

Trabajo de Investigación

Evaluación con radiografía por sustracción digital de los cambios en la morfología radicular de dientes maxilares anteriores sometidos a movimientos ortodóncicos de retracción en masa

Evaluation by digital subtraction radiography of changes in root morphology of maxillary anterior teeth subjected to mass retraction orthodontic movements



Dr. Eduardo Londoño⁽¹⁾, Dra. Gloria J. Bolaños⁽²⁾, Dr. Germán Aguilar⁽³⁾, Dr. Gonzalo A. Uribe⁽⁴⁾.

(1) Odontólogo, Especialista en Odontología Integral del Adolescente y Ortodoncia de la Universidad de Antioquia, Umma Odontología, Medellín, Colombia.

(2) Odontóloga, Especialista en Odontología Integral del Adolescente y Ortodoncia de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

(3) Odontólogo, Radiólogo Máxilofacial y Endodoncista, Profesor Auxiliar Facultad de Odontología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

(4) Odontólogo, Especialista en Ortodoncia, Profesor Titular, Facultad de Odontología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

Resumen

Introducción: Los tratamientos de ortodoncia producen cambios en la forma y el tamaño radicular de los dientes involucrados comprometiendo su funcionamiento y retención. El propósito de esta investigación fue cuantificar mediante la radiografía por sustracción digital, los cambios morfológicos radiculares de los dientes sometidos a retracción en masa. **Métodos:** Se seleccionaron 21 dientes anteriores maxilares de 8 pacientes con tratamiento de ortodoncia en edades entre los 12 y 20 años. Para la retracción en masa se elaboraron dos ansas en "T" en un arco de T.M.A 0.017" X 0.025" con momentos diferenciales. Tanto antes como después de realizado el movimiento de retracción, se tomaron radiografías periapicales, se digitalizaron y se midieron la longitud y amplitud radicular. **Resultados:** Se lograron movimientos de 1 mm. de retracción cada 27 días y la longitud radicular presentó una disminución estadísticamente significativa de 1 mm. en promedio, mientras que la amplitud radicular del tercio apical presentó la mayor variación con respecto a los tercios medio y cervical. Los cambios menores o iguales a 1 mm en la longitud radicular se consideraron como remodelación y los mayores de 1 mm como reabsorción. **Conclusión:** El éxito del método de sustracción digital depende de la reproducibilidad de las imágenes radiográficas y se puede decir que las discrepancias que se presentaron entre ellas, aunque menores, no permitieron evaluar la validez y exactitud de la técnica por sustracción digital.

Palabras claves: reabsorción radicular, movimiento de retracción en masa, sustracción digital.

Correspondencia:

Dr. Eduardo Londoño Méndez. Dirección: Umma Odontología. Carrera 45 # -95. Medellín, Colombia. Teléfono: 0057-4-2686553

E-mail: elondono@une.net.co

Investigación financiada por el Comité para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad de Antioquia. Trabajo requisito para optar el título de Especialistas en Odontología Integral del Adolescente y Ortodoncia de Londoño E. y Bolaños G.

Recibido el 19 de junio de 2011, aceptado para su publicación el 15 de julio de 2011.

Abstract

Introduction: *The orthodontic treatment make changes in the shape and root size of the teeth involved in the treatment, affecting their performance and postretention. The purpose of this research is to measure the morphological root changes in teeth that were treated with a mass retraction process, through x-ray by digital subtraction. Methods:* *The sample consisted of 21 maxillary anterior pieces in 8 patients between 12 and 20 years old, that were under orthodontic treatment. For the mass retraction movement, it was built two T.M.A 0.017" X 0.025" "T" springs (one on each side) with differential moments. Periapical X-ray films of the teeth were taken before and after the retraction movement. Then they were digitalized and measured to find out the root's length and width. Results:* *Movements of 1 mm of retraction every 27 days was founded and the root length diminished 1 mm in average that which considered statistically significant while the third apical root showed the biggest variation in comparison with the middle and cervical thirds. Changes in root length equal or less to 1mm were considered like remodeling while changes bigger than 1 mm were considered as resorption. Conclusion:* *The success of the method digital subtraction relies on the accuracy of the radiographic images and it can be said that the discrepancies found between them, though minimal, they not allowed to evaluate the validity and exactness of the digital subtraction radiography.*

Key words: *root resorption, tooth movement mass retraction, digital subtraction.*

Introducción

La reabsorción radicular externa (RRE) es una condición que puede desarrollarse frente al movimiento dentario realizado durante el tratamiento de ortodoncia. El acortamiento radicular resultante es un cambio irreversible y difícil de predecir. La RRE involucra la pérdida de cemento y dentina, se origina en el ligamento periodontal y compromete el funcionamiento y la retención de los dientes afectados.^(1,2,3) Brezniak y Wasserstein realizaron una extensa revisión de literatura acerca de la RRE que ocurre después del tratamiento de ortodoncia, donde citan 129 artículos originales. Además clasifican los factores asociados con la RRE en: biológicos, mecánicos y otros.^(2, 4, 5, 6)

Investigaciones más recientes confirman que la RRE es de etiología multifactorial e indican que está asociada con factores diagnósticos como las características del paciente y con factores del tratamiento ortodóncico. Los factores diagnósticos y del tratamiento que produjeron mayor reabsorción radicular fueron respectivamente la presencia de formas radiculares anormales, la edad y sobremordida

horizontal aumentadas, la terapia ortodóncica con extracción de los primeros premolares y un tratamiento de ortodoncia prolongado.^(7,8)

En la mayoría de las investigaciones acerca de la RRE se emplean las radiografías periapicales convencionales. También se han utilizado radiografías panorámicas, telerradiografías de perfil y combinaciones de ellas.^(3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17) A pesar de los esfuerzos realizados, existen varios factores que limitan la interpretación y que no pueden ser ignorados. Algunos de estos son: error del evaluador, la cantidad de pérdida mineral necesaria para evidenciar los cambios en la imagen radiográfica convencional debe ser del 30 al 50 %, la distorsión y la magnificación de las imágenes radiográficas (magnificación de 20-35% en panorámica y menor de 5 % en periapicales), disponer sólo de imágenes bidimensionales, dificultad para la estandarización de la técnica radiográfica.^(1,14)

La técnica por sustracción digital consiste en tomar dos radiografías de un mismo objeto, antes y después de un evento determinado. Luego estas son digitalizadas y almacenadas en un computador para ser procesadas posteriormente a través de un programa especial. Este método permite obtener una imagen de mejor calidad que elimina el ruido estructural, obteniendo como resultado la apreciación clara del área de cambio. Esto la convierte en una herramienta valiosa para detectar pequeños cambios entre dos las radiografías.^(1, 18, 19, 20)

La retracción de los dientes anteriores es un movimiento que se hace de manera frecuente en los tratamientos de ortodoncia. Antes se hacía en dos etapas: primero la retracción individual de caninos y después la de los incisivos porque se consideraba menos perjudicial para la conservación del anclaje y la integridad radicular.⁽²¹⁾ También se empleaban alambres de acero inoxidable debido a las características físicas y mecánicas que ofrecían para el uso intraoral como son la comodidad de trabajo, la baja fricción, la rigidez y la formabilidad. Con el advenimiento de los alambres de nueva tecnología como las aleaciones de níquel-titanio y beta-titanio (T.M.A), el movimiento de retracción se facilita, debido a las propiedades físicas y al comportamiento elástico que los caracterizan. Los alambres de beta-titanio ofrecen buena resiliencia y formabilidad, alta capacidad de retorno elástico, entregan fuerzas más suaves, tienen menor rigidez y el doble de la flexibilidad comparados con los alambres de acero inoxidable. Nanda y Burstone proponen realizar la retracción en masa de los seis dientes anteriores en una sola etapa, valiéndose de las excelentes propiedades de los alambres de T.M.A y del conocimiento físico de un sistema estático (arco

dental), variando la relación momento-fuerza y aplicando un anclaje diferencial que permita mayor movimiento del segmento anterior que del segmento posterior. Si se emplean sistemas biomecánicos diseñados correctamente, la retracción en masa de los seis dientes anteriores puede ser realizada sin ningún problema, el sistema se optimiza y el tiempo se reduce significativamente en esta fase específica del tratamiento de ortodoncia.^(21, 22)

El propósito del estudio fue cuantificar mediante la radiografía por sustracción digital, los cambios morfológicos radiculares de los dientes anteriores maxilares después de ser retraídos en masa, mediante sistemas biomecánicos no friccionales.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Precisar la cantidad de reabsorción o remodelación radicular que se produce cuando los dientes anteriores se someten a movimientos de retracción en masa.
- Evaluar la validez y exactitud de la técnica de radiografía por sustracción digital.
- Introducir la radiografía por sustracción digital en nuestro medio, ya que es poco conocida su gran aplicabilidad y por lo tanto poco utilizada como herramienta diagnóstica.

Materiales y Métodos

Se seleccionaron 21 dientes anteriores maxilares de 8 pacientes (3 mujeres y 5 hombres) de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia con edades entre los 12 y 20 años y que cumplieran las siguientes características:

- Sin enfermedades sistémicas (diabetes, hipertiroidismo, hipotiroidismo, endocrinopatías).
- Sin tratamiento previo de ortopedia u ortodoncia.
- Dientes anteriores maxilares sin enfermedad periodontal ni periapical, sin tratamiento de endodoncia, sin restauraciones, sin historia de trauma dento-alveolar, sin anomalías radiculares de forma o tamaño y con formación radicular completa.
- Necesidad de tratamiento de ortodoncia con extracción de primeros premolares maxilares.
- Necesidad de retracción del segmento anterior superior.
- Sin necesidad de movimientos adicionales de intrusión o extrusión.

Los pacientes que decidieron participar en esta investigación lo hicieron de manera voluntaria y para ser incluidos fue necesario que cada uno de ellos o su acudiente dieran el consentimiento informado por escrito, previa información de las características del estudio. Adicionalmente, el protocolo fue evaluado y aprobado por el Comité para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad de Antioquia en sus aspectos éticos (CODI-Código 005-2000).

Antes de iniciar la retracción en masa, se tomó la primera radiografía. Para ello se utilizó una película doble con técnica paralela de cono largo. Para cada paciente se elaboró un dispositivo intraoral de acrílico sobre el cual se tomó un registro de mordida de los dientes, con un material de impresión (silicona por adición). Se empleó un equipo radiográfico con un kilovoltaje de 70 Kv, un miliamperaje de 8 mA y un tiempo de exposición de 0.22 segundos. La distancia entre la fuente y los dientes fue de 40 cm. y la distancia entre los dientes y la película fue de 2 cm. Cada toma radiográfica fue realizada por el mismo operador para garantizar la estandarización del procedimiento. Una vez se terminó el movimiento de retracción se tomó la segunda radiografía siguiendo el protocolo establecido para la primera. Las películas fueron procesadas en un equipo automático con un tiempo total de procesado de 8 minutos.

Posteriormente las radiografías fueron digitalizadas a 300 d.p.i. a una escala de 100%. Debido a que la proyección geométrica de cada imagen digital de la radiografía fue diferente, se calculó su magnificación de acuerdo al tamaño de los píxeles que se distribuyen a través de la imagen que componen su matriz. El programa que se utilizó para manipular las imágenes radiográficas con el fin de realizar las mediciones necesarias para cuantificar los cambios en la longitud y amplitud radicular fue un VixWin 2000 versión 1.4. Este programa midió automáticamente la cantidad de píxeles presentes en las estructuras a evaluar y se obtuvo un valor numérico bastante aproximado al real. Con este proceso de calibración de la imagen digital se compensó la magnificación de la radiografía debido a las discrepancias en la proyección geométrica. Esto aseguró que las medidas que se tomaron sobre las imágenes digitalizadas fueran exactamente iguales a las medidas del objeto real.

Para hacer las mediciones de la longitud coronal y radicular se trazó primero una línea horizontal que unía los puntos de la unión amelo-cementaria en mesial y distal de cada uno de los dientes. Luego se trazaron dos líneas perpendiculares a esta horizontal, una hasta el punto medio del borde incisal de la corona y la otra hasta el ápice radicular siguiendo el eje longitudinal de la raíz. Estas líneas verticales permitieron conocer el valor de la medida de la corona y de la raíz tanto en la primera como en la segunda radiografía (Fig. 1).



Figura 1. Medida de la longitud coronaria y radicular. Se traza una línea horizontal que une la unión amelo-cementaria en mesial y distal de cada diente. Luego se trazan dos perpendiculares a esta horizontal, una hasta el punto medio del borde incisal de la corona y otra hasta el ápice radicular.

Para realizar las mediciones de la amplitud radicular, se trazaron tres líneas perpendiculares a una línea vertical que sigue el eje longitudinal de la raíz y que la dividen en tres tercios. La medida de la amplitud se tomó en la mitad de cada tercio radicular. Estas líneas horizontales permitieron conocer el valor de la medida de la amplitud radicular cervical, media y apical tanto en la primera como en la segunda radiografía (Fig. 2).

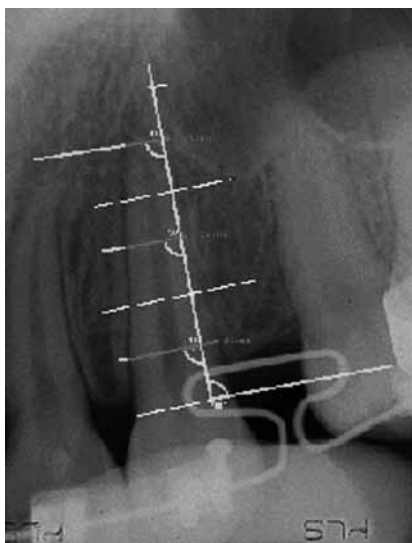


Figura 2. Medida de la amplitud radicular. Se trazan tres líneas perpendiculares a una vertical que sigue el eje longitudinal de la raíz y que la dividen en tres tercios. La medida se toma en la mitad de cada tercio radicular.

Para cuantificar los cambios en la longitud radicular después de la retracción, se aplicó el método de proporción corona/raíz propuesto por Linge y Linge con la ventaja de compensar las diferentes proyecciones geométricas entre las dos imágenes.^(5,10) Esta fórmula se describe como:

$$\text{Reabsorción} = (r_1 / c_1) \{ (c_1 + c_2) / 2 \} - (r_2 / c_2) \{ (c_1 + c_2) / 2 \}$$

c_1 = Distancia desde el punto medio del borde incisal de la corona a una línea perpendicular que conecta las uniones amelo-cementarias en la primera radiografía.

r_1 = Distancia desde el ápice radicular a la línea perpendicular que conecta las uniones amelo-cementarias en la primera radiografía.

c_2 = Distancia desde el punto medio del borde incisal de la corona a una línea perpendicular que conecta las uniones amelo-cementarias en la segunda radiografía.

r_2 = Distancia desde el ápice radicular a la línea perpendicular que conecta las uniones amelo-cementarias en la segunda radiografía.

Para la sustracción digital de las imágenes radiográficas se utilizó una cámara CCD (DAGE MTI). La distancia entre el lente de la cámara y las radiografías fue siempre constante a 54 mm. Una vez digitalizadas las radiografías fueron manipuladas a través del programa NIH Image y operado en un computador Macintosh. La imagen final fue sobrepuesta a la inicial usando sustracción digital en "tiempo real". Para igualar la densidad entre ambas radiografías, se utilizó corrección tipo gamma.

Los pacientes fueron tratados con técnica de arco recto (brackets de Roth) con ranura 0.018" x 0.025". Como condición necesaria para iniciar la retracción en masa con un arco de T.M.A 0.017" x 0.025", los dientes del arco superior debían estar completamente alineados y nivelados. Como anclaje para los dientes posteriores, se utilizó una barra transpalatina semifija sujeta a cajuelas soldadas en las bandas de los primeros molares, bandas hasta los segundos molares y tracción extra-oral alta en algunos casos. En el arco de T.M.A 0.017" x 0.025" fueron construidas dos ansas en "T", una a cada lado, con 6 mm de altura y 10 mm de amplitud en su parte activa. Para garantizar que todas las ansas fueran iguales, se diseñó una plantilla en papel milimetrado con las especificaciones previamente descritas (Fig. 3).

Se practicaron los momentos diferenciales en el arco de retracción para reforzar el anclaje, realizando un momento alfa de 20° y otro beta de 40°, produciendo un movimiento de traslación o "movimiento en masa" con una relación entre el momento y la fuerza de 10:1. Las ansas fueron ubicadas 2 mm por detrás de las aletas distales del bracket del canino

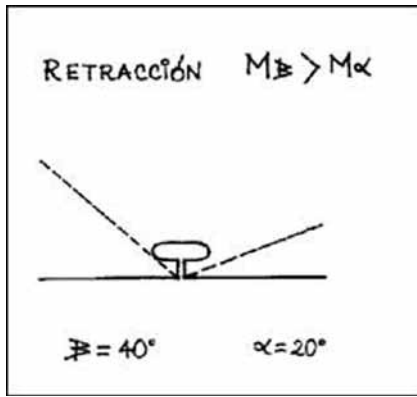


Figura 3. Plantilla para construir el ansa. Mβ: momento beta, Ma: momento alfa.

y permanecieron inactivas durante 6 semanas permitiendo la expresión de los momentos. Las ansas fueron activadas inicialmente 3 mm y reactivadas cada vez que los brazos verticales de ella contactaban entre sí. La cantidad de cada reactivación dependió del espacio remanente luego que el ansa llegaba a su punto de inactivación.

La tabla N°1 permite conocer el comportamiento biomecánico del ansa en cada activación. Cuatro operadores midieron en forma individual la magnitud de la fuerza entregada, en gramos-fuerza, cuando el ansa fue activada desde 1-5 mm de longitud con un dinamómetro de reloj que mide magnitudes hasta 250 grs/fuerza. De las 4 mediciones realizadas, se calculó un promedio para determinar la cantidad de fuerza entregada con cada activación del ansa.

Tabla N° 1. Promedio de la magnitud de la fuerza

ACTIVACIÓN DEL ANSA (mm)	PROMEDIO MAGNITUD FUERZA (Gr / fza)
1	18
2	105
3	145
4	218
5	236

mm: milímetros. Gr/ fza: gramos/ fuerza.

Se realizó una estadística descriptiva calculando para todas las variables de naturaleza cuantitativa la media aritmética, las desviaciones estándar, los valores menor y mayor y el coeficiente de variación. Para la variable género

se estableció el cálculo de proporciones. Las variables de longitud y amplitud radicular pre y post-retracción fueron relacionadas mediante la prueba estadística no paramétrica de la suma de rangos con signo de Wilcoxon, por ser variables dependientes. Las asociaciones fueron declaradas estadísticamente significativas o no, en el 95% del nivel de confiabilidad. El programa estadístico utilizado fue SPSS-Base 8.0.

Resultados

La retracción promedio de los dientes anteriores maxilares fue de 6 mm ± 1.6 y varió entre los 3 y 7 mm. La duración de la retracción se presentó entre los 85 y 192 días con un promedio de 154.25 días ± 34.8. (Tablas N° 2 y 3, Fig. 4).

Tabla N° 2. Cantidad y duración de la retracción de los dientes anteriores maxilares

Pacientes	Cantidad retracción (mm)	Duración retracción (días)
1	6	167
2	4	130
3	7	192
4	7	172
5	7	176
6	7	137
7	7	175
8	3	85

Tabla N° 3. Análisis de la cantidad y duración de la retracción de los dientes anteriores maxilares.

	Menor	Mayor	N	Media	Desviación Estándar
Cantidad retracción (mm)	3	7	8	6	± 1.60
Duración retracción (días)	85	192	8	154.25	± 34.82

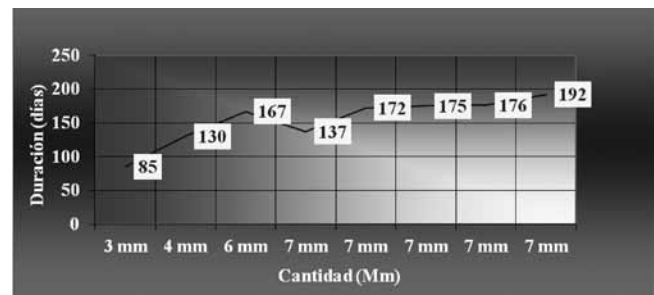


Figura N° 4. Cantidad y duración de la retracción.

La longitud radicular de los dientes anteriores antes de la retracción presentó un promedio de 16.2 mm \pm 1.51. La longitud radicular de los dientes anteriores después de la retracción presentó un promedio de 15.2 mm \pm 1.58 mm. La longitud radicular promedio disminuyó 1 mm durante la retracción. Al realizar la comparación de las dos longitudes radiculares, antes y después de la retracción se encontró una diferencia estadísticamente significativa al obtener un valor de $p = 0.001$, con un nivel de significancia del 95%.

Tabla N° 4. Análisis de la longitud radicular antes y después de la retracción.

	Menor	Mayor	N	Media	Desviación Estándar
Longitud radicular antes (mm)	13.3	19.2	17	16.2	± 1.51
Longitud radicular después (mm)	12.6	17.3	17	15.2	± 1.58

La amplitud cervical radicular de los dientes anteriores en promedio presentó un mínimo aumento durante la retracción de 0.038 mm. Al relacionar la amplitud del tercio cervical radicular de los dientes anteriores antes y después de la retracción, se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa en la amplitud radicular al obtener un valor de $p = 0.549$. Estadísticamente la amplitud cervical radicular es la misma antes y después de la retracción con un 95 % de certeza. La amplitud del tercio medio radicular de los dientes anteriores en promedio presentó un mínimo aumento durante la retracción de 0.144 mm. Al relacionar la amplitud del tercio medio radicular de los dientes anteriores antes y después de la retracción, se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa en la amplitud medio radicular al obtener un valor de $p = 0.083$. Estadísticamente, la amplitud media radicular es la misma antes y después de la retracción con un 95 % de certeza. La amplitud apical radicular de los dientes anteriores en promedio presentó un aumento durante la retracción de 0.2 mm. En conclusión, en el tercio apical radicular se presenta una mayor variación en la amplitud con respecto a los tercios medio y cervical. Al relacionar la amplitud del tercio apical radicular de los dientes anteriores antes y después de la retracción, se determinó que no existe diferencia estadísticamente significativa en la amplitud apical radicular al obtener un valor de $p = 0.058$. Estadísticamente, la amplitud apical radicular está "muy cercana" de ser significativamente mayor después de la retracción que antes de ella con un 95 % de certeza (Tabla N° 5).

Tabla N° 5. Análisis de la amplitud radicular antes y después de la retracción.

	Menor	Mayor	N	Media	Desviación Estándar
Amplitud cervical antes (mm)	4.2	7.5	18	6.206	± 0.963
Amplitud cervical después (mm)	4.6	7.4	18	6.244	± 0.873
Amplitud medio antes (mm)	3.0	6.1	18	4.939	± 0.872
Amplitud medio después (mm)	3.2	6.6	18	5.083	± 0.893
Amplitud apical antes (mm)	2.1	4.1	18	2.978	± 0.648
Amplitud apical después (mm)	2.0	4.7	18	3.178	± 0.752

El promedio del cambio en la longitud radicular presentado en los dientes anteriores después del movimiento de retracción fue de 0.88 mm \pm 1.06 (Tabla N° 6). El máximo cambio en la longitud radicular fue de 3.14 mm y el mínimo -0.36 mm.

Tabla N° 6. Análisis de los cambios en la longitud radicular después de la retracción.

	Menor	Mayor	N	Media	Desviación Estándar
Cambios longitud radicular (mm)	-0.362	3.143	17	0.88853	± 1.06956

Discusión

La técnica de radiografía por sustracción digital es bastante sensible y tiene dos requisitos que deben ser cumplidos rigurosamente ^(1,18, 19, 20):

- La técnica radiográfica debe ser altamente estandarizada para obtener una proyección geométrica idéntica de las imágenes radiográficas.
- El control de la calidad de las imágenes radiográficas debe ser estricto, la densidad y el contraste deben ser exactamente iguales.

En esta investigación las imágenes radiográficas obtenidas antes y después del movimiento de retracción no fueron idénticas en cuanto a su proyección geométrica por tres razones:

- Aunque la distancia entre los dientes y la película se mantuvo siempre constante, la anatomía del paladar de cada paciente dificultó la colocación de la película radiográfica, ocasionando la inclinación y la deformación de ésta.
- El cono del equipo radiológico pudo haberse inclinado ligeramente al ser enfrentado con el aro del dispositivo de la técnica paralela.
- El material de impresión empleado para la toma del registro de mordida, presentó cambios dimensionales, esto modificó el posicionamiento de la segunda radiografía.

La principal limitación de este estudio fue la calidad de las imágenes obtenidas para hacer la sustracción digital dada la gran cantidad de "ruido estructural" que impidió la observación y el análisis del área de cambio. Como el éxito del método de sustracción digital depende de la reproducibilidad de las imágenes, se puede decir que las discrepancias que se presentaron entre las dos imágenes radiográficas, aunque menores, fueron difíciles de corregir. Y aunque se ha demostrado que la radiografía por sustracción digital es una herramienta valiosa para detectar pequeños cambios y que ésta es superior a la radiografía convencional, el grado al cual la geometría de la imagen necesita ser reproducida depende del tamaño de los cambios estudiados, entre más pequeños sean los cambios se requiere una reproducibilidad más alta. En este estudio donde los cambios observados fueron pequeños, se requería de una alta reproducibilidad, la cual no se consiguió. Esto influyó notablemente en los hallazgos encontrados y no permitió evaluar la validez y exactitud de la técnica de radiografía por sustracción digital.^(1,19,20)

La técnica de reposicionamiento de los dientes en el registro de mordida en los pacientes en tratamiento de ortodoncia presentó dificultades debido a que los dientes cambian constantemente su posición en las tres dimensiones del espacio. Cualquier movimiento en el eje X o Y puede ser corregido a través de algoritmos matemáticos computacionales. Pero la rotación sobre el eje longitudinal del diente o sobre el eje Z es difícil de compensar. Por ejemplo, cuando se realiza un movimiento de retracción de un incisivo se está seguro que el borde incisal se localiza en el mismo lugar dentro del registro de mordida. Sin embargo, el ápice y las estructuras que rodean al diente como el hueso alveolar y los dientes adyacentes, no necesariamente estarán en el mismo lugar. Estos cambios junto con los presentados en la proyección geométrica pueden producir lo que se denomina como ruido estructural.

La longitud radicular disminuyó en promedio 1 mm después de la retracción, por lo cual se consideró como remodelación a todo cambio radicular menor o igual a un milímetro y reabsorción a todo cambio radicular mayor de un milímetro.

En el tercio apical radicular se presenta mayor variación en la amplitud si se compara con los tercios medio y cervical después de la retracción. Debido a que el ápice se redondea o se pierde como consecuencia del movimiento de retracción, el punto de referencia del ápice radicular en la segunda radiografía cambia con respecto al de la primera, con predominio de la amplitud sobre la longitud, interpretándose esto como un aumento del tercio apical.

El promedio de los cambios en la longitud radicular ($0.88 \text{ mm} \pm 1.06$) de los dientes anteriores superiores después de la retracción fue un 60% menor que los reportados por Baumrind, Korn y Boyd y por Linge y Linge quienes encontraron que el acortamiento radicular promedio fue de $1.36 \text{ mm} \pm 1.46$ y $1.54 \text{ mm} \pm 1.1$ respectivamente.^(5,10)

El valor mínimo de los cambios en la longitud radicular encontrado fue negativo (-0.362 mm), lo que significa que la medición después de realizada la retracción fue mayor. Estos hallazgos están directamente relacionados con la dificultad para la localización de los puntos de referencia (la unión amelocementaria y el borde incisal), los errores en la medición y en la aplicación de la fórmula para compensar las diferentes proyecciones geométricas entre las dos imágenes. El valor máximo fue 3.14 mm , lo cual puede ser considerado significativo desde el punto de vista clínico y estar relacionado con la variabilidad individual que influye directamente sobre los resultados esperados.

De los 17 casos que se evaluaron solo 5 de ellos que constituyen el 29.4% presentaron cambios en la longitud radicular mayores de 1 mm considerados como reabsorción radicular y 12 casos que constituyen el 70.5% presentaron cambios menores o iguales a 1 mm, considerados cambios de la remodelación radicular propia de todo tratamiento de ortodoncia.

El tipo de mecánica utilizada en ésta investigación permitió hacer movimientos de retracción de los seis dientes anteriores maxilares en un solo tiempo operativo, con un buen manejo y control en la zona de anclaje. La mayor ventaja que ofrece la implementación de éste tipo de sistemas mecánicos es la reducción significativa en la duración total del tratamiento de ortodoncia. El espacio mínimo fue de 3.0 mm y necesitó 85 días (28.33 días/mm) mientras que el espacio máximo fue de 7.0 mm y requirió 192 días (27.43 días/mm). Entonces se puede considerar que el tiempo promedio utilizado en la retracción en masa fue de 27.88 días / mm , lo que indica que la cantidad de

retracción fue mayor de 1.0 mm por mes. Clínicamente esto representa una ventaja, porque se mueven seis dientes al mismo tiempo en vez de uno solo como se hace en la mayoría de sistemas mecánicos de retracción.

Si se establece una comparación entre los sistemas de retracción en masa con los sistemas convencionales, también se observan grandes diferencias a favor del primero. Un estudio similar al nuestro, donde también se emplea la retracción en masa es el realizado por Medina, Gómez y Uribe. En este estudio el sistema biomecánico fue diferente, ellos emplearon un momento $\alpha = 30^\circ$ y un momento $\beta = 40^\circ$. El tiempo promedio para la retracción de los seis dientes anteriores superiores empleado por Medina, Gómez y Uribe en su estudio fue de 232 días y el tiempo promedio para la retracción individual de caninos con resortes tipo A-Ni-Ti fue de 174 días y el tiempo promedio empleado para realizar la retracción de los cuatro incisivos fue de 72 días. La suma de ambos promedios indica que el tiempo total empleado para cerrar por completo el espacio de extracción fue de 246 días lo que permite concluir que la retracción en masa de los seis dientes anteriores superiores es más eficiente, se realiza en menor tiempo que la retracción individual de caninos y luego la retracción de los cuatro incisivos.⁽²³⁾

Ziegler e Ingervall compararon un sistema friccional para la retracción individual de caninos con un sistema predeterminado. Concluyen que la retracción con ansas fue más eficiente y rápida que la retracción friccional. La diferencia entre ambos sistemas fue aproximadamente 0.5 mm/mes a favor de los no friccionales y aunque se reportó como de significancia estadística, clínicamente no lo es.⁽²⁴⁾

Gjessing publicó un estudio acerca del comportamiento mecánico de un sistema predeterminado para la retracción individual de caninos. En éste afirma que activando el ansa 1.0 mm, se produce una fuerza entre 140 -160 grs. que logra realizar movimientos de 1.5 mm/ mes. Además, reporta dos casos clínicos en los que realiza el cierre de espacios de 7.0 mm en 5 meses (1.0mm/21.42 días) y de 10 mm en 7 meses (1.0 mm/21 días) respectivamente. Estos resultados permiten considerar que la retracción dentaria con los sistemas no friccionales es bastante eficiente en términos de la rapidez con la que se hace el movimiento. Sin embargo, estos estudios solamente reportan la primera fase de la etapa de retracción, la retracción de los caninos.^(25,35,36)

Gracias a las excelentes propiedades físicas de los alambres de T.M.A. se pueden obtener fuerzas adecuadas para el uso clínico. Al inicio del movimiento de retracción, la primera activación realizada al ansa fue de 3.0 mm lo que produjo una fuerza de 145 grs. Esa magnitud de fuerza

es considerada como "fisiológica" y fue descrita en varias oportunidades en la literatura ortodóncica.⁽²⁶⁾

Es importante mencionar que al pre-activar dos momentos diferentes (α y β) en el sistema mecánico, se asegura que la zona de reacción presente menor movimiento que la zona de acción. Esa relación de 2:1 en cuanto a la expresión de los momentos asegura que la relación M/F de la zona de anclaje sea mayor que la relación M/F en la zona de acción. Además, el involucrar los segundos molares asegura que el área de superficie radicular de la zona de reacción sea mayor. Burstone, Nanda y Gjessing resaltan la importancia de manejar apropiadamente los momentos α y β .^(21, 22, 25) Gjessing afirma que cuando no se aplica el momento β en un sistema predeterminado para la retracción individual de caninos, hay un movimiento neto de inclinación mesial de las coronas de la zona de reacción, lo que se traduce en una pérdida no deseada de anclaje.⁽²⁵⁾

Los sistemas mecánicos de retracción en masa se presentan como una excelente alternativa de tratamiento. Son bastante eficientes siempre y cuando se lleven a cabo las siguientes indicaciones:

- Cementar bandas hasta los segundos molares y una barra transpalatina en los primeros molares.
- Diseñar y construir el ansa en alambres de aleaciones de β -Titanio (T.M.A) 0.017" X 0.025" con la correcta pre-activación de los momentos α y β .
- Esperar el tiempo pertinente para la expresión de los momentos diferenciales y la activación inicial del ansa que debe ser de 3 mm para que produzca una fuerza de 145 gramos.

Conclusiones

1. La técnica de radiografía por sustracción digital es bastante sensible y requiere imágenes de alta calidad en cuanto a proyección geométrica y densidad.
2. No fue posible obtener imágenes de alta calidad como lo exige el método de la sustracción digital, debido a que éstas presentaron una gran cantidad de "ruido estructural", lo cual impidió la observación y el análisis del área de cambio.
3. Todo cambio de la longitud radicular menor o igual a un milímetro se considera como remodelación y pérdidas mayores de un milímetro se consideran como reabsorción.
4. La retracción en masa de los seis dientes anteriores superiores disminuye significativamente la duración de un tratamiento de ortodoncia con extracciones.

Agradecimientos:

Al Comité para el Desarrollo de la Investigación de la Universidad de Antioquia por el financiamiento de esta investigación. Al Doctor Francisco Eraso, Odontólogo Radiólogo Máxilofacial de la Nova Southeastern University (Florida-USA) por su apoyo en la realización y análisis de la sustracción digital.

Bibliografía

1. Kravitz LH, Tyndall DA, Bagnell CP, Dove SB. Assessment of External Root Resorption Using Digital Subtraction Radiography. *J Endod* 1992 Jun; 18(6): 275-84.
2. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 1. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993 Jan; 103(1): 62-6.
3. Hendrix I, Carels C, Kuijpers-Jagtman AM, Van 'T Hof M. A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 105(4): 345-9.
4. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 103(2): 138-46.
5. Baumrind S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996; 110(3): 311-20.
6. McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons AL. External Apical Root Resorption Following Orthodontic Treatment. *Angle Orthod* 2000; 70(3): 227-32.
7. Sameshima G, Sinclair P. Predicting and preventing root resorption : Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 119(5): 505-10.
8. Sameshima G, Sinclair P. Predicting and preventing root resorption : Part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 200; 119(5): 511-5.
9. Remington DN, Joondeph DR, Artun J, Riedel RA, Chapko MK. Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 96(1): 43-6.
10. Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991; 99 (1): 35-43.
11. Lupi JE, Chester CS, Sadowsky C. Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 109(1): 28-37.
12. Lee RY, Artun J, Alonzo TA. Are dental anomalies risk factors for apical root resorption in orthodontic patients?. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 116(2): 187-95.
13. Harris EF, Butler ML. Patterns of incisor root resorption before and after orthodontic correction in case with anterior open bites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992; 101(2) :112-9.
14. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of Root Resorption and Root Shape: Periapical vs Panoramic Films. *Angle Orthod* 2001 2001; 71(3): 185-9.
15. Taithongchal R, Sookkorn K, Killiany DM. Facial and dentoalveolar structure and the prediction of apical root shortening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 110(3): 296-302.
16. Beck BW, Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects : Analysis of edgewise and light wires mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 105(4): 350-61.
17. Harris EF, Kineret SE, Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 111(3): 301-9.
18. Reddy MS, Jeffcoat MK. Radiografía por sustracción digital. *Clínicas Odontológicas de Norteamérica. Avances en Imagenología* 1993; 37(4) : 565-77.
19. Yoon DC. A new method for the automated alignment of dental radiographs for digital subtraction radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 2000; 29(1): 11-9.
20. Byrd V, Mayfiel-Donahoo T, Reddy MS, Jeffcoat MK. Semiautomated image registration for digital subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85(4): 473-8.
21. Nanda R. *Biomecánica en Ortodoncia Clínica*. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.
22. Burstone C. *Modern Edgewise Mechanics and the Segmented Arch Technique*. Department of Orthodontics, University of Connecticut, School of Dental Medicine, 1995.
23. Medina M, Gómez DF, Uribe GA. Comparación de la pérdida de anclaje que ocurre entre una técnica de retracción en masa de los dientes anteriores utilizando una mecánica no friccional vs la técnica de retracción de caninos convencional (Resortes de A-NiTi) Estudio Piloto. 2002.
24. Ziegler P, Ingervall B. A clinical study of maxillary canine retraction with retraction spring and sliding mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989; 95(2): 99-106.
25. Gjessing P. Biomechanical design and clinical evaluation of a new canine retraction spring. *Am J Orthod* 1985; 87(5): 353-62.
26. Quinn RS, Yoshikawa DK. A reassessment of force magnitude in orthodontics. *Am J Orthod* 1985; 88(3): 252-60.