuatro: acero inoxidable, cobalto-cromo-níquel, níquel-titanio y titanio.

El alambre utilizado en ortodoncia debe poseer varias propiedades lo cual lo hacen “ideal” para la practica ortodóntica, dentro de las cuales están: gran resistencia a la fractura, gran elasticidad (poca rigidez), gran moldeabilidad o formabilidad, gran deflexión, permitir ser soldado, resistencia a la corrosión, estético, higiénico, barato, ser bioinerte y no permitir la adhesión de la placa bacteriana, económico, no causar incomodidad o dolor mínimo al paciente, no causar reacciones alérgicas.⁽²⁹⁾

2.6.2 Aleaciones

2.6.2.1 Alambres de Aleación de Oro

Históricamente, los alambres de aleación de oro fueron usados por primera vez en la práctica ortodóntica, aunque estos alambres de metal noble tienen actualmente un uso mínimo debido a su costo mucho mayor que el de otros alambres. Los alambres de aleación de oro tenían una fuerza entregada elástica mucho menor que la de un alambre de acero inoxidable con una sección transversal de iguales dimensiones y con segmentos de iguales longitudes. Para estos alambres de oro se podía lograr un endurecimiento y fortalecimiento sustanciales mediante un tratamiento de calor apropiado.⁽¹²⁸⁾

2.6.2.2 Alambres de acero inoxidable

Durante la década de 1950, ya se utilizaban aleaciones de acero inoxidable para la mayoría de los alambres ortodónticos. Los alambres de acero inoxidable siguen siendo populares debido a su favorable combinación de bajo costo y excelente formabilidad, junto con buenas propiedades mecánicas. Estos alambres pueden ser estañados y soldados para la fabricación de aparatos complejos, aunque es necesario estañar para reforzar las juntas de soldadura.^(46,100)

Su constitución básica reúne 71% de hierro, 18% de Cromo y 8% de Níquel. El cromo en el acero inoxidable forma una capa de óxido pasivizante delgada y adhesiva que proporciona resistencia a la corrosión al bloquear la difusión de oxígeno al interior de la aleación.⁽¹²⁸⁾

Por causa de su alto módulo de elasticidad los alambres de acero son muy rígidos, tienen un bajo módulo de resiliencia comparado con aleaciones más modernas, alta tenacidad, por lo que pueden ser doblados con poco riesgo de fracturarse, lo que permite fabricar ansas y dobleces de diversas formas⁽⁴⁶⁾ (ver Fig.51.).

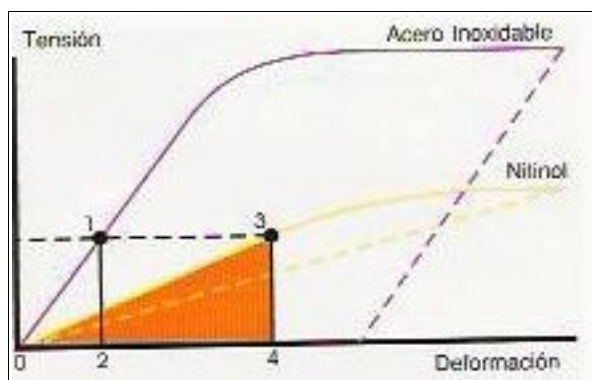


Fig.51.-- Curva Tensión-deformación de Acero inoxidable y Níquel Titanio. El segundo presenta una curva más horizontal, lo que demuestra su bajo módulo de elasticidad y gran flexibilidad, además aplica fuerzas más suaves y constantes que el acero (líneas discontinuas).⁽⁴⁶⁾

Se encontró que ocurrieron aumentos substanciales en el límite elástico luego de haber tratado con calor a Loops de Cierre simples fabricados con segmentos de alambre rectos. Desde un punto de vista clínico, el principal propósito de tratar con calor a aparatos ortodónticos de acero inoxidable es minimizar rupturas, más que obtener aumentos de resiliencia significativos.^(14,128)

2.6.2.3 Alambres de Cobalto-Cromo-Níquel

Una aleación para alambre ortodónticos compuesta por cobalto-cromo-níquel (Elgiloy) fue desarrollada durante la década de 1950 por la Corporación Elgiloy (Elgin, IL, USA). Esta aleación, que originalmente fue usada para resortes de reloj, está disponible en cuatro temple (niveles de resiliencia) que el fabricante ha codificado con colores: azul (suave), amarillo (dúctil), verde (semi-resiliente) y rojo (resiliente). Como en el caso de las aleaciones de acero inoxidable, la resistencia a la corrosión del Elgiloy surge de una delgada capa pasivante de óxido de cromo en la superficie del alambre.⁽¹⁴⁾

Este tipo de aleación, tiene la ventaja de que se puede conseguir en un estado más blando y moldeable, y se puede endurecer después mediante la aplicación de calor tras haberle dado la forma deseada. El calentamiento incrementa notablemente su resistencia.

La aleación Elgiloy Azul es muy popular en muchos ortodoncistas porque el alambre inalterado puede ser manipulado para darle las formas deseadas y luego tratado con calor para lograr aumentos considerables en resistencia y resiliencia.^(13,128)

2.6.2.4 Alambres de Beta-Titanio

En 1979, Goldberg y Burstone^(72,73) escribieron un artículo sobre una nueva aleación de titanio, beta-Titanio (B-Ti). Esta aleación era primariamente un binario de 78% de titanio (Ti) y 11.5% de Molibdeno (Mo) descrito por Collings en su estudio. La presencia de Mo hizo posible una aleación más formable^(71,72)

Además, reconocieron su potencial para entregar fuerzas biomecánicas más bajas que las entregadas por aleaciones de acero inoxidable y cobalto-cromo-níquel. El Módulo de Elasticidad para alambres de β -titanio es aproximadamente el 40% de aquél para alambres de acero inoxidable o Elgiloy Azul.^(71,109) La adición de 6% de Zirconio (Zr) y 4.5% de estaño (Sn) fueron destinadas para reforzar la aleación, según lo reportado por Kusy..⁽⁷⁴⁾

Esta rigidez es comparable con la porción lineal inicial de la aleación Niquel-Titanio súper elástico (Ni-Ti).^(71,73) dos veces más que la clásica aleación martensítica de Ni-Ti, pero únicamente un tercio que la aleación de Titanio-Molibdeno.^(72,73) Debido al valor mucho más bajo del Módulo de Elasticidad,⁽²⁴⁾ y pese a valores más bajos de Resistencia a la fluencia, los alambres de β -titanio tienen valores de springback significativamente mejores, lo que aumenta marcadamente su rango de trabajo para movimiento dental. Esto último se relaciona con el aporte a su resistencia y rigidez, o sea a su flexibilidad,⁽⁶⁷⁾ como puede observarse en el gráfico (Fig.52.).

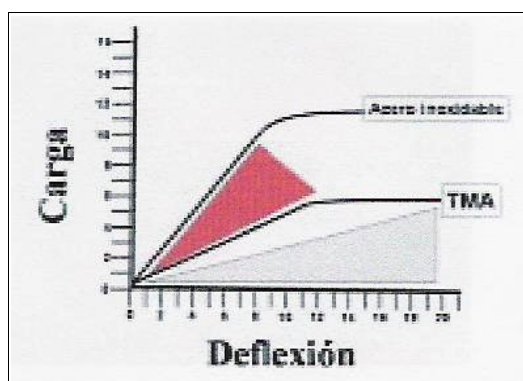


Fig.52.-- Curva carga/deflexión comparativa del acero inoxidable y del Titanio/molibdeno.⁽¹¹⁰⁾

El zirconio y zinc presentes en la composición de la aleación contribuyen a aumentar su resistencia y dureza, y evitan la formación de la fase ω (que hace quebradiza a la aleación) durante el procesamiento del alambre a temperaturas elevadas. Este procesamiento del alambre puede ser problemático debido a la reactividad del titanio, y ha habido reportes de

que algunos lotes de arcos TMA son susceptibles de fracturarse durante una manipulación clínica pese a la excelente formabilidad inherente a la aleación de β -titanio.⁽¹²⁸⁾

El β -titanio es la única aleación para alambres ortodónticos que posee una verdadera capacidad para ser soldada. Como se mencionó anteriormente, las uniones soldadas de aparatos de acero inoxidable o Elgiloy requieren de un reforzamiento adicional con estañado.^(74,46)

Otra importante característica de los alambres de β -titanio es la ausencia de níquel, presente en los otros tres principales tipos de aleación para alambres. Las excelentes resistencia a la corrosión y biocompatibilidad del β -titanio se debe a la presencia de una delgada y adherente capa superficial de óxido de titanio (TiO_2).^(14,73)

Anteriores investigaciones han demostrado que esta aleación tiene una superficie áspera aunque no es la más áspera entre todas las aleaciones de arcos de alambre⁽⁶⁹⁾ Esta aleación ha exhibido la mayor resistencia al deslizamiento.^(69,68) Adicionalmente a su baja eficiencia de movimiento su reproducibilidad es baja como lo demuestran gran cantidad de experimentos.⁽⁷⁴⁾

La Corporación Ormco (Glendora, CA, USA) ha puesto en el mercado un alambre de β -titanio. El nombre comercial de este alambre es TMA.

2.6.2.5 Alambres de Níquel-Titanio

El pionero para el desarrollo de alambres de níquel-titanio para ortodoncistas fue Andreasen, quien a principios de la década de 1970 publicó con colegas artículos que abogaban por su uso. El primer alambre ortodóntico de aleación de níquel-titanio (Nitinol) fue puesto en el mercado por la Corporación Unitek (ahora 3M Unitek, Monrovia, CA, USA). El nombre genérico "Nitinol" aplicable a este grupo de aleaciones de níquel-titanio se origina de las palabras níquel y titanio, y con las siglas en inglés *NOL* [*Naval Ordnance Laboratory*, Laboratorio Naval de Municiones] donde Buehler y asociados desarrollaban aleaciones.^(14,100)

El alambre ortodóntico de Nitinol ofrecía un Módulo de Elasticidad de aproximadamente un 20% del valor que tiene en los alambres de acero inoxidable, junto con un Rango de Trabajo Elástico muy amplio.^(46,100)

Dos nuevos alambres de Níquel-Titanio súper elásticos, uno de NiTi de fabricación china (puesto en el mercado bajo el nombre de Ni-Ti por Ormco) y otro de NiTi de fabricación japonesa (puesto en el mercado bajo el nombre de Sentalloy por GAC International, Islandia, NY, USA), que tenía una verdadera memoria de forma a la temperatura del medio oral, mejorando las propiedades de aleaciones tales como el acero inoxidable, como se indica en el gráfico (Fig.53.), fue introducida a principios de la década de 1990.⁽¹²⁸⁾

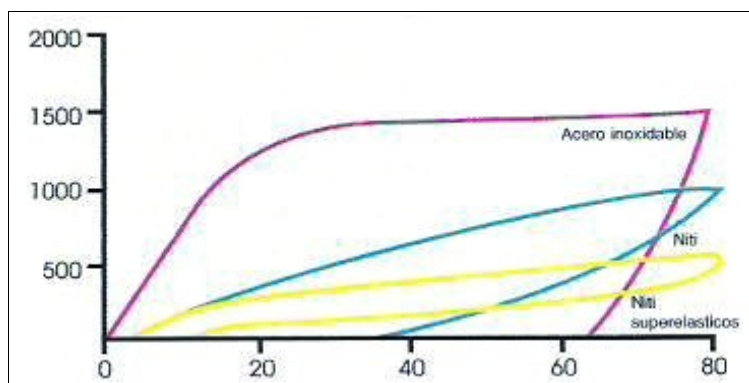


Fig.53.-- Curva Tensión/deformación de Acero inoxidable, Ni Ti y Ni Ti súper elásticos. Este último presenta las propiedades mecánicas de más flexibilidad y menos fuerza ortodóntica, con relación a los alambres de NiTi convencionales o de acero.⁽⁴⁶⁾

Algunos ortodoncistas han estado preocupados por la biocompatibilidad de estos alambres debido a su alto contenido de níquel.⁽⁴⁾

Hay dos fases principales del NiTi en los alambres de níquel-titanio. El NiTi austenítico que ocurre a altas temperaturas y bajos esfuerzos. El NiTi martensítico que se forma a bajas temperaturas y altos esfuerzos.⁽¹⁰⁰⁾

Son desventajas clínicas de las aleaciones ortodónticas de níquel-titanio el que no se pueden colocar fácilmente dobles permanentes en los alambres y que los alambres no pueden estañarse.⁽⁴⁶⁾

En 1994, la Corporación Ormco introdujo una nueva aleación para alambres ortodónticos, Cobre Ni-Ti, la cual está disponible en tres variantes de temperatura: 27, 35 y 40°C, correspondientes a las temperaturas austenita-fin para completar la transformación martensita-a-austenita. El fabricante ha reportado que para cada variante ocurre un

comportamiento de Memoria de Forma a temperaturas que exceden la temperatura especificada. Estas variantes podrían ser útiles para distintos tipos de pacientes ortodónticos. Por ejemplo, la variante de 27°C puede ser útil para quienes respiran por la boca; la de 35°C se activa a temperatura corporal normal, y la variante de 40°C proporcionaría activación sólo después de consumir alimentos o bebidas calientes.⁽¹²⁸⁾

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Demostrar a través de mediciones en cefalogramas los cambios que ocurren en el espesor del hueso alveolar al realizar la retracción de los dientes anteriores en pacientes que presentan una protrusión bimaxilar y que son tratados con extracción de los cuatro primeros premolares y con arcos de retracción de TMA con dobleces en “T”.

3.2 Objetivos Específicos

- 3.2.1 Determinar a través de mediciones en la radiografía lateral de cráneo los cambios postratamiento que se presentan en el espesor del hueso alveolar maxilar vestibular, lingual, en el reborde alveolar total y vestibular mandibular, una vez realizada la retracción de los dientes anteriores.
- 3.2.2 Establecer por medio de las medidas cefalométricas los cambios verticales y horizontales que se producen postratamiento a nivel de los incisivos superiores e inferiores.
- 3.2.3 Evaluar por medio de la medición en las cefalometrías si existe o no mesialización en los molares superiores utilizando como sistema de anclaje el botón de Nance.
- 3.2.4 Observar y comparar en las medidas obtenidas de los cefalogramas la cantidad de movimiento lingual de los dientes anteriores y si se produce una inclinación o retracción en cuerpo.
- 3.2.5 Obtener a través de las mediciones en cefalogramas los cambios pre y postratamiento en la relación del eje del incisivo inferior con el plano mandibular.

3.2.6 Determinar si la retracción con arcos TMA con dobleces en “T” produce fuerzas más fisiológicas durante el movimiento de retracción de los dientes anteriores comparado con el uso de cadenas elásticas.

4 Hipótesis

En el tratamiento ortodóntico en pacientes con protrusión bimaxilar y apiñamiento moderado a severo, la retracción del segmento anterior produce cambios en el grosor del hueso alveolar observándose disminución del mismo con el movimiento, independientemente de que éste sea un movimiento en cuerpo o una inclinación del segmento incisivo.

5 Materiales Y Métodos

El presente estudio consistió en evaluar a un universo de 100 pacientes que fueron sometidos a tratamiento de ortodoncia en la clínica odontológica del Centro Medico Doctor Luis Burbano Cadena del Club de Leones Quito. Para todo paciente fueron solicitadas radiografías panorámica y lateral de cráneo, a las cuáles se les realizaron los análisis cefalométricos respectivos, utilizando el análisis cefalométrico de Ricketts, para incorporarlos dentro de los criterios de inclusión correspondientes, especialmente fueron seleccionados pacientes con protrusión dentoalveolar bimaxilar con un apiñamiento leve a moderado de 4 a 6mm. Ambas radiografías fueron tomadas bajo normas estandarizadas y en la misma maquina de rayos X, por el mismo operador.

5.1 Criterios De Inclusión

Los sujetos de estudio de la presente investigación fueron 100 pacientes que acudieron a la clínica odontológica del Centro Médico Dr. Luis Burbano Cadena del Club de Leones Quito Central, en busca de tratamiento ortodóntico, dentro de los cuáles se seleccionaron 20 que cumplieran con los siguientes requisitos:

- Edad entre 14 y 25 años en buen estado de salud general.
- Clase I o ligera clase II esquelética.

- Protrusión bimaxilar.
- Apiñamiento dental anterior mínimo a moderado.
- Biprotusión labial.
- Perfil convexo o recto.
- Dentición permanente completa.
- En buen estado de salud dental.
- Pacientes que no tengan o hayan tenido enfermedad periodontal.
- Sin experiencias ortodónticas anteriores.
- Que tengan su residencia en la ciudad de Quito en los próximos dos años.

5.2 Criterios De Exclusión

No se consideraron dentro de la investigación aquellos pacientes que a pesar de cumplir con los requisitos respectivos, presentaran enfermedades sistémicas que contraindiquen el tratamiento ortodóntico, tales como:

- Retardo mental.
- Incapacidad motriz.
- Parálisis cerebral.
- Problemas psicológicos.
- Pacientes que no fueran a tener su residencia permanente en la ciudad de Quito dentro de los siguientes 2 años a partir del inicio del tratamiento.
- Pacientes que presentaban pérdidas de piezas dentales.
- Pacientes con tratamiento de ortodoncia previos.

- Pacientes con problemas de tipo periodontal activo.
- Pacientes con pérdida de hueso alveolar por problemas periodontales controlados.
- Pacientes cuyas radiografías no presentaran un adecuado contraste y claridad de las estructuras anatómicas.
- Pacientes cuya radiografía postratamiento no pudieran ser tomada inmediatamente retirados los aparatos.
- Pacientes que necesitaran tratamiento quirúrgico incluido.
- Pacientes cuyas radiografías pretratamiento y postratamiento no fueran tomadas en la misma maquina radiográfica.

Todos los pacientes fueron sometidos a la extracción de los cuatro primeros premolares. Para cada paciente se indicaron radiografías panorámica y cefálica lateral antes y después del tratamiento, el que tuvo un tiempo promedio entre 18 a 24 meses.

Se tomaron medidas del espesor vestibular, Lingual y espesor alveolar total de las corticales alveolares del hueso maxilar y vestibular del hueso mandibular. Las medidas fueron tomadas en el sitio adyacente al punto mas ancho de la raíz en sentido vestibulolingual en 3 sitios separados por 3 mm (S1, S2 y S3) como se observa en la figura (Fig.54.) a partir de la cresta del hueso alveolar. Al comienzo del tratamiento, se tomaron 9 medidas en total del incisivo superior : 3 sobre el lado vestibular, 3 sobre el lado lingual, y se tomaron también 3 medidas del espesor total del reborde alveolar. En el inferior: 3 sobre el lado vestibular (T1), las mismas medidas fueron repetidas una vez terminado el tratamiento (T2). Todas las medidas fueron hechas por el investigador, las cuáles están debidamente guardadas y almacenadas para los fines de la investigación.

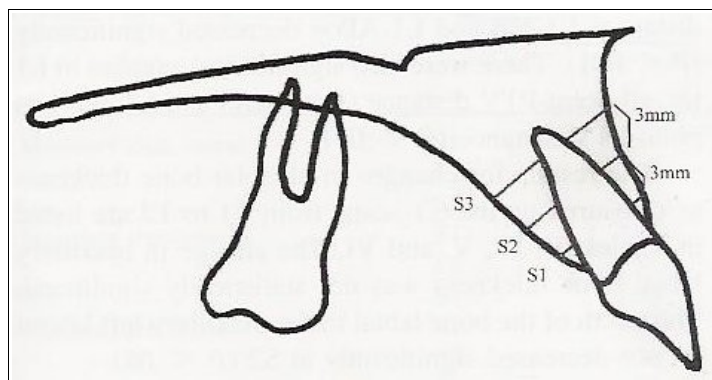


Fig.54.-- Localización del espesor óseo medido antes y después de la retracción.⁽¹¹⁵⁾

También se evaluaron medidas angulares y lineales de los incisivos centrales para determinar la cantidad de movimiento lingual y diferenciar entre la retracción por inclinación y la retracción en cuerpo. Las medidas cefalométricas (en milímetros) incluyen el punto incisivo de U1-PTV (Vertical Pterigoidea), el punto cervical de U1-PTV, el punto apical de U1-PTV, el punto incisivo U1-FH, el punto incisivo de L1-PTV, el punto cervical de L1-PTV, el punto apical de L1-PTV, y el punto incisivo de L1-FH, como lo indica la figura (Fig.55.).

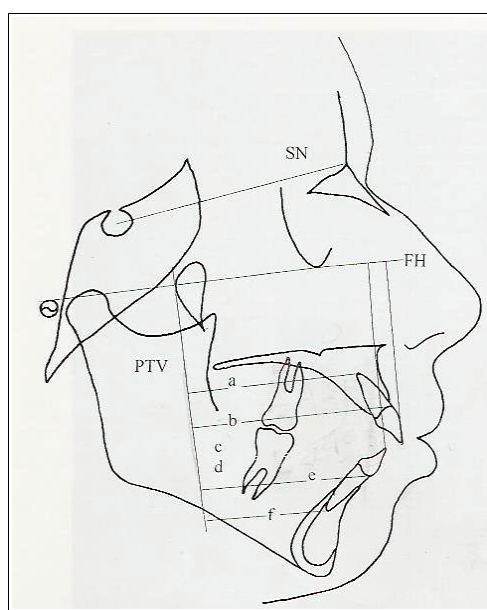


Fig.55.-- Medidas que relacionan los cambios horizontales y verticales de los incisivos. a, Ápice U1-PTVmm; b, cervical U1-PTVmm; c, Incisal U1-PTVmm; d, Incisal L1-PTVmm; e, cervical L1-PTVmm; f, apice L1-PTVmm; g, Incisal U1-FHmm; h, Incisal L1-FHmm.⁽¹¹⁵⁾

Las medidas angulares son U1-FH, U1-Apog y la distancia U1-Apog para el maxilar y para la mandíbula FMIA, IMPA, L1-Apog y las distancia L1-Apog.

Para medir la pérdida de anclaje se utilizó la distancia en milímetros desde la vertical pterigoidea (PTV) hasta la superficie Distal del primer molar superior.

Previamente a la extracción se colocó toda la aparatología fija con brackets Roth slot 0,022”, colocando un Botón de Nance como anclaje para posteriormente realizar las exodoncias respectivas.

La nivelación inicial se realizó con arcos Nitinol 0,012”y 0.014”, luego de aproximadamente tres meses los caninos se distalizaron con un arco de acero inoxidable 0,016” utilizando cadeneta elástica que ejercía una fuerza de 200gr.

Una vez que la distalización del canino se completó, se consolidaron los segmentos anteriores y laterales con un arco 0,018 de Nitinol para renivelar. Posteriormente se produjo la retracción del segmento anterior para lo cual se utilizó un arco TMA 0,017 x 0,025” con dobleces en “T” con activaciones de apertura del ansa mensuales de 1mm por distal del tubo molar y cinchado del alambre; con fuerzas entre los 250-300 gr. La retracción de los incisivos se completa en aproximadamente de 4 a 5 meses Posteriormente se coloca una arco de Nitinol 0,018 y se finaliza con un arco de TMA 0,019 X 0,025.”

Los trazados cefalométricos pre y posttratamiento fueron realizados por el mismo investigador para evitar posibles variaciones en la apreciación de las estructuras anatómicas y en la toma de valores respectivos.

Se registró el nombre del paciente, número de historia clínica, código asignado, edad, antecedentes personales y enfermedad actual.

Se utilizaron los siguientes puntos y planos cefalométricos⁽¹⁾

- U1: borde incisal del incisivo central superior.
- U2: punta del ápex del incisivo superior.
- L1: punta del incisivo central inferior.
- L2: punta del ápex del incisivo inferior.

- S: (silla) centro de la silla Turca.
- N: (Nasion) punto más anterior de la sutura frontonasal.
- Po: (porion) Punto medio del contorno superior del conducto auditivo externo.
- Pt: es un punto que representa el foramen rotundum. Se encuentra en la unión de este foramen con la región superior izquierda de la fisura pterigomaxilar.
- Or: (orbital) es el punto más inferior ubicado sobre el borde inferior de la órbita.
- A: punto más profundo del contorno anterior del maxilar.
- Pg: (pogonion) punto más anterior del mentón.
- B: punto más profundo en el contorno anterior de la mandíbula.
- Go: (gonion) se ubica en el punto de unión del borde posterior de la rama con el borde inferior del cuerpo mandibular. Es decir, es el centro del contorno posteroinferior de la mandíbula.
- Me: el punto más bajo en la sínfisis del mentón.
- PTV: vertical pterigoidea.
- SN: plano silla-Nasion.
- FH: Plano de Frankfort. Unión entre el punto po-Or.
- Distancia U1-A-Pog: distancia del borde incisal del incisivo superior al plano A-Pog.
- Distancia L1- A-Pog: distancia del borde incisal del incisivo inferior al plano A-pog.

- Distancia U1- A-Pog: distancia del borde incisal del incisivo superior al plano A-Pog.
- Distancia L1-A-Pog: distancia del borde incisal del incisivo inferior al plano A-Pog.
- Plano Mandibular: Línea que une los puntos gonion y mentón.
- Eje del incisivo central superior: línea que une los puntos U1-U2.
- Eje del incisivo central Inferior: Línea que une los puntos L1-L2.
- FMIA: Ángulo del eje del incisivo mandibular- Frankfort.
- IMPA: Ángulo plano mandibular-eje del incisivo mandibular.
- U1-FH: Ángulo del eje del incisivo superior y el plano de Frankfort.

A cada radiografía se le realizaron los trazados respectivos en hojas de papel de acetato para cefalometría marca ortho-organizers sobre el lado mate, con un porta minas de mina de 0.5mm de diámetro, utilizando una regla Cephalometric protractor marca Ortho Organizers, Inc, posteriormente se escaneo la imagen de la cefalometría y se realizaron las medidas con la ayuda del software AutoCAD v.2006.

Los datos fueron recolectados para cada paciente individual, en tablas realizadas en excel con las medidas pre y postratamiento. Una vez obtenidos todos los datos, se elaboró una tabla general también en excel con la identificación del paciente y todas las mediciones antes y después del tratamiento.

6 RESULTADOS

Con los valores obtenidos antes y después del tratamiento de los cefalogramas laterales se establecieron las diferencias existentes.

El test T emparejado fue usado para evaluar los cambios que ocurrieron en el hueso como resultado de la retracción incisiva.

El rango de correlación de Spearman se aplicó para identificar cualquier correlación entre la cantidad de movimiento incisivo y la cantidad de pérdida ósea.

Los resultados de las medidas cefalométricas se encuentran recolectados en las tablas I y II. En muchos pacientes existieron diferencias significativas entre los promedios de T1 y T2.

	UI-FH (°)	UI-AP (°)	UI-AP (mm)	UI inc-PTV (mm)	UI Cer-PTV (mm)	UI Apex-PTV (mm)	UI inc-FH (mm)	PTV-Mol sup (mm)
T1								
X	115,5	32,3	10,7	60,3	59,4	50,5	56,2	18,7
SD	7,3	7,2	3,4	4,2	4,1	4,1	4,6	3,9
T2								
X	106,4	23,6	7,4	55,8	57,2	49,9	58,5	20,2
SD	6,7	5,7	2,3	4,8	4,8	4,4	4,3	4,3
P	0.027	0.041	0.000	0.000	0.000	0.240	0.000	0.028

Tabla.I.-- $P < 0.05$. Valores promedio medidos en las cefalometrías para los dientes anteriores maxilares antes y después de la retracción.

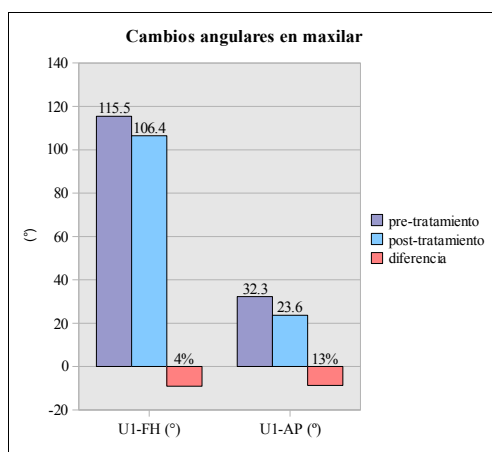


Fig.56.-- Gráfica de los promedios de los cambios angulares para los dientes anteriores maxilares antes y después de la retracción.

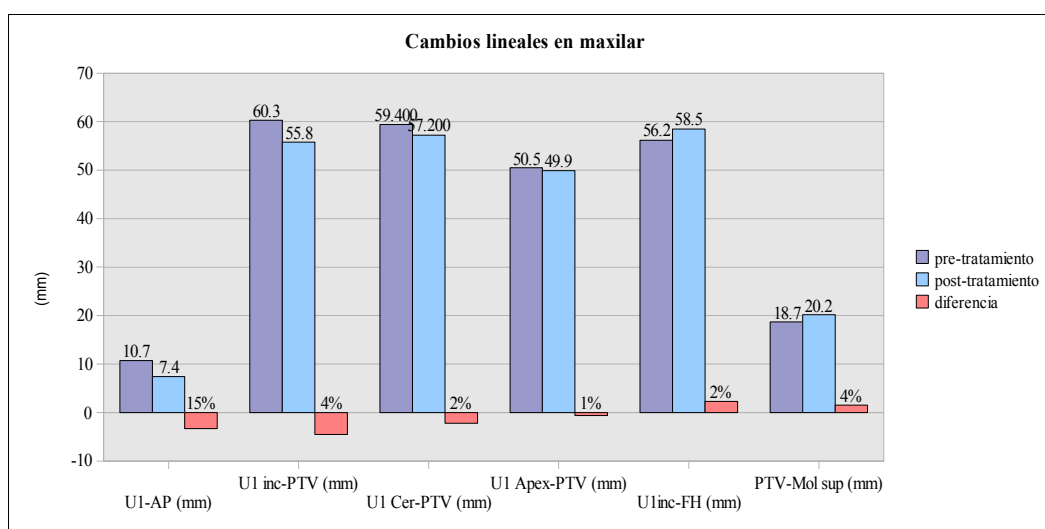


Fig.57.-- Gráfica de los promedios de los cambios lineales para los dientes anteriores maxilares antes y después de la retracción.

	FMIA (°)	IMPA (°)	L1-Ap (°)	L1-Ap (mm)	L1Inc-PTV (mm)	L1Cer-PTV (mm)	L1 Apex-PTV (mm)	L1 Inc-FH (mm)
T1								
X	54,1	94,4	27,3	6,5	56,4	54,2	42,4	54,7
SD	6,8	6,7	4,8	2,8	5,0	4,7	5,4	5,3
T2								
X	58,6	90,2	23,8	5,0	53,6	51,8	41,8	56,4
SD	6,3	6,1	4,8	2,5	5,0	5,5	5,8	4,5
P	0.027	0.003	0.480	0.010	0.000	0.000	0.180	0.026

Tabla.II.-- $P<0.055$. Valores promedio medidos en las cefalometrías para los dientes anteriores mandibulares antes y después de la retracción

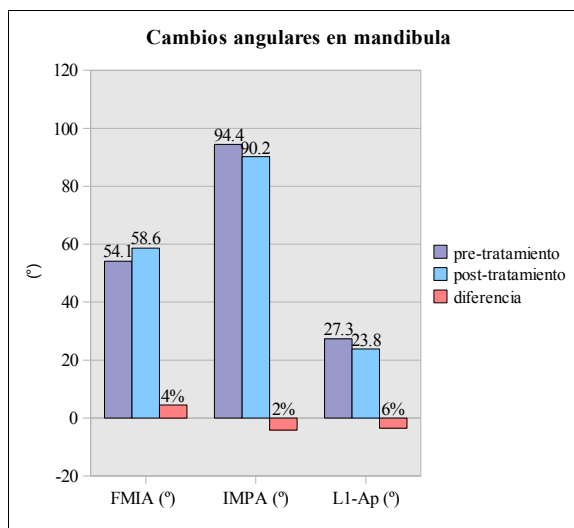


Fig.58.-- Gráfica de los promedios de los cambios angulares para los dientes anteriores mandibulares antes y después de la retracción.

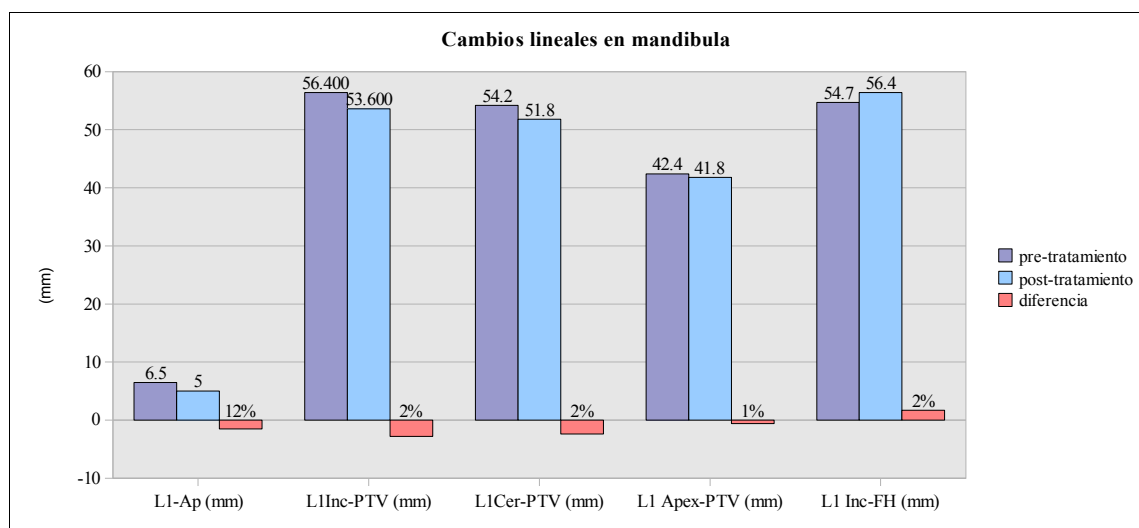


Fig.59.-- Gráfica de los promedios de los cambios lineales para los dientes anteriores mandibulares antes y después de la retracción.

Para el maxilar, los ángulos U1-FH, U1-Apog disminuyeron significativamente ($P<0.05$). Las distancias U1-Apog, incisal U1-PTV, Cervical U1-PTV, también disminuyeron significativamente. En La distancia Apical U1-PTV no hubo cambios significativos. La distancia incisal U1-FH cambio significativamente en el tiempo. con respecto a la distancia PTV- molar superior también mostró cambios significativos con tendencia al aumento.

Para la mandíbula, el incremento del ángulo FMIA fué altamente significativo ($P < 0.05$), los ángulos IMPA, L1-Apog y las distancias L1-Apog disminuyeron significativamente. También hubo una significativa disminución en la distancia Incisal L1-PTV y Cervical L1-PTV. La distancia apical L1-PTV mostró mínimo cambio, pero la distancia L1-FH mostró un cambio significativo.

Los resultados de los cambios en el espesor del hueso alveolar medidos en las radiografías se encuentran listados en las tablas III, IV, V y VI.

Los cambios en el espesor del hueso alveolar vestibular y lingual en el maxilar fueron estadísticamente significantes para S1, S2 y S3 ($P \leq 0.05$). Los cambios en el espesor total del reborde óseo maxilar, presentaron cambios altamente significativos, todos con tendencia a disminuir. ($P \leq 0.05$)

En la mandíbula el espesor del hueso alveolar disminuyó significativamente para S1, S3 y S3. ($P \leq 0.05$)

	T1		T2		
	X	SD	X	SD	P
S1	1,6	0,6	0,9	0,2	0,00
S2	1,1	0,3	0,7	0,1	0,02
S3	0,800	0,400	0,4	0,2	0,040

Tabla.III.-- $P \leq 0.05$. Comparación de los valores promedio del espesor del hueso alveolar vestibular medidos en las radiografías laterales de cráneo antes y después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.

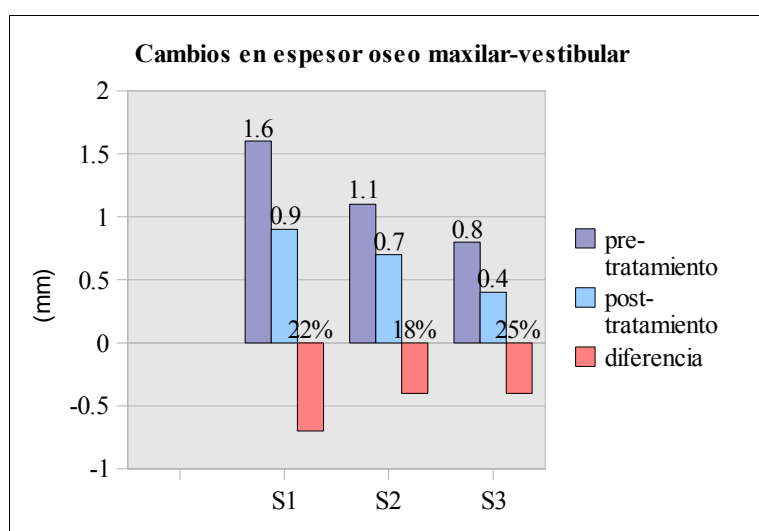


Fig.60.-- Gráfica de los promedios de los cambios en el espesor del hueso alveolar vestibular antes y después de la retracción de los dientes del maxilar.

	T1		T2		P
	X	SD	X	SD	
S1	0.70	0.50	1.10	0.40	0.04
S2	2,1	0.60	1,3	0.50	0.00
S3	1.200	0.500	0.700	0.400	0.001

Tabla.IV.-- $P \leq 0.05$. Comparación de los valores promedio del espesor del hueso alveolar lingual medidos en las radiografías laterales de cráneo antes y después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.

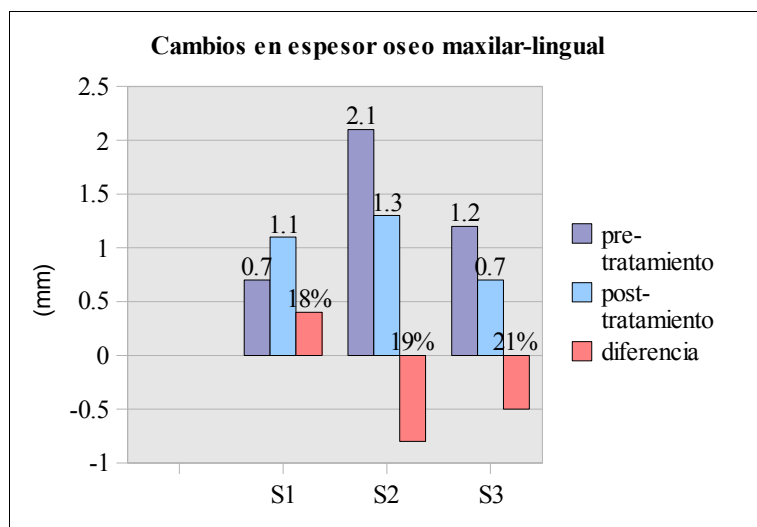


Fig.61.-- Gráfica de los promedios de los cambios en el espesor del hueso alveolar lingual antes y después de la retracción de los dientes del maxilar.

	T1		T2		P
	X	SD	X	SD	
S1	9.30	1.50	8.20	1.20	0.00
S2	8.50	1.30	7.50	1.00	0.00
S3	7.700	1.100	6.800	0.800	0.002

Tabla.V.-- $P \leq 0.05$. Comparación de los valores promedio del espesor total del reborde alveolar l medidos en las radiografías laterales de cráneo antes y después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.

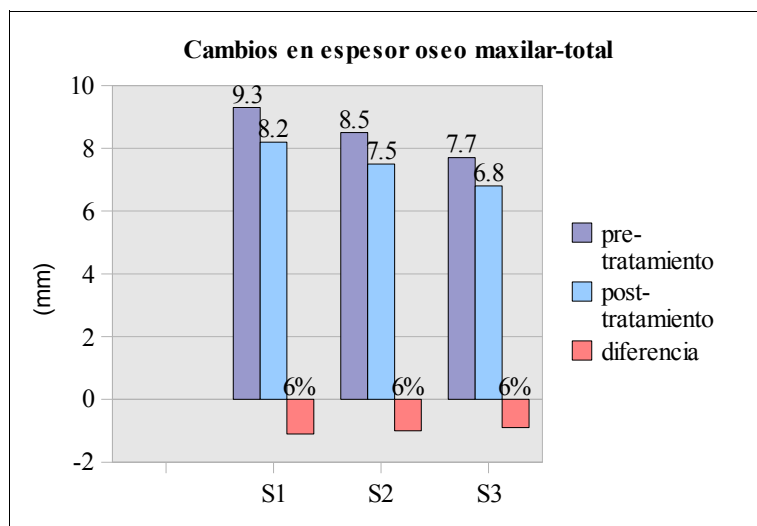


Fig.62.-- Gráfica de los promedios de los cambios en el espesor total del reborde alveolar antes y después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.

	T1		T2		P
	X	SD	X	SD	
S1	1.10	0.40	0.70	0.40	0.00
S2	0.70	0.30	0.30	0.20	0.00
S3	0.400	0.300	0.100	0.100	0.000

Tabla.VI.-- $P \leq 0.05$. Comparación de los valores promedio del espesor del hueso alveolar vestibular medidos en las radiografías laterales de cráneo antes y después de la retracción de los dientes anteriores mandibulares.

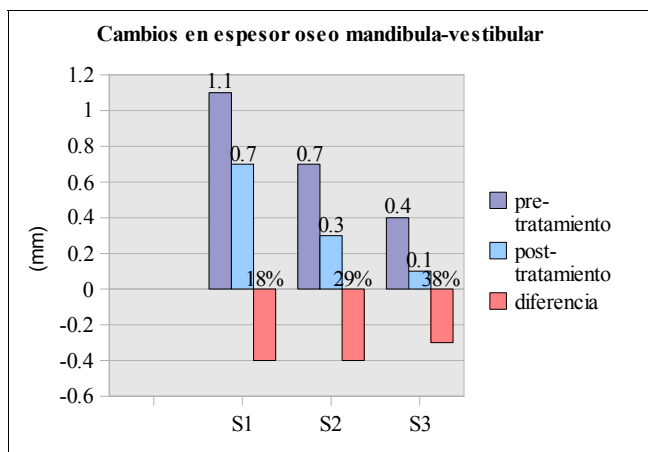


Fig.63.-- Gráfica de los promedios de los cambios en el espesor del hueso alveolar vestibular antes y después de la retracción de los dientes anteriores mandibulares.

El promedio de movimiento total (retracción incisiva), está recopilado en las tabla VII para el maxilar, observándose mayor cantidad de movimiento en Incisal a PTV y menor rango de movimiento en Apical, igual a PTV.

	N	X	DS
Incisal U1-PTV (mm)	20.00	-4.50	2.70
Cervical U1-PTV (mm)	20.00	-2.20	2.10
Apical U1-PTV (mm)	20.00	-0.62	2.30

Tabla.VII.-- Valores de los promedios del movimiento total de retracción de los dientes anteriores maxilares.

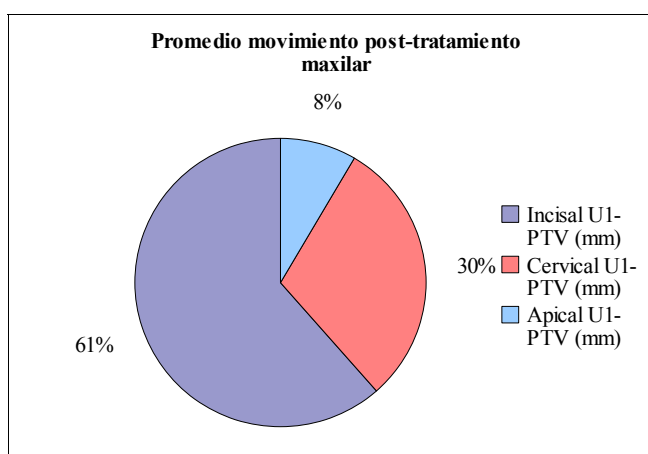


Fig.64.-- Gráfica de los promedios del movimiento total de retracción de los dientes anteriores maxilares.

Para la mandíbula, el rango de movimiento fué igualmente mayor en incisal a PTV y menor en apical, pero en menor magnitud con respecto al maxilar como lo indica las tabla VIII.

	<i>N</i>	<i>X</i>	<i>DS</i>
Incisal U1-PTV (mm)	20.00	-2.85	2.10
Cervical U1-PTV (mm)	20.00	-2.40	2.10
Apical U1-PTV (mm)	20.00	-0.55	1.70

Tabla.VIII.-- Valores de los promedios del movimiento total de retracción de los dientes anteriores mandibulares.

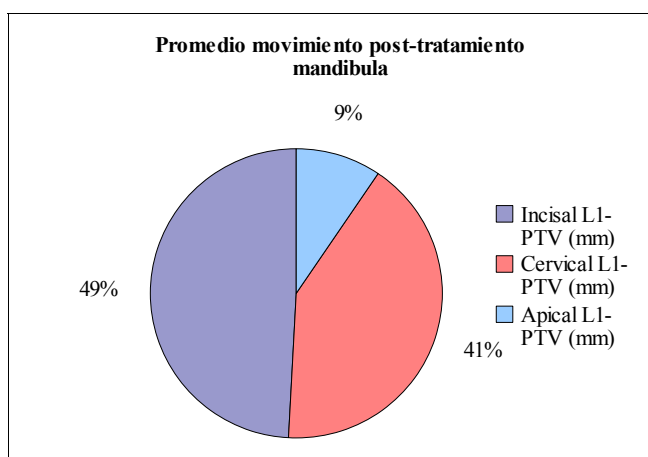


Fig.65.-- Gráfica de los promedios del movimiento total de retracción de los dientes anteriores mandibulares.

El promedio total de espesor óseo perdido para cada una de las medidas S1, S2 y S3 en el maxilar por vestibular, se encuentra en las tablas IX y X respectivamente.

	<i>N</i>	<i>X</i>	<i>DS</i>
S1	20.00	-1.05	1.00
S2	20.00	-0.96	1.00
S3	20.00	-0.90	0.90

Tabla.IX.-- Valores de los promedios totales del espesor óseo vestibular después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.

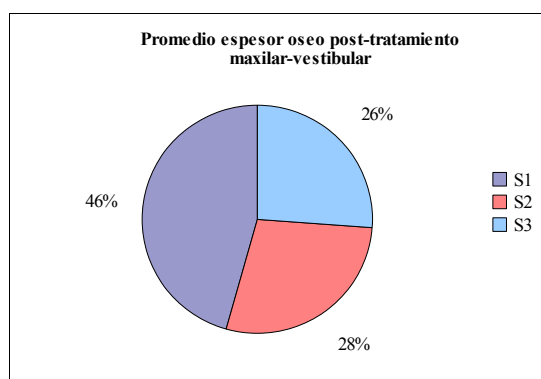


Fig.66.-- Gráfica de los promedios totales del espesor óseo maxilar-vestibular después del tratamiento.

	<i>N</i>	<i>X</i>	<i>DS</i>
S1	20.00	-0.77	0.90
S2	20.00	-0.82	0.60
S3	20.00	-0.49	0.50

Tabla.X.-- Valores de los promedios totales del espesor óseo lingual después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.

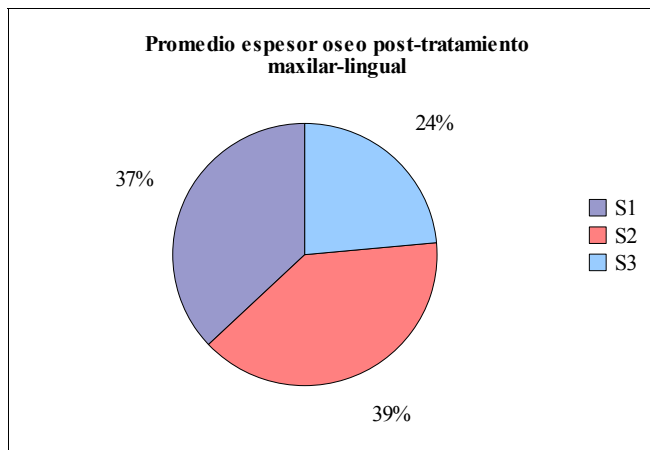


Fig.67.-- Gráfica de los promedios totales del espesor óseo maxilar-lingual después del tratamiento.

Observándose mayor pérdida a nivel cervical en vestibular y a nivel del tercio medio radicular en lingual. Para el espesor total del reborde óseo, las medidas se encuentran listadas en la tabla XI, presentado mayor pérdida a nivel cervical igualmente.

	<i>N</i>	<i>X</i>	<i>DS</i>
S1	20.00	-1.05	1.00
S2	20.00	-0.96	1.00
S3	20.00	-0.90	0.90

Tabla.XI.-- Valores de los promedios totales del espesor total del reborde óseo después de la retracción de los dientes anteriores maxilares.

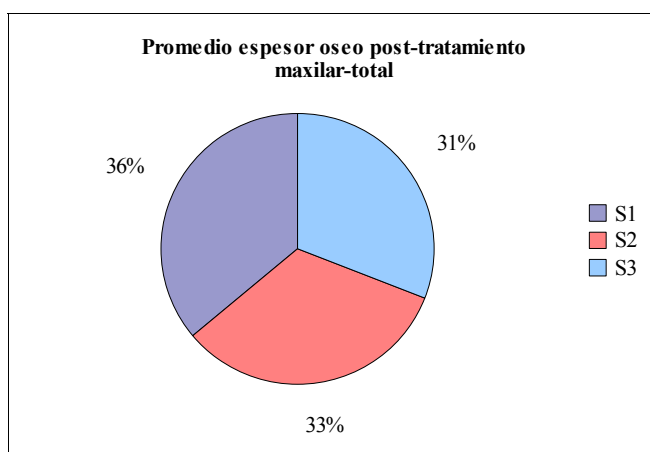


Fig.68.-- Gráfica de los promedios totales del espesor total del reborde óseo después del tratamiento.

Para la mandíbula en vestibular el resultado fué el mismo que para el maxilar, encontrando mayor pérdida ósea a nivel cervical, como se observa en la tabla XII.

	<i>N</i>	<i>X</i>	<i>DS</i>
S1	20.00	-0.39	0.40
S2	20.00	-0.33	0.30
S3	20.00	-0.35	0.30

Tabla.XII.-- Valores de los promedios totales del espesor óseo vestibular después de la retracción de los dientes anteriores mandibulares.

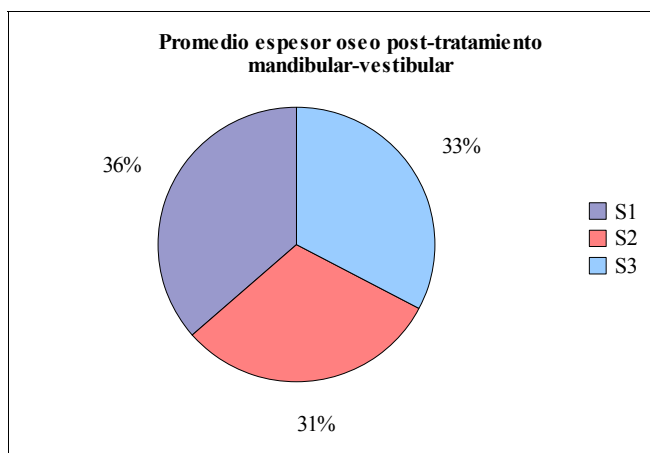


Fig.69.-- Gráfica de los promedios totales del espesor óseo vestibular de los dientes anteriores mandibulares.

Las correlaciones entre la cantidad de retracción de los incisivos superiores e inferiores y la pérdida ósea para S1, S2 y S3 antes y después del tratamiento fueron bajas, no son estadísticamente significativas; La correlación entre la cantidad de retracción incisiva y la pérdida de espesor total del reborde antes y después del tratamiento en el hueso alveolar maxilar fueron altamente significativas para S1 y S2, menor significancia mostraron para S3 como se observa en las tabla XIII.

	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>
U1 Inci-PTV (mm)			
Coef. correlac	0.50	0.50	0.30
P	0.01	0.01	0.09
U1 Cer-PTV (mm)			
Coef. correlac.	0.60	0.60	0.40
P	0.00	0.00	0.03
U1 Apex-PTV (mm)			
Coef. correlac.	0.50	0.50	0.30
P	0.020	0.010	0.080

Tabla.XIII.-- $P \leq 0.05$. Valores de los coeficientes de correlación entre el movimiento y el espesor total del reborde óseo antes y después de la retracción en los dientes anteriores maxilares.

Las correlaciones para la cantidad de movimiento total de los dientes con la pérdida de espesor del reborde óseo total en el maxilar muestran coeficientes bajos a excepción del

movimiento Cervical-PTVmm y S1 (a nivel cervical) como lo indica la tabla XIV. En la mandíbula no se encontró ninguna relación entre la cantidad de movimiento total del diente con la pérdida total en el espesor óseo para S1, S2 y S3, como lo demuestra la tabla XV.

	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>
U1 Inci-PTV (mm)			
Coef. correlac	0.2	0.1	0.1
<i>P</i>	<i>0.300</i>	<i>0.500</i>	<i>0.700</i>
U1 Cer-PTV (mm)			
Coef. correlac.	0.4	0.3	0.1
<i>P</i>	<i>0.020</i>	<i>0.100</i>	<i>0.400</i>
U1 Apex-PTV (mm)			
Coef. correlac.	0.2	0.2	0.1
<i>P</i>	<i>0.200</i>	<i>0.300</i>	<i>0.600</i>

Tabla.XIV.-- $P \leq 0.05$. Valores de los coeficientes de correlación entre el movimiento y espesor óseo total de los dientes anteriores maxilares.

	<i>S1</i>	<i>S2</i>	<i>S3</i>
U1 Inci-PTV (mm)			
Coef. correlac	0.01	0.30	0.10
<i>P</i>	<i>0.900</i>	<i>0.090</i>	<i>0.600</i>
U1 Cer-PTV (mm)			
Coef. correlac.	0.02	0.20	0.10
<i>P</i>	<i>0.900</i>	<i>0.200</i>	<i>0.400</i>
U1 Apex-PTV (mm)			
Coef. correlac.	0.20	0.01	0.04
<i>P</i>	<i>0.200</i>	<i>0.900</i>	<i>0.800</i>

Tabla.XV.-- $P \leq 0.05$. Valores de los coeficientes de correlación entre el movimiento y espesor óseo vestibular total de los dientes anteriores mandibulares.

7 DISCUSION

Se sabe que en cualquier movimiento ortodóntico que ocurra, el hueso alrededor del alvéolo se remodela en la misma extensión, mientras que, en los movimientos no ortodónticos no sucede lo mismo.⁽¹³⁴⁾ Durante la erupción de la dentición, el diente emerge desde el proceso alveolar y el reborde alveolar aumenta simultáneamente, en este proceso, el movimiento del diente excede a la aposición ósea.^(18,36,45,79,)

No está todavía claro si la relación remodelación ósea-movimiento dental es actualmente una relación 1:1. Los estudios realizados por Vardimon en 1991, recomiendan usar una relación 1:2 de remodelación ósea-movimiento dental como guía para determinar el rango biocompatible de los movimientos ortodónticos.⁽¹³⁴⁾ Durante el movimiento de Extrusión, el incremento en la dimensión vertical ósea no iguala al movimiento del diente, mientras que en los movimientos transversales se han reportado dehiscencias y fenestraciones en las corticales lingual y vestibular.^(11,53,109,133,136,12)

Los límites anatómicos establecidos por las paredes corticales del alvéolo, pueden considerarse como paredes ortodónticas.^(39,53) Ya que las paredes corticales del paladar y la sínfisis están representadas únicamente en 2 dimensiones en las radiografías laterales, no es posible determinar con ellas secuelas iatrogénicas durante la retracción de los incisivos, como lo describe en su estudio Wherbein realizado en 1995, quien sugiere que los hallazgos histológicos son más marcados que los radiográficos.⁽¹³⁷⁾

Los movimientos ilimitados no son posibles durante la retracción de los incisivos, en especial de los incisivos inferiores, ya que existe una restricción impuesta por el hueso sinfusal, que consta de una densa pared cortical en la superficie lingual y labial cerca a la raíz de los incisivos.⁽⁸⁶⁾ Por tanto, los incisivos pueden ser movidos labial o lingualmente en una extensión muy limitada. El propósito de este estudio fué evaluar los cambios en el hueso vestibular y lingual en el maxilar y vestibular en la mandíbula durante la retracción de los incisivos en pacientes con biprotrusión dentoaleolar. La terapia más común para tratar esta condición involucra la extracción de cuatro premolares y la retracción incisiva hacia unas inclinaciones y posiciones más aceptables.^(5,9,12,62,117)

Las radiografías cefalométricas son proyecciones medio sagitales, por tanto los límites del paladar y la sínfisis pueden ser más estrechos que el de la imagen trazada. ^(53,132) Furhman y col, en el año de 1995, mostraron que la evaluación cuantitativa de la pared ósea alveolar es aproximadamente de un mínimo de espesor de 0.5mm⁽⁴⁸⁾, por tanto las radiografías convencionales no permiten la evaluación de sitios de dehiscencias o fenestraciones, sin embargo existe la tomografía computarizada que puede proveer estadísticamente resultados similares a las medidas histológicas.^(48,115)

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron que la retracción de los incisivos reduce el espesor óseo en ambos arcos, estos hallazgos no concuerdan con los de De Angelis,⁽³³⁾ en 1970, para quién la mecanoterapia induce distorsión alveolar, la cuál altera el ambiente eléctrico, efecto que es atribuído a la piezoelectricidad del hueso. Como resultado, se desencadenan cambios altamente sincronizados y con coordinada aposición y resorción, así, el hueso alveolar mantiene sus características estructurales y de tamaño a pesar del movimiento. En este estudio, el espesor óseo alveolar maxilar y mandibular no permanece igual, disminuye. Este hallazgo concuerda con los resultados obtenidos y referidos en diversos trabajos presentes en la literatura.^(86,132,134,136,137,138)

En el presente estudio los dientes anteriores fueron retraídos con arcos a los que no se les incluyó ningún tipo de activación para el control de los dientes anteriores, por tanto no se inhibió el efecto de extrusión durante el movimiento lingual, los valores cefalométricos para las distancias verticales Incisal U1-FH y L1-FH demuestran que hubo cambios verticales en la posición de los incisivos durante la retracción. Hocevar, en 1981, refiere que los molares proveen anclaje para la intrusión de los incisivos realizando dobleces de tip back en el arco. Este “anclaje vertical” puede ser reforzado por elásticos, los cuáles proveen momentos opuestos, contribuyendo a la fuerza intrusiva que puede ser aplicada a los incisivos sin producir una inclinación molar recíproca.⁽⁵⁷⁾

El anclaje utilizado en este estudio se considera como un anclaje máximo, por medio de la utilización del botón de Nance,⁽¹⁴¹⁾ con el cual se logró un cierre de espacios Tipo A, reportado por Burstone, en 1982 ⁽²⁵⁾ y Nanda, en 1998,⁽⁹³⁾ en donde el espacio de extracción es ocupado en un 75% o más por los dientes anteriores, el promedio de la pérdida de anclaje total en el estudio fué de 1.5 mm lo que corresponde más o menos a un 15% de pérdida de anclaje, con lo cual se puede concluir, que el botón de Nance es un excelente aparato para mantener el anclaje de los dientes posteriores, complementario a esto el

alambre usado para el cierre de espacios fué TMA con dobleces en “T”, los cuales son recomendados para obtener los objetivos de un cierre de espacios tipo A,^(23,135) incrementando el rango M/F, lo que le da más elasticidad disminuyendo el rango carga-deflexión. Se debe considerar también que el TMA es un alambre que presenta propiedades intermedias entre el acero inoxidable y el Níquel-Titanio, tales como, menor rigidez, por su módulo de Resiliencia produce fuerzas con magnitud 50% inferior a un alambre de acero y alta tenacidad, lo que le permite ser doblado con poco riesgo de fractura.⁽⁴⁶⁾

Con respecto al cierre de espacios realizado con alambre TMA, comparado con el cierre de espacios realizado con cadena elastomérica, se ha establecido que las cadenas pierden su fuerza entre un 50 a 75% después de 24 horas, mientras que el alambre de TMA produce una fuerza constante que se mantiene en el tiempo. La cadena no se recomienda para el cierre de espacios (sobre todo en los espacios de extracción), por problemas relacionados con el nivel de fuerza (fuerzas que van entre 400 gr en la arcada superior y 350gr en la inferior) mientras que las fuerzas liberadas por el alambre de TMA están entre el rango de 250 a 300 gr.^(93,94,141)

Por otra parte, la retracción de los dientes anteriores tomó un tiempo aproximado de 4 a 5 meses, con un promedio total de movimiento lingual de 5.5mm, 1.2 por mes, de lo que se puede concluir un manejo de fuerzas y activaciones adecuado.

El tipo de movimiento ideal y que se desea conseguir es la retracción en cuerpo de los dientes anteriores maxilares; pero la traslación pura es uno de los movimientos más difíciles de lograr en ortodoncia.⁽¹⁴¹⁾ En este estudio, sin embargo, el resultado no fué una traslación pura, sino una combinación con inclinación controlada. Para los incisivos mandibulares una inclinación lingual controlada fue el resultado obtenido. El cambio en la distancia del punto incisal del incisivo central a PTV fué considerablemente mayor que la distancia del punto apical del incisivo central a PTV. Los registros posttratamiento mostraron que el incisivo maxilar se movió 4.5mm en dirección lingual a nivel coronal, 2.2mm a nivel cervical y .62mm a nivel apical. El incisivo mandibular se movió 2.8mm a nivel coronal, 2.4mm a nivel cervical y .55 a nivel apical. Estas diferencias indican que hubo un grado de inclinación involucrado en el movimiento combinado. Estos hallazgos concuerdan con los resultados obtenidos y referidos en la literatura,^(78,92,115,134) en donde se

reporta que en pacientes sujetos a retracción con torque el resultado es un movimiento combinado de inclinación y traslación.

En este estudio la pérdida de hueso alveolar fué más evidente en la región cervical, y en la región media de la raíz que en la región apical, esto puede ser porque el movimiento fué una inclinación controlada y la fuerza de retracción se concentró a nivel de la cresta alveolar, conduciendo a una mayor presión en la zona marginal, especialmente a nivel lingual, al igual que en los estudios de Hocevar, en 1982, que afirma que en un movimiento de inclinación controlada, la mayor presión del ligamento periodontal se encuentra concentrada en la áreas de la cresta alveolar y en menor grado en el ápice radicular, esto puede explicar como una fuerza ligera puede inclinar fácilmente la corona de un diente, a diferencia de un movimiento de traslación, que involucra una distribución más uniforme de la tensión a través de la longitud de la raíz, requiriendo más fuerza con poco o ningún momento.⁽⁵⁷⁾ Por tanto las fuerzas empleadas en este estudio estuvieron dentro de los límites aceptables descritas por otros autores ^(27,125)

Edwards,⁽³⁹⁾ en su estudio de 1976, reportó que a pesar de que exista una prolongada retracción y torque de los incisivos, el espesor del hueso alveolar en el paladar anterior a nivel del ápice permanece sin cambio. Basado en su estudio afirma que el hueso puede remodelarse a nivel del tercio medio y marginal de la raíz, y que el tercio apical es el límite para el movimiento dental Ortodóntico. En este estudio se encontró una mayor reducción en el espesor del hueso a nivel coronal y medio que a nivel apical, que también disminuyó pero en menor grado, por tanto todo el hueso debe ser considerado para definir los límites del movimiento ortodóntico y no sólo el hueso de la zona apical.

Con respecto a los patrones remodelación, Melsen en estudios realizados en 1990 y 1999, ^(80,81) observó que existe actividad resortiva en áreas que son sujetas a presión y menos actividad ocurre en áreas de tensión, que son consideradas zonas de aposición, por tanto podría sugerirse un incremento del hueso en la superficie vestibular. Por otra parte Bimstein⁽¹¹⁾ y colaboradores en 1990, sugieren que la cantidad de hueso alveolar anterior puede incrementarse durante un tratamiento ortodóntico que requiera posicionamiento lingual de dientes protrusivos, los hallazgos de este estudio con respecto a los cambios en el hueso vestibular, no soportan estas teorías, lo que podría atribuirse a que el proceso de aposición en el interior de la tabla ósea es mucho más lento de lo que es la resorción fuera de la tabla ósea vestibular y que la deformación plástica del hueso también toma lugar en

las zonas sujetas a tensión como lo describe Melsen en su estudio de 1991,⁽⁸¹⁾ reacciones que pueden cambiar dependiendo del tipo de carga aplicada al hueso. Sin embargo se debe esperar una remodelación ósea que continúa varias semanas después de retirada la fuerza consistente con la dirección de la carga, ya que el movimiento ortodóntico recidiva.⁽⁶⁵⁾

En este estudio no se reportan dehiscencias o fenestraciones en las tablas oseas lingual y vestibular, algo que es reportado por varios autores después de un movimiento de retracción, únicamente se reporta reducción en el espesor del hueso alveolar. Wehrbein y colaboradores en 1995, sugieren que para notar este tipo de daños iatrogénicos los cambios tisulares histológicos son substancialmente más pronunciados que lo que las radiografías y las evaluaciones macroscópicas revelan,⁽¹³⁷⁾ sin embargo se puede sugerir el uso de Tomografía computarizada.

Se debe tener en cuenta que la respuesta del tejido óseo al movimiento dentario siempre va a depender de la estructura ósea involucrada, tipo de movimiento, magnitud de la fuerza y a la respuesta individual.

8 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en este estudio, se puede concluir

- 8.1 Cuando los incisivos maxilares y mandibulares son retraídos, el espesor óseo se disminuye, lo que quiere decir que el hueso acompaña al movimiento del diente, y el riesgo de presentarse efectos adversos tales como dehiscencias y fenestraciones puede aumentar. Aunque debe esperarse nueva formación ósea después de varios meses, la retracción debe ser realizada con cuidado, usando fuerzas ligeras y activaciones que le permitan al hueso alveolar adaptarse al movimiento.
- 8.2 Al realizar la retracción de los dientes anteriores, existe un movimiento de inclinación, que hace que los dientes de cierta manera se extruyan, lo que en algunos casos, como en pacientes con tendencia o mordida abierta es benéfico, sin embargo no en todos los casos es igual, por eso dependiendo de los objetivos de tratamiento se deben considerar dobleces de compensación en el arco o formas de reforzar el anclaje para evitar dicha extrusión.
- 8.3 La mesialización a nivel de los molares se produjo en un 15%, rango que ese estima como aceptable dentro del máximo anclaje, por tanto el botón de Nance puede ser considerado como un dispositivo que ofrece un anclaje máximo, esto sumado al uso de fuerzas de magnitud baja, activaciones adecuadas y al uso del alambre TMA con dobleces en T.
- 8.4 En la retracción de los dientes anteriores superiores e inferiores no se consigue un movimiento de traslación pura, se logra un movimiento combinado de traslación e inclinación controlada.
- 8.5 La retracción de los incisivos mandibulares modifica grandemente el IMPA, llevando a los incisivos a ubicarse más vertical dentro de su hueso basal, obteniendo un valor promedio final de 90 ± 5 , lo que los deja en una posición de relativa estabilidad y adecuado balance con los tejidos blandos y la musculatura.

8.6 El alambre de TMA demostró ser de gran utilidad en el cierre de espacios, en comparación con el cierre con cadenas. Produciendo fuerzas que al parecer se pueden definir como fuerzas que se encuentran dentro de los límites fisiológicamente aceptables, encontrándose dentro del rango de fuerza óptima, sin ocasionar daño a los tejidos y discomfort en un alto grado al paciente.

9 RECOMENDACIONES

Se sugiere para próximos estudios sobre el tema, realizar mediciones del espesor del hueso alveolar en tomografía computarizada, o radiografías 3D para encontrar posibles daños iatrogénicos en las tablas corticales lingual y vestibular.

Se recomienda también, realizar mediciones antes, después y seis meses posterior al retiro completo de la aparatología, ya que se considera este tiempo prudencial para que se presente todo el proceso de remodelación ósea.

Se puede realizar este estudio, usando otro tipo de aleación como el acero inoxidable, y otro método de cierre de espacios como el uso de cadenas elastoméricas o realizando una comparación entre el método usado para este estudio y el antes descrito, Para comparar el rango de fuerza exacto conseguido por estos dos métodos.

ANEXOS

- **Anexo1 – Modelo de carta de autorización.**

Carta de solicitud dirigida a los pacientes del centro Médico Luis Burbano Cadena de la ciudad de Quito, para emplear los registros radiográficos para la presente investigación.

CARTA DE AUTORIZACIÓN

Por medio de la presente autorizo a la Dra. Constanza Montes para que haga uso de las radiografías tomadas previo al inicio del tratamiento de ortodoncia y las posteriores a este.

Esta autorización la hago luego que la doctora me ha explicado la necesidad de realizar en ellas medidas cefalométricas, tanto iniciales como finales, para ejecutar su investigación de la de tesis de grado para obtener su título como especialista en ortodoncia.

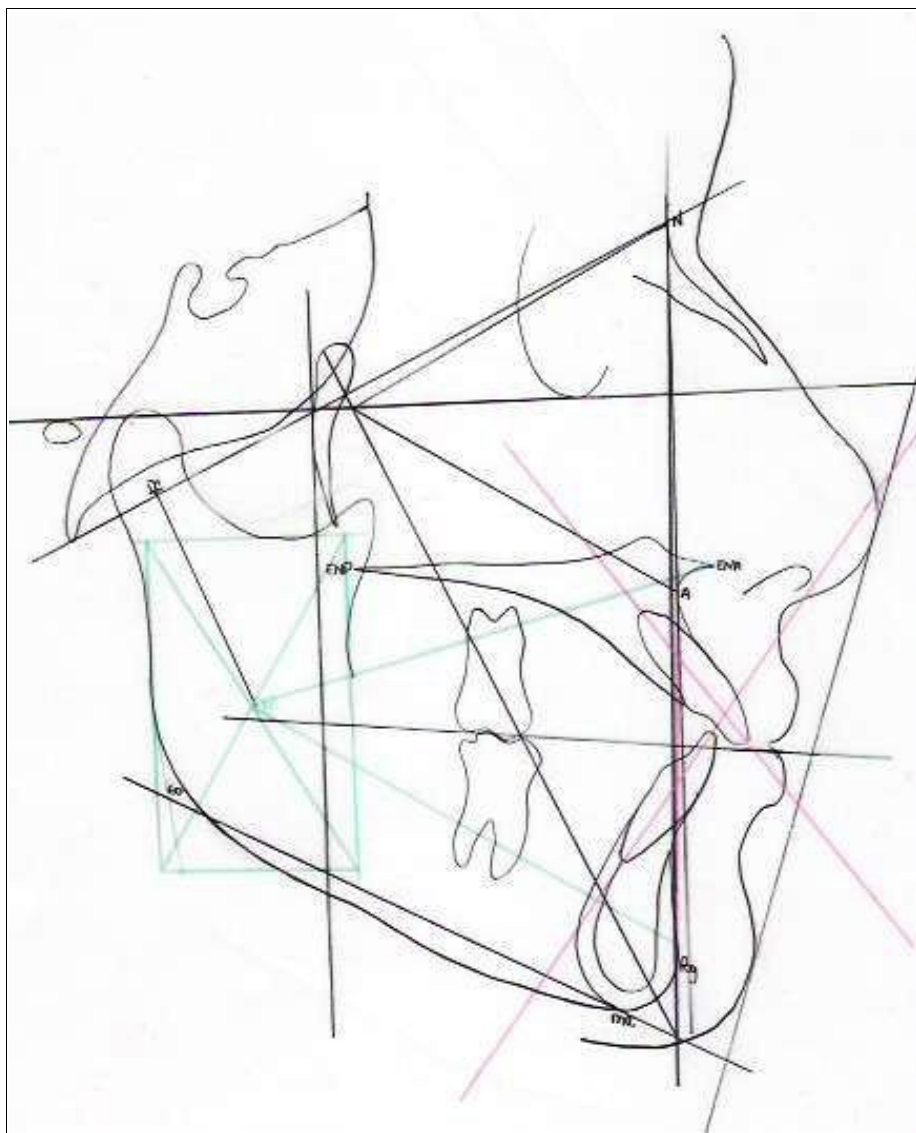
Estoy consciente de que la presente investigación, no alteró el diagnóstico ni plan de tratamiento establecido en el caso clínico, debido a que las mediciones se realizaron luego de que fue retirada la aparatología y una vez concluido el tratamiento.

Nombre del paciente y/o representante _____
Fecha _____
Firma _____

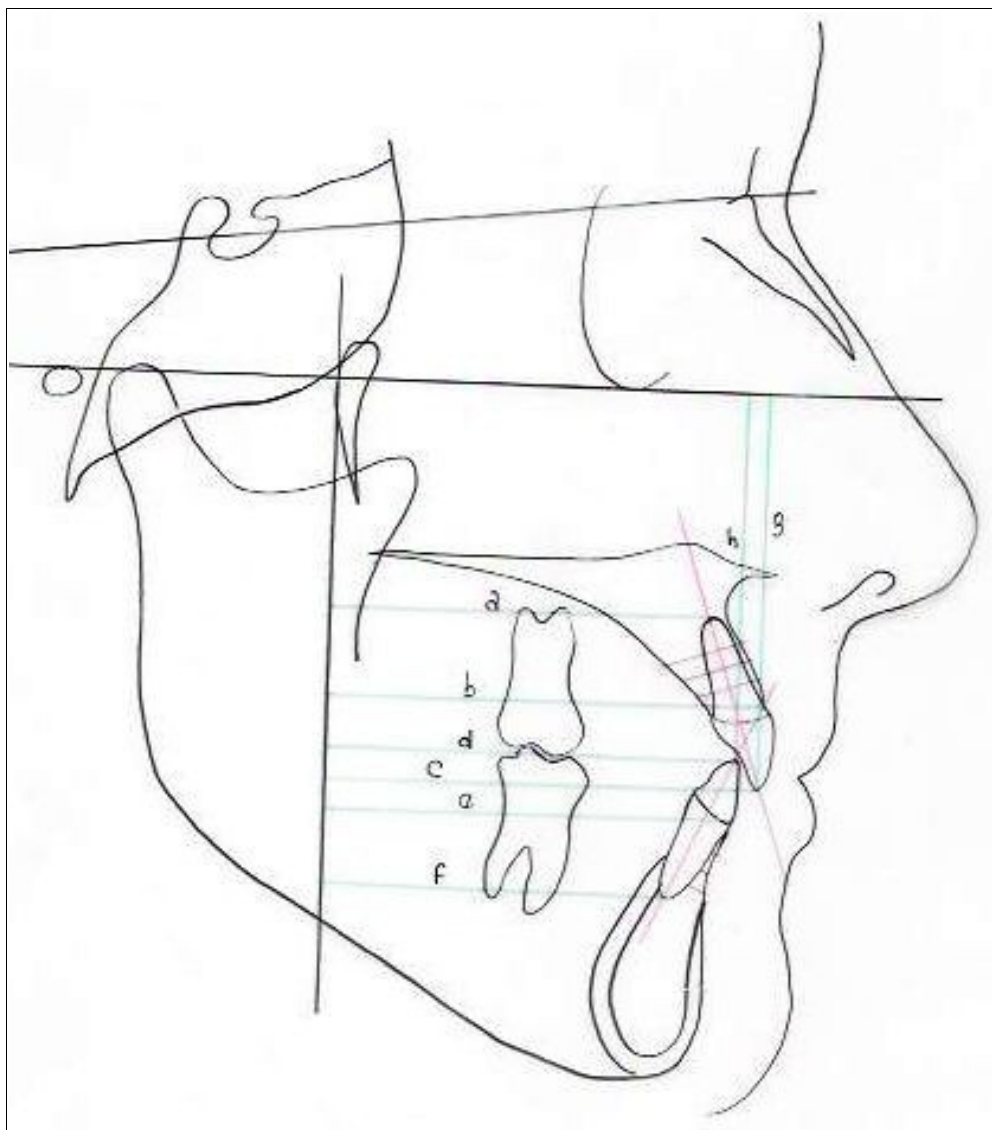
- **Anexo2 – Modelo de tabla de recolección de datos para cada paciente.**

CODIGO ASIGNADO	
NOMBRE	
FECHA DE NACIMIENTO	
EDAD	
SEXO	
ANTECEDENTES PERSONALES	
ENFERMEDAD ACTUAL	

- Anexo3 – Cefalometría de Rickets.



- **Anexo4 – Diseño de la cefalometría empleada en el estudio.**



BIBLIOGRAFÍA

1. Aisenberg M. The tissues and changes involved in orthodontic tooth movements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1948;34:120-7.
2. Águila J. Manual de cefalometría, actualidades Médico Odontológicas Latinoamerica, C.A; Editorial Aguiram, España; 1996. Cap.6.
3. Al Yami A, Kuijpers A, Van't H. Stability of orthodontic treatment outcome. follow up until 10 years posretention. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:300-4.
4. Al- WE. Allergic reaction to nickel orthodontic wires: a case report. *Quintessence international* 1995;26:385-7.
5. Aras A. Vertical changes following orthodontic extraction treatment in skeletal open bite subjects. *Eur J. Orthod* 2002;24:407-16.
6. Arnim S, Hagerman D. The connective tissue fibers of the marginal gingiva. *J Amer Dent* 1963;47:271-81.
7. Arvystas M. Nonextraction treatment of class II, Div I malocclusions. *Am J Orthod* 1985;88:380-95.
8. Avery J. Structural elements of the young normal human pulp. *Oral surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1976;49:113-25.
9. Barrer HG, Buchin ID, Fogel MS, Swain BF, Ackerman JL. Borderline extraction cases: Panel discussion, part 5. *J Clin Orthod* 1971;5: 609-26.
10. Bhaskar SN. Synopsis of oral histology. *Am J Orthod* 1976;49:704.
11. Bimstein E, Crevoisier R, King DL. Changes in the morphology of the bucal alveolar bone of protuded permanente mandibular incisors secondary to orthodontic alignment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990;97:427-30.

12. Bishara SE, Cummins, DM, Jacobsen JR. The morphologic basis for the extraction decision in class II, Div 1 malocclusions a comparative study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:129-35.
13. Bishara S. *Ortodoncia*. Editorial McGraw Hill Interamericana .1a edición; 2003.p. 25, 180,351, cap 19.
14. Brantley WA. "Orthodontics Materials". Cap 4. Pag 78-100.
15. Braun S, Sjursenc R, Legan L. On the management of extraction sites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;112:645-55.
16. Braun S, winzler J, Johnson BE. An anlysis of orthodontic force systems applied to the dentition with diminished alveolar support. *Eur J Orthod* 1993;15:73-7.
17. Brodie AG. Cephalometric appraisal of orthodontics results. *Angle Orthod* 1938;8: 261-351.
18. Brodie AG. The growth of alveolar bone and the eruption of the teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1948;1:342-5.
19. Burstone CJ, Baldwin J.J, Lawless DT. The application of continuous forces to orthodontics. *Angle Orthod* 1960;31:1-14.
20. Burstone CJ. Rationale of the segmented arch. *Am J. Orthod* 1962;48:805-22.
21. Burstone CJ. The mechanics of the segmented arch techniques. *Angle Orthod* 1966; 36:99-120.
22. Burstone CJ. Lip posture and its significance in treatment planning. *Am J Orthod.* 1967;63:262-82.
23. Burstone CJ, Koenig HA. Optimizing anterior and canine retraction. *Am J Orthod* 1976;70:1-19.
24. Burstone CJ, Goldberg AJ. Beta-Titanium: a new orthodontic alloy. *Am J Orthod* 1980;77:121-32.

25. Burstone CJ. The segmented arch approach to space closure. *Am J orthod* 1982; 82:361-78.
26. Cardaropoli D, Gaveglia L. The influence of orthodontic movement on periodontal tissues level. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;13:234-245.
27. Choy K, Pae, E, Park V, Kim K, Burstone CJ. Effect of root and bone morphology on stress distribution in the periodontal ligament. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:98-105.
28. Cleall JF, Begole EA. Diagnosis and treatment of class II Div 2 malocclusion. *Angle Orthod* 1982;52:38-60.
29. Conclaves BJ, Diaz NW, De Paula E. Fios Ortodonticos: propiedades mecanicas e aplicacao clinica. *Ortodontia y Ortopedia funcional dos maxilares. Conferencias. Cap 87.*
30. Cole HJ. Certain results of extraction in treatment of malocclusion. *Angle Orthod* 1948;18:103-13.
31. CusimanoC, McLaughlin RP, Zernik JH. Effects of first bicuspid extractions on facial height in high Angle cases. *J Clin Orthod* 1993;27:594-8.
32. Dewel BF. Second premolar extraction in orthodontics: principles, procedures and case analysis. *Am J Orthod* 1955;41:107-20.
33. De Angelis V. Observations on the response of alveolar bone to orthodontic force. *Am J Orthod* 1970;58:284-94.
34. De Castro N. Second premolar extraction in clinical practice. *Am J Orthod* 1974; 65:115-37.
35. Downs WB. A study in dental arch length, *Angle Orthodontist* 1940;10:18.
36. Dyer MY, Ball J. Alveolar crest recession in the edentulous. *Br Den J* 1980;149:2090-2.

37. Echarri, P. El asa de retrusión en “L” cerrada helicoidal. *Ortodoncia Clínica* 2002; 5:145-52.
38. Edwards JC. A study of the periodontium during orthodontic rotation of teeth. *Am J orthod* 1968;54:441.
39. Edwards JC. A study of the anterior portion of the palate as it relates to orthodontic therapy. *Am J Orthod* 1976;69:249-73.
40. Elham SJ, Aihaija A, McSheng PF, Richardson A. A cephalometric study of the effect of extraction of lower first permanent molar. *J. Clin Pediatr dent* 2000; 24:195-98.
41. Erdinc E, Nanda R, Igiksal E. Relapse of anterior crowding in patients treated with extraction and non extraction of premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006; 129:775-84.
42. Faulkner MG, Fuchshuber P, Haberstock D, Mioduchaus KA. A parametric study of the force-moment systems produced by “T Loop” retraction springs. *J Biomechanics* 1989;22:637-47.
43. Farrow AL, Zarinna K, Azizi K. Bimaxillary protrusion in black Americans-an esthetic evaluation and treatment considerations. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993;104:240-50.
44. Fehrenbach MJ, Herring SW. *Anatomía ilustrada de cabeza y cuello*. Ed McGraw-Hill Interamericana; 1997. p. 34-67-70-36-46.
45. Ferraris ME, Muñoz A. *Histología y Embriología Bucodental*. Ed Médica Panamericana 2nd ed; 1995.P. 4-6-349-388. Cap 12.
46. Ferreira VF. *Diagnóstico y Planificación Clínica*. Artes Médicas latinoamericana; 2002. Cap. 1 y 18.

47. Fidler BC, Artun J, Juondep DR, Little RM. Long-term stability of Angle class II Div 1 malocclusions with succesfull occlusal results at end of active treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:276-85.
48. Fuhrmann R, Wehrbein H, Langen H, Diedrich P. Assesment of the dental alveolar process with high resolution computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol* 1995; 24:50-4.
49. García V, Mozqueda J, Burquera E, Rodriguez E, Casasa R. Anclaje en Ortodoncia. Disponible en: [www geodental.net](http://www.geodental.net).
50. Graber TM. Extraoral force-facts and fallacies. *Am J Orthod* 1955;41:490.
51. Graber TM, Vanarsdall RL. Ortodoncia, Principios Generales y Técnicas. Ed Médica Panamericana. 1ª edición ed; 1994. Cap. 2.
52. Gregoret J, Tuber E, Escobar H. El tratamiento ortodóntico con arco recto. *NM Ediciones*; 2003. p. 54-57, 60, 195.
53. Handelman CS. The anterior alveolus: its importance in limiting orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1996;2:95-110.
54. Hans MG, Groisser G, Amber D, Nelson S, Palomo M. Cephalometric changes in overbite and vertical facial height after removal of 4 first molars o first premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:183-8.
55. Harfin JF. Tratamiento Ortodóntico en el adulto. Ed. Médica Panamericana Buenos Aires; 1999.p. 7-9.
56. Hart A, Taft L, Greenberg SN. The effectiveness of differential moments in establishing and maintaining anchorage. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 102:434-42.
57. Hocevar RA. Understanding, planning and managing tooth movement: orthodontic force system theory. *Am J Orthod* 1981;80:457-77.

58. Horiuchi A, Motokezaka H, Kazuhide K. Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 114:311-318.
59. Houston WJ, Edler R. Long Term stability of the lower labial segment relative to the A-pog line. *Eur J Orthod* 1990;12:302-10.
60. Isaacson JR, Isaacson RJ, Speidel TM, Worms FW. Extreme variation in vertical facial growth and associated variation in skeletal and dental relations. *Angle Orthod* 1971.
61. Iwasaki LR, Haack JE, Nickel JC, Morton J. Human tooth movement in response to continuous stress os low magnitude. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000; 17:175-83.
62. James RD. A comparative study of facial profiles in extraction and non extraction treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998;114:265-76.
63. Janson G, Anger B, Henriquez MC, Henriquez C, De Freitas JF, De Freitas RM, De Freitas AL. Aument stability in class II malocclusion treated with 2 and 4 premolar extraction protocols. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;130:189-95.
64. King EW. Relapse of orthodontic treatment. *Angle Orthod* 1974; 44:300-15.
65. King GJ, Latta L, Ruttenberg J, Oui A, Keeling S. Alveolar bone turnover and tooth movement in male rats after removal of orthodontic appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997;111:266-75.
66. Kuam E. A study of the cell free zone following experimental tooth movement in the rat, *Eur Orthod* 1970;45:419.
67. Kuhlberg A, Burstone CJ. T-loop position and anchorage control. *Am J Ortho Dentofacial Orthop*. 1997;112:12-8.
68. Kuhn RJ. Control of anterior vertical dimension and proper selection of extraoral anchorage. *Angle Orthod* 1967;38:340-9.

69. Kusy RP, Whitley JQ. Effects of surface roughness on the coefficients on friction in model orthodontic systems. *J Biomechanics* 1990;23:913-25.
70. Kusy RP. The future of orthodontic materials: The long term view. *Am J. Orthod Dentofac Orthop* 1988;113:91-5.
71. Kusy RP. Orthodontic biomaterials: from the past to the present. *Angle Orthod* 2002;72:501-12.
72. Kusy RP, Whitley JQ, Gurgel J. Comparisons of surface roughness and sliding resistances of 6 titanium-based or TMA- type archwires. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2004;126:589-603.
73. Kwangchui C, Eurg-Kwom P, Kyung K, Burstone CJ. Effect of root and bone morphology on the stress distribution in the periodontal ligament. *Am J Orthod* 2000;117:98-105.
74. Loftus BP, Artun J, Nicholls J, Alonzo T, Stoner J. Evaluation of friction during sliding tooth movement in various bracket archwire combinations. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999;116:336-354.
75. Macapanpan LC, Weimman JP, Brodie AG. Early tissue changes following tooth movement in rats. *Angle Orthod* 1954;24:79.
76. Macchi R. *Materiales Dentales*. Ed Médica Panamericana, Buenos aires. 2nda ed; 1988.Cap.2.
77. Manhartsberger C, Morlon JY, Burstone CJ. Space closure in adult patients using the segmented arch technique. *Angle Orthod* 1989;59:205-210.
78. Marcotte M. *Biomecánica en Ortodoncia*. Ediciones Científicas y Técnicas, SA. 1ª ed; 1992. p. 57-62.
79. Mark SC, Cahill DR, Wise GE; The citology of dental follicule and adjacent alveolar bone during tooth eruption in the dog. *Am J Anat* 1983;168:277-89.

80. Melsen B, Fotis V, Burstone CJ. Vertical Force considerations in differential space closure. *J Clin Orthod* 1990;24:678-83.
81. Melsen B. Biological reaction of alveolar bone to orthodontic tooth movement. *Angle Orthod* 1999;69:151-8.
82. Melsen B, Cattaneo P, Dalstra M, Kraft, D. The importance of force levels in relation to tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial orthop* 2007;13:220-23.
83. Midgett R, Robert S, Fruge J. The effect of altered bone metabolism on orthodontic tooth movement, *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1981;80:256-62.
84. Morris MS. Force control in clinical practice. *Am J Orthod* 1960;163:86.
85. Moyers R E. *Manuel de Ortodoncia*. Ed Medica Panamericana. 4^a ed; 1992.p. 123,124,125.
86. Mulie RM, Ten Hoeve A. The limitations of tooth movement within the symphysis studied with laminography. *J Clin Orthod* 1976;10:882-99.
87. Mulligan T. Common sense mechanics. Part II. *J Clin Orthod* 1879;676-83.
88. Murphy WH. Oxytetracycline microfluorescent comparison of orthodontic retraction into recent end heated extraction sites. *Am J Orthod* 1970;58:215.
89. Myron SA. Epithelium in the pulp. *Am J. Orthod Oral Surg* 1943; 29:223-32.
90. Nance HN. The limitations of orthodontic treatment Part II. *Am J Orthod* 1947;33:253-301.
91. Nanda R, Goldin B. Biomechanic approaches to the study of alterations of facial morphology. *Am J Orthod* 1980;78:213-226.
92. Nanda R, Kuhlberg AJ. Biomechanics of extraction space closure. *Biomechanics in clinical orthodontics*. 1996.

93. Nanda R. Biomecánica en ortodoncia clínica. Editorial Médica Panamericana. 1ª edición; 1998. p. 28, Cap. 8.
94. Nanda R. Biomecánicas y Estética. Estrategias en Ortodoncia clínica. Amolca; 2007. Cap. 10.
95. Ogata RH, Nanda RS, Duncanson MG, Currier GF. Frictional resistances in stainless steel bracket wire combinations with effects of vertical deflections. Am J Orthod dentofacial Orthop 1996;109:535-42.
96. Oppenheim A. Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. Am J Orthod Oral Surg 1942;28:263-301.
97. Owman M, Kuroll P, Lundgren J. Continuous versus interrupted continuous orthodontic force related to early tooth movement and root resorption. Angle Orthod 1995;65:395-401.
98. Paquette DE, Beattie JR, Johnston LE Jr. A long-term comparison of nonextraction and premolar extraction edgewise therapy in « borderline » class II patients. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1992;102:1-14.
99. Peck S, Peck H. Frequency of tooth extraction in orthodontic treatment. Am J Orthod 1979;476-91.
100. Proffit W. Ortodoncia Teoría y práctica. Mosby- Doyma Libros, Madrid España; 1994. p. 266-277.
101. Quin RS, Yoshikawa DK. A reassessment of force magnitude in orthodontics. Am J Orthod 1985;8:252-260.
102. Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. Am J Orthod 1957;43: 32-45.
103. Reitan K. Tissue rearrangement during retention of orthodontically rotated teeth. Angle Orthod 1959;29:105.

- 104.Reitan K. Tissue behavior during orthodontic tooth movement. *Am J Orthod* 1960; 46:881.
- 105.Reitan K: Effects on force magnitude and direction of tooth movement on different alveolar bone types. *Angle Orthod* 1964;34:244.
- 106.Reitan K. Clinical and Histologic observations on tooth movement during and after orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1967;53:721-45.
- 107.Reitan K, Kuam E. Comparative behavior of human and animal tissue during experimental tooth movement. *Angle Orthod* 1971;41:1.
- 108.Reitan K. Initial tissue behavior during apical root resorption. *Angle Orthod* 1974; 44:68.
- 109.Rommelink HJ, Vander Molen AL. Effects of anteroposterior incisor repositioning on the root and cortical plate: a follow up study. *J Clin Orthod* 1984;18:42-9.
- 110.Restrepo U, Gonzalo A. Confección y uso de ansas en Ortodoncia.Disponible en: www.geodental.com.
- 111.Rock WP. Treatment of class II malocclusions with removable appliances. Part 4. Class II Div 2 treatment. *Br Dent J* 1990;168: 298-302.
- 112.Rodríguez E, Casasa R. Ortodoncia Contemporánea. Diagnóstico y tratamiento. Editorial actualidades Medico Odontológicas latinoamericana. C.A; 2005.p.236.
- 113.Rucker BK, Kusy RP. Elastic flexural properties of multistranded stainless steel versus convencional Níkel Titanium archwires. *Angle Orthod* 2002;72:302-9.
- 114.Rygh P. Elimination of hyalinized periodontal tissue associated with orthodontic tooth movement. *Scand JDent Res* 1974;82:57.
- 115.Sarikaya S, Haydar. Liger S, Anyurek M. Changes in alveolar bone thickness due to retraction of anterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2002;122:15-26.

116. Schegel V. Relative friction minimization in fixed orthodontic bracket appliances. *J Biomech* 1996;29:483-491.
117. Scott SH, Johnston LE. The perceived impact of extraction and non extraction treatments on matched samples of African American patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;116:352-8.
118. Shields TE, Little RM, Chapko MK. Stability and relapse of mandibular anterior alignment: a cephalometric appraisal of first premolar-extraction cases treated by traditional edgewise orthodontics. *Am J Orthod* 1985;87:27-38.
119. Siatkowski RE. Continuous arch wire closing loop design optimization and verification. Part II. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1997;112:487-495.
120. Skillen W, Reitan K. Tissue changes following rotation of teeth in the dog. *Angle Orthod* 1940;10:140.
121. Skinner R, Philips W. *La Ciencia de los Materiales Dentales*. Interamericana. Séptima edición. 1976.p.326-328.
122. Smith RJ, Burstone C. Mechanics of tooth movement. *Am J Orthodontic*. 1984; 85:249-307.
123. Stagers JA. Vertical changes following first premolar extractions. *Am J. Orthod Dentofac Orthop* 1994;105:19-24.
124. Svangberg G, Lindhe J. Vascular reactions in the periodontal ligament incident to trauma from occlusion. *J Clin Periodontol* 1992;63:322-31.
125. Storey E, Smith R. The nature of tooth movement. *Am J Orthod*. 1978;16:292-313.
126. Strang RH. *Tratado de ortodoncia*. Buenos Aires. Ed. Bibliográfica Argentina; 1957. p. 560-70, 657-71, 125.
127. Strang HW. Factors associated with successful orthodontic treatment. *Am J Ortho* 1952;38:790.

128. Swartz M. Titanium Arch wire “understanding and optimizing their use part II Arch wire selection and application. p. 1-10.
129. Tanne K, Sakuda M, Burstone CJ. Three-dimensional finite element analysis for stress in the periodontal tissue by orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987; 92:499-505.
130. Tanne K, Koenig HA, Burstone CJ. Moment to force ratios and the center of rotation. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1988; 94:426-31.
131. Ten Cate AR. Physiological resorption of connective tissue associated with tooth eruption, *J Periodont* 1971; 6:168.
132. Ten Hove A, Mullie RM. The effect of antero-postero incisor repositioning on the palatal cortex as studied with laminography. *J Clin Orthod* 1976;10:804-22.
133. Vardimon AD, Graber TM, Voss LR, Lemke J. Determinants controlling iatrogenic external root resorption and repair during and after palatal expansion. *Angle Orthod* 1991; 61:113-24.
134. Vardimon AD, Oren E, Ben Bassat Y. Cortical bone remodeling/tooth movement ratio during maxillary incisor retraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1998; 114:520-9.
135. Viecilli RF. Self corrective T-Loop design for differential space closure. *Am J Orthod and Dentofacial Orthop* 2006;129:48-53.
136. Wainwright WM. Faciolingual tooth movement: its influence on the root and cortical plate. *Am J Orthod* 1973;64:278-302.
137. Wehrbein H, Fuhmann RAW, Diedrich PR. Human histologic tissue response after long-term orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995;107:360-71.

138. Wehrbein H, Bauer W, Diedrich PR. Mandibular incisors, alveolar bone and symphysis after orthodontic tooth movement. A retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:239-46.
139. Wingard CE, Bowers GM. The effect of facial bone form facial tipping of incisors in monkeys. *J periodontal* 1981;52:314-20.
140. Aparatología fija con dos bandas. Disponible en: WWW.dentinator.net zona Ortodoncia.
141. Yañez R, Ezequiel E, Araújo Casasa R, Nátera A. 1001 Tips en Ortodoncia y sus Secretos. Amolca 1ª ed; 2007. p. 29-33, 71-73, 113-117.
142. Zeigler P, Ingervall B. A clinical study of maxillary canine retraction with a retraction spring and sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 95:99-106.