
CAMBIOS RADICULARES ANALIZADOS CON MORFOMETRÍA DIGITAL EN INCISIVOS SUPERIORES DE PACIENTES JÓVENES DURANTE DIECIOCHO MESES DE TRATAMIENTO ORTODÓNCICO¹

DIGITAL MORPHOMETRIC ANALYSIS OF ROOT CHANGES IN UPPER INCISORS OF YOUNG PATIENTS DURING EIGHTEEN MONTHS OF ORTHODONTIC TREATMENT¹

JULIO ROBERTO SALDARRIAGA MOLINA², MÓNICA PATRICIA MAZO TURIZO³, ANDRÉS POSADA ESCALANTE³, WILSON ZAPATA MARTÍNEZ³, DIANA ELIZABETH VALDÉS CUARTAS⁴

RESUMEN. Introducción: La reabsorción radicular asociada al tratamiento ortodóncico es un fenómeno, que aunque ha sido bastante debatido en la literatura, su naturaleza, causa y efectos son aún controvertidos. Debido a la discusión que se presenta en la literatura acerca del comportamiento radicular durante el tiempo del tratamiento de ortodoncia, se realizó un estudio de seguimiento radiográfico con el propósito de determinar cuantitativamente los cambios en la anatomía radicular considerando intervalos fijos de tiempo (0, 6, 12, 18 meses). **Métodos:** el análisis se centró en la evaluación de variables relacionadas con la reabsorción radicular, incluyendo variables dependientes como: área y longitud radicular e independientes como: tiempo de tratamiento, género, edad, forma radicular, tipo de alambre utilizado, diagnóstico, hábitos, trauma, exodoncias, antecedentes médicos, expansión maxilar, uso de elásticos y tipo de brackets. La técnica usada para evaluar los cambios radiculares radiográficos fue la morfometría digital. Se tomó una muestra de 26 pacientes (14 hombres y 12 mujeres) entre los 11 y 21 años, atendidos por estudiantes del posgrado de Odontología Integral del Adolescente y Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia. **Resultados y conclusiones:** los resultados obtenidos con significancia estadística a un nivel de confianza del 95% permitieron las siguientes conclusiones: 1) Se observaron cambios en la integridad radicular en todos los incisivos superiores durante los 18 meses de tratamiento. 2) Los mayores cambios se presentaron durante los primeros seis meses de tratamiento y fueron significativos a los 18 meses. 3) Los incisivos laterales superiores fueron más susceptibles a la reabsorción radicular que los incisivos centrales superiores. 4) Las condiciones que favorecieron la reabsorción radicular en esta muestra fueron: género masculino, antecedente médico de rinitis, expansión maxilar previa a la terapia ortodóncica, tratamiento ortodóncico con exodoncias de primeros bicúspides superiores y aparatología con prescripción estándar. 5) Los resultados discutidos son aplicables a la muestra estudiada y no se deberán extrapolar a todo el universo, pero la información si es muy valiosa para considerarse en futuros estudios con muestra mayor.

Palabras clave: reabsorción radicular, morfometría digital, incisivos superiores.

Saldarriaga JR, Mazo MP, Posada A, Zapata W, Valdés DE. Cambios radiculares analizados con morfometría digital en incisivos superiores de pacientes jóvenes durante dieciocho meses de tratamiento ortodóncico. Rev Fac Odontol Univ Antioq 2008; 19 (2): 38-53.

ABSTRACT. Introduction: orthodontically induced external root resorption is not a well understood phenomenon, and although it has been widely studied in the orthodontic literature, its nature, causes and effects are still controversial. Since there is no clarity about the apical root changes that take place during the orthodontic treatment, the aim of this study was to determine quantitative changes in root morphology during fixed periods of time (0, 6, 12, 18 months) based on a radiographic assessment. **Methods:** the dependent variables analysed were: area and root length, the independent variables were: treatment time, gender, age, root form, type of wire, diagnosis, oral habits, trauma, extractions, medical history, maxillary expansion and use of elastics. The method used to evaluate and calculate the root changes was the digital morphometric analysis of periapical radiographs. The sample consisted of 26 young patients (14 males- 12 females) between 11-21 years of age that were going to be treated at the Dental School of the University of Antioquia by students of the postgraduate Orthodontic program. **Results and conclusions:** the results had a statistical significance of 95% and led to the following conclusions: 1) root integrity was affected in the upper incisors of all patients during the 18 months of treatment. 2) The greatest changes occurred during the first six months and were significant after 18 months of treatment. 3) Upper lateral incisors were more susceptible to root resorption than upper central incisors. 4) The conditions that favored root resorption in this sample were: male gender; medical history of respiratory allergies, maxillary expansion prior to orthodontic therapy, orthodontic treatment with extractions of first upper bicuspids, and standard

-
- 1 Artículo derivado de una investigación realizada como requisito parcial para optar al título de especialistas en Odontología Integral del Adolescente y Ortodoncia de tres de los coautores.
 - 2 Odontólogo, ortodoncista, profesor asistente, Facultad de Odontología, Universidad de Antioquia. Correo electrónico: jrsmldr@une.net.co
 - 3 Odontólogos, estudiantes del posgrado de Odontología Integral del Adolescente y Ortodoncia, Facultad de Odontología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia. Correo electrónico: roski@une.net.co, posadas@une.net.co, zapatawilson@hotmail.com
 - 4 Estudiante noveno semestre, Facultad de Odontología, Universidad de Antioquia.

RECIBIDO: FEBRERO 6/2007 - ACEPTADO: ABRIL 22/2008

edgewise brackets. 5) These results are applicable to the sample analyzed and should not be extrapolated to the general population, but the information is valid to be considered in future studies with a larger sample.

Key words: *root resorption, digital measurements, maxillary incisors.*

Saldarriaga JR, Mazo MP, Posada A, Zapata W, Valdés DE. Digital morphometric analysis of root changes in upper incisors of young patients during 18 months of orthodontic treatment. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2008; 19 (2): 38-53.

INTRODUCCIÓN

La reabsorción radicular apical es un efecto no deseado,^{1,2,3} relacionado muchas veces con el tratamiento de ortodoncia^{4,5} que se ha ido convirtiendo en un asunto serio desde el punto de vista médico legal.^{4,6} Es de origen multifactorial, pues puede estar asociado tanto con factores biológicos como con factores mecánicos del tratamiento.^{2,6,7} La reabsorción radicular, aunque ha sido muy estudiada, todavía sigue siendo un fenómeno bastante discutido. En la actualidad es amplia la información que se tiene al respecto, pero los resultados de las investigaciones han sido controvertidos y hay interrogantes en cuanto a la respuesta radicular en el transcurso del tratamiento ortodóncico.^{6,7}

La reabsorción radicular se define como la pérdida del componente orgánico e inorgánico de los tejidos duros radiculares, como la dentina y el cemento.^{1,8} La reabsorción radicular puede ser interna o externa. La interna se clasifica en reabsorción por reemplazo y en reabsorción inflamatoria. La reabsorción externa se clasifica en tres categorías: 1) **reabsorción radicular superficial**, que involucra pequeñas áreas y se observa radiográficamente como ligeras excavaciones en la superficie radicular 2) **reabsorción radicular inflamatoria cervical o apical**, que es un defecto resortivo socavante que penetra el cemento y la dentina y se asocia con injuria o irritación al periodonto como consecuencia de trauma, infección periodontal o tratamiento ortodóncico. 3) **reabsorción por reemplazo o anquilosis**, asociada con antecedentes de luxación y avulsión; ocurre por necrosis extensa del ligamento periodontal con formación ósea en el área radicular afectada. Además, la reabsorción inflamatoria externa se puede subdividir en reabsorción cervical y en reabsorción radicular apical externa.⁸

Los factores biológicos reportados en la literatura que pueden predisponer a la reabsorción radicular son: susceptibilidad individual, al parecer con fuerte tendencia familiar,^{3,9} edad cronológica,^{10,11} edad dental,^{8,11} forma radicular,^{12,13,27,29} presencia de reabsorción radicular antes del tratamiento de ortodoncia,⁴⁻¹⁴ factores sistémicos entre los que se encuentran hipotiroidismo, hipopituitarismo, hiperpituitarismo,⁷ antecedentes de asma crónica,¹⁵ rinitis alérgica,¹⁶ historia de trauma,^{1,17,18} historia de endodoncia,⁵ tipo de relación dental³ y género.^{14,20,21} Entre los factores mecánicos del tratamiento ortodóncico se ha reportado el tipo de movimiento dental,⁷ la magnitud de las fuerzas^{2,16} y duración del tratamiento.^{2,6,7,30-32,34,36}

La reabsorción radicular externa, relacionada con el tratamiento de ortodoncia, comienza adyacente al área de hialinización donde la compresión es fuerte y de larga duración. La necesidad de eliminar este tejido hialinizado, lleva a la invasión de células y vasos sanguíneos desde el periodonto intacto, resultando en la remoción de matriz cementoide y de colágeno maduro alterando la barrera de protección contra la reabsorción.^{1,22,23} La reparación del cemento puede ocurrir si se retira la fuerza aplicada durante un periodo de tiempo adecuado.¹ Este fenómeno ha sido evaluado radiográficamente por diferentes autores comparando dos imágenes, una obtenida al inicio y otra al finalizar el tratamiento.^{3,12}

Radiográficamente se ha confirmado que puede ocurrir reabsorción radicular durante el transcurso del tratamiento de ortodoncia,^{24,35} pero no se han indicado las fases en que ocurre este fenómeno y no es concluyente la información que se tiene acerca de la naturaleza y etiología de la reabsorción radicular. Basados en la literatura, se observa que hay gran carencia de información en cuanto a los periodos de

quietud y de actividad reabsortiva que se presentan en el transcurso de la terapia ortodóncica. Debido a lo anterior, se realizó un estudio prospectivo de morfometría radiográfica digital para identificar y cuantificar los cambios radiculares que ocurren durante el tratamiento ortodóncico en incisivos superiores de pacientes jóvenes, considerando intervalos fijos de tiempo (0, 6, 12 y 18 meses). Las variables se clasificaron en dependientes como área y longitud radicular e independientes como tiempo de tratamiento, género, edad, forma radicular, tipo de alambre utilizado, diagnóstico, hábitos, trauma, exodoncia de primeros bicúspides superiores, antecedentes médicos, endodoncia, expansión maxilar, uso de elásticos y tipo de brackets (véase tabla 1).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo longitudinal, descriptivo y prospectivo, caracterizada por recolectar la mayor cantidad de información para utilizar en futuros estudios.

Tamaño de la muestra

Población. Pacientes desde los 11 años de edad hasta los 21 que iban a iniciar tratamiento en posgrado de Ortodoncia de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia 90 individuos estaban inscritos en el momento de iniciar el estudio.

Para calcular el tamaño muestral se utilizó la siguiente fórmula para poblaciones finitas según muestreo al azar:

$$n = \frac{NZ^2PQ}{NE^2 + Z^2PQ}$$

donde: P = proporción de elementos que presentan la característica (0,5).

Q = (1 - P) proporción de elementos que no presentan la característica.

E = área de la curva en la norma (1,96) según el nivel de confianza del 95%.

N = Población objeto (90 pacientes).

n = 26,4

la muestra objeto de estudio estuvo conformada entonces por 26 pacientes (14 hombres y 12 mujeres), con un rango de edad entre los 11 y los 20 años de edad, divididos en dos grupos etáreos: 11 a 14 años y de 14,1 a 21 años de edad, a quienes se les realizó seguimiento radiográfico durante dieciocho meses de tratamiento (tabla 2).

Esta investigación maneja intervalo de confianza del 95%, con nivel de significancia estadística del 5% y margen de error del 1,6 para la muestra.

Procedimiento

A cada paciente se le tomaron dos radiografías periapicales con técnica paralela, una para el 11 y el 12 y otra para el 21 y el 22, dirigiendo el rayo al espacio interproximal de manera ortogonal. Para estandarizar la posición del borde incisal, sobre el bloque de mordida de la técnica paralela, se hizo una marca a 10 mm del borde interno del aditamento y así mantener constante la distancia objeto-película a través de las cuatro tomas.

Para la toma radiográfica se utilizó: equipo de rayos X Satelec-Pierre Rolland U. S. A. Películas radiográficas Kodak Ektaspeed EP 21. Marcador radiopaco de un diámetro de 3,32 mm, a 2 mm del borde inferior derecho de la placa con el fin de que se proyectara su imagen en la radiografía y así cuantificar matemáticamente el grado de distorsión con respecto a su diámetro real (véase figura 1A); al confrontar estas dos medidas, la real y la radiográfica, a un nivel de confianza del 95% no se encontraron diferencias estadísticamente significativas pues para todos los casos $p \geq 0,179$. El revelado de las placas se realizó por medio de un revelador automático*. Para el análisis de las radiografías, las películas fueron digitalizadas en un escáner Genius**, a una resolución de 1200 b.p.i, color natural. Un solo cooines-

* Mercury analysis system, modelo Mmas 50D (Hicksville N. Y. U. S. A. 1994).

** Scanner Genius Color page, modelo XR7X (China, 1996).

tigador realizó las tomas radiográficas. Para calcular el error intraoperador, los cuatro coinvestigadores midieron el área y la longitud en cinco radiografías escogidas al azar y se repitieron las medidas en las mismas radiografías en un intervalo de tiempo de quince días. El coinvestigador con el menor error intraoperador realizó las mediciones.

La fórmula usada fue:

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum D^2}}{2N}$$

Donde:

D es la diferencia entre las medidas duplicadas y **N** es el número de medidas duplicadas.

El error intraoperador para el área radicular fue de 0,43 mm² y para la longitud fué de 0,08 mm.

A éste error intraoperador se le realizó la prueba t con nivel de confianza del 95% y se obtuvo p = 0,12, indicando que el error intraoperador no fue estadísticamente significativo.

Para implementar una escala de medición entre las imágenes digitalizadas y las radiográficas, se digitalizó una regla milimetrada y se homologó con el programa de análisis.

La lectura de las placas radiográficas se realizó con ayuda de una tarjeta digitalizadora Genuis*** en un computador IBM**** con monitor a color de alta resolución en un cuarto oscuro, para facilitar el contraste visual. El programa de análisis de imágenes usado fue el AxioVision 3.1.***** Se demarcó el contorno externo de la raíz desde la unión cementoamélica hasta el tercio medio y apical, también se trazó la longitud de la raíz desde la parte más sobresaliente del ápice radicular y de la unión cementoamélica. El programa cuantifica automáticamente el área radicular en mm² y la longitud radicular en mm (véase figura 1B).

Para determinar el grado de reabsorción radicular durante el tiempo de tratamiento, se hicieron medi-

ciones en la radiografía inicial (T0), a los seis meses (T6), a los doce meses (T12) y a los dieciocho y ocho meses (T18).

Para el análisis en los cambios radiculares se consideraron variables dependientes e independientes. Las dependientes fueron el área y la longitud radicular, las independientes fueron múltiples dado la naturaleza y propósito del estudio (véase tabla 1).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis descriptivo de los datos se aplicaron medidas de resumen (media, desviación estándar, coeficiente de variación, intervalos de confianza y distribuciones de frecuencias) con las cuales se estableció el comportamiento de las variables dependientes en relación con las variables independientes, esto con el fin de observar posibles tendencias y comportamiento grupal y además con la distribución de frecuencias se excluyeron algunas variables que no era factible de comparar. Las variables excluidas fueron: tipo de alambre, diagnóstico y endodoncia. Variables como edad, forma radicular, hábitos y usos de elásticos al ser comparados no resultaron ser estadísticamente significativas (véase tabla 1).

Para cuantificar si los cambios radiculares radiográficos eran significantes en el transcurso del tratamiento ortodóncico a intervalos fijos de tiempo cada 6 meses, desde 0 hasta los 18 meses, en las variables seleccionadas se aplicó la prueba de análisis de varianza (ANOVA) para muestras relacionadas.

Para identificar el periodo y la circunstancia de riesgo para reabsorción radicular durante el tratamiento ortodóncico se utilizó la prueba ANOVA para muestras independientes.

En las variables con significancia estadística se aplicó la prueba de TUKEY para conocer en qué intervalo de tiempo y entre qué categorías se había presentado la diferencia.

*** Tarjeta digitalizadora modelo ATR (China, 1997).

**** Procesador de texto IBM (N. Y. U. S. A.).

***** Laboratorio Carl Zeiss Vision (Alemania, 2002).

Las pruebas estadísticas se aplicaron utilizando el programa SPSS versión 11.5. Las asociaciones que se realizaron fueron significativas a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 1

Categorización de variables dependientes e independientes empleadas para el análisis de los cambios radiculares de los incisivos superiores durante el tratamiento ortodóncico a intervalos fijos de tiempo a través de dieciocho meses

VARIABLES DEPENDIENTES	CATEGORIZACIÓN DE LAS VARIABLES
Área radicular	mm ²
Longitud radicular	mm

VARIABLES INDEPENDIENTES	CATEGORIZACIÓN DE LAS VARIABLES
Tiempo de tratamiento	0, 6, 12, 18 meses
Sexo	Hombre
	Mujer
Edad	11 a 14
	14,1 a 21
Forma radicular (clasificación según Mirabella y Artun)	Roma
	Puntiaguda
	Dilacerada
	Botella
Tipo de alambre	Material: Niti, Acero y TMA
	Calibre: 0,012, 0,014, 0,016, .0,018 y 0,016 x 0,022
Diagnóstico	Clase I dental, Clase II / 1, Clase II / 2, Clase II esquelética, Clase III dental y esquelética, mordida abierta dental y esquelética, mordida profunda dental y esquelética y mordida cruzada dental y esquelética
Hábitos	Ninguno
	Onicofagia
	Succión de labio inferior
	Succión digital
	Empuje lingual
Trauma	Respirador oral
	Sí, no
Exodoncias de primeros bicúspides superiores	Sí, no
Antecedentes médicos	Rinitis alérgica
	Asma
	Ninguno
Endodoncia en incisivos	Sí, no
Expansión maxilar	Sí, no
Uso de elásticos	Sí, no
Tipo de brackets	Estándar, roth

Tabla 2

Distribución de frecuencia de variables independientes estadísticamente significativas (p ≤ 0,05) empleadas para el análisis de los cambios radiculares de los incisivos superiores durante el tratamiento ortodóncico a intervalos fijos de tiempo a través de dieciocho meses

VARIABLE	CATEGORÍA DE VARIABLES	DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA
Sexo	Hombre	13
	Mujer	11
Antecedentes médicos	Ninguno	14
	Rinitis	8
Trauma dentoalveolar	Sí	4
	No	20
Expansión maxilar	Sí	4
	No	20
Exodoncia	Sí	14
	No	10
Bracket	Estándar	7
	Roth	17

Figura 1A



Figura 1B



RESULTADOS

En un universo de 90 pacientes, la población de estudio fue de 26 pacientes, de los cuales dos se retiraron del tratamiento de ortodoncia por dificultades en su atención durante el estudio.

En todos los dientes de los pacientes del estudio se observó algún cambio en las dimensiones radiculares. En promedio los mayores cambios se observaron durante los primeros seis meses de tratamiento tanto para la longitud como para el área radicular, aunque solo alcanzaron valores estadísticamente significativos, en el acumulado total, a los dieciocho meses para la longitud radicular (véase tabla 3A y 3B).

Los cambios en la longitud radicular estuvieron entre 0,21 y 2,14 mm con un promedio de 1,18 mm. Los cambios en el área radicular estuvieron entre 0,05 y los 5,22 mm² con un promedio de 2,37 mm².

En este artículo solo se discutirán las variables que presentaron una diferencia estadísticamente significativa a un nivel de confianza del 95% (véase tabla 2, 3A y 3B).

Al comparar por **sexo**, los hombres tuvieron mayor pérdida de integridad radicular comparado con las mujeres. El cambio en el área radicular fue en promedio de -1,95 mm² con límites entre los -3,5 y los -0,4 mm², el cambio en la longitud radicular fue en promedio de -1,05 con límites entre -1,5 y -0,6 mm. El valor fue estadísticamente representativo a los dieciocho meses del estudio para la longitud del incisivo lateral superior derecho con valor estadístico de $p = 0,016$ en hombres (véase tabla 3A y gráficos 1A y B).

Al evaluar la variable de **antecedentes médicos**, sólo fue posible comparar estadísticamente las categorías de rinitis alérgica y paciente sin antecedentes médicos. El cambio en el área radicular fue en promedio de -2,75 mm² con límites entre los -4,39 y los -1,12 mm², el cambio en la longitud radicular fue en promedio de -1,32 con límites entre -1,76 y -0,88 mm. El valor fue estadísticamente representativo a los dieciocho meses del estudio para la longitud del incisivo lateral superior derecho con

valor estadístico de $p = 0,025$ en pacientes con rinitis alérgica (véase tabla 3A y gráficos 2A y B).

Los pacientes con antecedente odontológico de **trauma dentoalveolar** tuvieron menor pérdida de integridad radicular comparado con los pacientes que no la reportaron, el cambio en el área radicular fue en promedio de -2,79 mm² con límites entre los -5,22 y los -0,35 mm², el cambio en la longitud radicular fue en promedio de -1,57 mm con límites entre -2,03 y -0,85 mm. El valor fue estadísticamente representativo a los dieciocho meses del estudio para la longitud del incisivo lateral superior derecho con un valor estadístico de $p = 0,042$ en los pacientes sin antecedente de trauma dento alveolar (véase tabla 3A y gráficos 3A y B).

En cuanto a los pacientes que fueron sometidos a **expansión maxilar** como parte previa del tratamiento, se encontró mayor disminución en todas las medidas radiculares comparado con quienes no fueron sometidos a este pretratamiento. El cambio en el área radicular fue en promedio de -1,75 mm² con límites entre los -3 y los -0,5 mm², el cambio en la longitud radicular fue en promedio de -1,2 mm con límites entre -1,70 y -0,7 mm. El valor fue estadísticamente representativo a los dieciocho meses del estudio para la longitud del incisivo lateral superior derecho con valor estadístico de $p = 0,042$ en los pacientes con expansión maxilar (véase tabla 3B y gráficos 4A y B).

En los pacientes a los cuales se les realizaron **exodoncias** como parte del tratamiento, se encontró una mayor disminución en la integridad radicular comparado con quienes no se les realizaron exodoncias. El cambio en el área radicular fue en promedio de -1,61 mm² con límites entre los -2,72 y los -0,5 mm², el cambio en la longitud radicular fue en promedio de -0,89 mm con límites entre -1,58 y -0,21 mm. El valor fue estadísticamente representativo a los dieciocho meses del estudio para la longitud del incisivo lateral superior derecho con un valor estadístico de $p = 0,05$ en los pacientes con exodoncias. (véase tabla 3 B y gráficos 5A y B).

Los pacientes que usaron **aparatos fijos con prescripción estándar** mostraron en promedio

mayor cambio en la integridad radicular. El cambio en el área radicular fue en promedio de $-1,65 \text{ mm}^2$ con límites entre los $-4,09$ y los $0,79 \text{ mm}^2$, el cambio en la longitud radicular fue en promedio de $-1,38 \text{ mm}$ con límites entre $-2,14$ y $-0,61 \text{ mm}$. El valor fue estadísticamente representativo a los dieciocho meses del estudio para la longitud del incisivo lateral superior derecho con un valor estadístico de $p = 0,03$ en los pacientes que usaron aparatología fija con prescripción estándar (véase tabla 3B y gráficos 6A y B).

DISCUSIÓN

En la literatura se puede constatar el interés de varios autores por cuantificar la reabsorción radicular desde el punto de vista radiográfico¹² reportándose una incidencia que puede variar desde el 22 hasta el 100%.¹ En este estudio se presentaron cambios radiculares en todos los incisivos superiores con tratamiento de ortodoncia. Autores como Sameshima¹² y Blake¹ investigaron sobre reabsorción radicular durante el tratamiento de ortodoncia y se basaron únicamente en la comparación radiográfica inicial y final del tratamiento. Este estudio es una descripción acerca de la respuesta radicular apical a través de intervalos fijos de tiempo e identifica los periodos de mayor riesgo en el transcurso del tratamiento de ortodoncia.

La radiografía periapical presenta mejor calidad que la panorámica, la oclusal y la cefálica lateral para estudios clínicos de reabsorción radicular apical principalmente cuando se toma con la técnica paralela y con cono largo,^{3,24} debido a que produce menos distorsión de la imagen y por esto es utilizado por la gran mayoría de los autores en el estudio de las estructuras radiculares. Con esta técnica, al compararla con otras técnicas radiográficas los errores de superposición son menores. El revelado automático de la radiografía permite la estandarización en cuanto a densidad y contraste, resultando con brillo similar.³ Las imágenes radiográficas digitales tienen la ventaja de poder ser programadas incluyendo magnificación, contraste, rotación y pueden además hacerse cambios de color, lo que puede convertirse en beneficio para la evaluación de reabsorción radi-

cular externa.²⁵ Aunque las radiografías periapicales son una buena ayuda diagnóstica, es importante recordar que es una imagen bidimensional de un objeto tridimensional¹² lo cual se debe tener en cuenta a la hora de realizar diagnóstico apical radicular.

Con la morfometría digital se evaluaron los cambios radiculares con un sistema de evaluación computarizado. Con el sistema de medición empleado se obtuvieron las ventajas ya descritas del trabajo con imágenes digitales y la posibilidad de obtener un cálculo matemático del área y longitud por parte del programa una vez delimitado el contorno externo radicular.

En el grupo de estudio se observó en promedio una tendencia a la disminución en la longitud y área de los incisivos, principalmente de los laterales. Los mayores cambios ocurrieron durante los primeros seis meses de tratamiento aunque sin alcanzar valores estadísticamente significativos. Sin embargo, la disminución radicular continuó, pero de manera menos marcada, siendo acumulativo en el transcurso de los dieciocho meses y alcanzando valores significativos para esta muestra en las variables: género masculino, rinitis alérgica, trauma dentoalveolar, expansión maxilar, exodoncias y prescripción de brackets.

En cuanto al **sexo** existe controversia en la literatura, encontrándose algunos estudios que no reportan asociación consistente respecto a la reabsorción radicular.^{5,12,19,20,21} Kjaer²⁷ encontró mayor prevalencia de reabsorción radicular externa en mujeres comparada con hombres, atribuyéndole este comportamiento a factores hormonales. Sin embargo en este estudio, al igual que en el de Baumrind²⁶ y Spurrier,³⁷ se presentó un comportamiento radicular apical en el cual los hombres tuvieron mayor pérdida de integridad radicular con el tratamiento de ortodoncia.

En este estudio, así como en otras investigaciones,¹⁶ se encontró tendencia a la disminución mayor en la longitud y en el área radicular durante el tratamiento ortodóncico en los pacientes con **antecedente médico** de rinitis alérgica. Se considera que factores sistémicos como los mediadores inflamatorios periféricos que se producen con la

rinitis³⁸ pueden penetrar en el ligamento periodontal incrementando el número de células progenitoras inflamatorias durante la vasodilatación que ocurre al aplicar fuerzas ortodóncicas, actuando sinérgicamente y aumentando el riesgo de reabsorción radicular. Los laterales superiores son los más susceptibles a la reabsorción radicular durante el tratamiento ortodóncico¹ y en este estudio se vio específicamente en el doce, pudiendo explicarse estadísticamente, pues los coeficientes de variación eran más pequeños.

Hay investigaciones que muestran que en los dientes con **antecedentes de trauma** sometidos a movimientos ortodóncicos se incrementa el riesgo de reabsorción radicular,¹ otros estudios, han encontrado que los dientes con trauma leve¹⁷ y sin signos de reabsorción previa^{18, 28} no tienen mayor susceptibilidad a la reabsorción radicular. En esta investigación, los pacientes con antecedente de trauma dentoalveolar, reportado en la historia clínica como trauma leve, no presentaban signos de reabsorción previa y al evaluar los cambios radiculares no fueron significativos estadísticamente. Este fenómeno se debió posiblemente a que el trauma no fue severo y se conservó la integridad del ligamento periodontal, evitando el posible daño de la superficie radicular.¹¹

Aunque en este estudio se encontró mayor reabsorción radicular del incisivo lateral en pacientes con **expansión maxilar** previa a la colocación de aparatología fija ortodóncica, en la literatura revisada no se reporta relación con la reabsorción radicular en incisivos superiores; solo se menciona mayor riesgo de reabsorción en los dientes que soportan la aparatología usada para la expansión como lo son los primeros molares y premolares superiores.³³ Quizás futuros estudios con una muestra más amplia, puedan aclarar este punto.

Al comparar pacientes a los que se les realizaron o no **exodoncias** como parte del tratamiento ortodóncico, Vonder Ahe¹⁴ no encontró diferencias en cuanto al riesgo de reabsorción radicular. Por el contrario, en otra investigación al igual que en esta, se presentó mayor tendencia a la reabsorción

radicular en los pacientes a los que se les realizaron exodoncias de premolares y puede estar relacionado con el sistema mecánico utilizado para realizar el cierre de espacios.¹⁹

La forma de la ranura del bracket no se ha asociado con acortamiento de las raíces,¹⁹ aunque, en este estudio, se encontró un cambio significativo a los dieciocho meses en los pacientes que tenían **brackets con prescripción estándar**. Este comportamiento pudo estar relacionado más con la mecánica y el sistema de fuerzas empleados y no necesariamente con el tipo de aparato utilizado.

Se pudo observar que en los pacientes de **sexo masculino** de este estudio, con antecedente médico de **rinitis alérgica, expansión maxilar** previa a la ortodoncia, a los que se les realizaron **exodoncias** o que se les colocó aparatología fija con **prescripción estándar** fueron los que presentaron los mayores cambios a lo largo de los dieciocho meses de tratamiento, siendo estos factores de considerable importancia pues presentaron cambios, estadísticamente significativos ($p \leq 0,05$).

La reabsorción radicular es una consecuencia no deseada del tratamiento ortodóncico, por tanto el ortodoncista debe tomar las medidas necesarias para prevenirla, incluyendo tomas radiográficas periódicas, principalmente a los seis meses, dado que los mayores cambios en este estudio ocurrieron durante este periodo, aunque a los dieciocho meses de tratamiento se encontraron diferencias significativas en las variables estudiadas.

CONCLUSIONES

Las conclusiones aquí presentadas se aplican a la muestra del estudio.

1. Se observaron cambios en la integridad radicular en todos los incisivos superiores durante los dieciocho meses de tratamiento.
2. Los cambios radiculares más grandes ocurrieron principalmente en los primeros seis meses de tratamiento ortodóncico, siendo solo significativos en la longitud radicular y a los dieciocho meses de tratamiento.

3. Los incisivos laterales superiores fueron más susceptibles a la reabsorción radicular que los incisivos centrales superiores.
4. Las condiciones que favorecieron la reabsorción radicular en esta muestra fueron: sexo masculino, antecedente médico de rinitis, expansión maxilar previa a la terapia ortodóncica, tratamiento ortodóncico con exodoncias de primeros bicúspides superiores y aparatología con prescripción estándar.
5. Los resultados discutidos son aplicables a la muestra estudiada y no se deberán extrapolar a todo el universo, pero la información sí es muy valiosa para considerarse en futuros estudios con muestra mayor.

RECOMENDACIONES

Se recomienda control radiográfico durante los primeros seis meses y en caso de notarse cambios radiculares continuar con el seguimiento radiográfico periódico y reevaluar el plan tratamiento desde el punto de vista biomecánico.

Sería igualmente interesante complementar este tipo de estudios, que toman en cuenta factores biológicos y mecánicos, con estudios histológicos que puedan ayudar a entender y prevenir en lo posible la reabsorción radicular.

Finalmente la metodología de este estudio puede servir para realizar estudios de muestras más amplias.

CORRESPONDENCIA

Correos electrónicos: roski@une.net.co, posadas@une.net.co, zapatawilson@hotmail.com

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blake M, Woodside DJ, Pharoah MJ. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with the edgewise and speed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108: 76-84.
2. Acar A, Canyurek U, Kocaaga M, Erverdi N. Continuous vs. Discontinuous force application and root resorption. *The Angle Orthod* 1999; 69 (2): 159-164.

3. Janson GR, Canto GL, Rodrigues D, Castanha JF, Freitas MR. A radiography comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with 3 different fixed appliance techniques. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 118: 262-73.
4. Copeland S, Green LJ. Root resorption in maxillary central incisors following active orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 89: 51-55.
5. Beck BW, Harris EF. Apical root resorption in orthodontically treated subjects: Analysis of edgewise and light wire mechanics. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 105: 350-361.
6. Brezniak, N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I The basic science aspects *Angle Orthod* 2002; 72: 175-179.
7. Brezniak, N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment. Part II. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1993; 103: 138-146.
8. Ne RF, Witherpoon D, Gutmann J Tooth Resorption: *Quintessence Int.* 1999; 30: 9-25.
9. Al Qawasmi R, Hartsfield J, Everett E, Flury L, Liu L, Foround T, et al. Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123: 242-52.
10. Derringer KA. Angiogenesis in human dental pulp following Orthodontic tooth movement. *J Dent Res* 1996; 75 (10): 1761-1766.
11. Gunrah M. Dental root resorption. *Oral Surg Oral Med Oral Patol Oral Radiol Endod* 1999; 88: 647.
12. Sameshima G. and Sinclair P., Predicting and Preventing root resorption: Part I. Diagnostic Factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2001; 119: 505-510.
13. Mirabella AD, Artun J. Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995; 108: 48-55.
14. Vonder Ahe, G. Postretention status of maxillary incisors with root-end resorption. *Angle Orthod* 1973, 3: 247-255.
15. Mc Nab S, Battistutta D, Taverne A, Symons A. External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 116: 545-551.
16. Owman-Moll P, Kurol J, and Symons A. Root resorption after orthodontic treatment in high - and low risk patients: analysis of allergy as a possible predisposing factor. *Eur J Orthod* 2000; 22: 657-663.
17. Phillips JR. Apical root resorption under orthodontic therapy. *Angle Orthod* 1955: 25:1-22.
18. Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwing A, Petrini L, Lundberg M. Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1982; 82: 487-491.

19. Harris EF, Kineret SE. and Tolley EA. A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1997; 111: 301-309.
20. Hendrix I, Carels C, Kuijgers-Jagtman Am, Hof V. A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1994; 105: 345-49.
21. Odenrick L, Nailbiting: frequency and association with root resorption *Br J Orthod* 1985; 12: 78-81
22. McNab S, Battistutta D, Taverne A, and Symons. External apical Root Resorption following orthodontic treatment. *Angle Orthod* 2000; 70: 227-232.
23. Kook Y, Park S. and Sameshima G. Peg-shaped and small lateral incisors not at higher risk for root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003, 123: 253-258.
24. Leach, H, Ireland A. and Whaites E. Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *Br Dent J* 2001 (1); 190: 16-22.
25. Ochoa M, Aguilar G. y Espinal G. Comparación radiográfica y clínica del diagnóstico de las reabsorciones radiculares en dientes deciduos. *Rev Fac Odontol Univ Antioq* 2001; 12 (2): 33-37.
26. Baumrind, S, Korn EL, Boyd RL. Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 110: 311-320.
27. Kjaer I. Morphological characteristics of dentitions developing excessive root resorption during orthodontic treatment. *Eur J Orthod* 1995; 16: 25-34.
28. Costopoulos G, Nanda R. An evaluation of root resorption incident to orthodontic intrusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 109: 543-548.
29. Lee RY, Artun J., Alonso TA. Are dental anomalies risk factors for root resorption in orthodontic patients? *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999; 116: 187-194.
30. Massler M, Malone AJ. Root resorption in human permanent teeth. *Am J Orthod* 1954; 40: 619-633.
31. Newman WG. Possible etiologic factors in external root resorption *Am J Orthod* 1975; 67: 522-539.
32. Goultchin J, Nitzan D, Azaz B. Root resorption. *Oral Med Oral Pathol* 1982; 54 (5): 586-590.
33. Hill F. J. Iatrogenic root resorption of upper first permanent molars associate with orthodontic treatment. Report of a case. *Br J Orthod* 1987; 14: 109-113.
34. Linge L, Linge OB. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991; 99: 35-43.
35. Levander E, Malmgrem O, Eliasson S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment. A clinical experimental study. *Eur J Orthod* 1994; 16: 223-228.
36. Taithongchai R, Sookorn K, Killany DM. Facial and dentoalveolar structures and the prediction of apical root shortening. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996; 110: 296-302.
37. Spurrier SW, may SH, Joondeph DR, Shapiro PA, Riedel RA. a comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treatment and vital teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1990; 97: 130-134.
38. Dendburg JA, Telisyn S, Belda A, Dolovich J, Bienenstok J Increased numbers of circulatin basophil progenitor in atopic patients. *J Allergy Clin Immunol* 1985; 76: 466-472.

Tabla 3A
Promedio de los cambios en la longitud y área radicular de los incisivos superiores en intervalos fijos de tiempo considerando las variables con significancia estadística y su coeficiente de variación

Variable	Categoría	N.º	Intervalo de tiempo	12				11				21				22					
				Área	Coeficiente de variación	Long.	Significancia de la longitud	Área	Coeficiente de variación	Long.	Área	Coeficiente de variación	Long.	Área	Coeficiente de variación	Long.	Área	Coeficiente de variación	Long.	Área	Coeficiente de variación
Sexo	Hombre	13	T0-T6	Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial	
				58,80	14,40	74,40	71,00	14,10	71,00	60,70	14,50										
				-2,20	-0,90	-1,70	-1,70	-0,60	-1,70	-3,50	-0,70										
				0,40	-0,10	0,60	0,20	-0,10	0,20	1,10	-0,10										
					0,016																
			T6-T12	-0,50		-0,40		-0,40		-0,40		-0,30		-0,30		-0,30		-0,60			
			T12-T18	-1,50		-0,40		-0,40		-0,40		-0,20		-0,20		-0,20		-1,40			
			Cambio total	13,00		8,90		12,00		9,90		14,10		12,10		13,70		15,20			
	Mujer	11	T0-T6	52,40		13,20		63,70		12,80		64,30		13,00		54,00		12,80			
			T6-T12	-2,60		-0,70		-1,70		-0,45		-2,90		-0,40		-2,90		-0,70			
			T12-T18	-1,00		-0,30		0,20		-0,20		-0,40		-0,30		-0,40		-0,30			
			Cambio total	21,00		13,20		-0,50		20,90		-0,75		17,60		-3,30		24,70			
Antecedentes médicos	Ninguno	8	T0-T6	Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial	
				52,69	13,19	67,34	65,12	13,21	65,12	55,33	13,64										
				-1,85	-0,56	-2,18	-1,57	-0,53	-1,57	-2,92	-0,81										
				-1,19	-0,25	-0,20	-1,55	-0,29	-1,55	-0,59	-0,28										
			T6-T12	0,21		0,68		0,68		-0,06		2,00		0,11		-0,15		-0,34			
			T12-T18	-2,83		-1,38		-1,70		-0,88		-1,12		-0,90		-3,66		-1,43			
			Cambio total	19,20		13,70		16,50		13,20		15,20		14,00		21,00		18,50			
	Rinitis	14	T0-T6	60,55		14,79		73,54		14,11		74,78		14,59		60,34		14,00			
			T6-T12	-2,54		-0,80		-1,11		-0,76		-0,49		-0,49		-3,36		-0,79			
			T12-T18	-0,70		-0,24		-0,48		-0,16		-0,43		-0,43		-0,55		-0,35			
			Cambio total	21,30		7,43		-1,65		-0,45		-0,25		-0,25		-0,48		0,07			
Trauma dento alveolar	Sí	4	T0-T6	Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial	
				54,12	13,70	70,11	59,35	13,17	59,35	58,25	13,64										
				-2,24	-0,73	-2,18	-1,64	-0,56	-1,64	-3,42	-0,76										
				-0,59	-0,27	-0,26	-0,79	-0,25	-0,79	-0,48	-0,25										
			T6-T12	0,19		0,31		0,31		-0,15		2,08		0,03		0,12		-0,27			
			T12-T18	-2,64		-2,13		-2,13		-0,96		-0,35		-0,85		-3,78		-1,28			
			Cambio total	23,10		11,70		15,90		15,90		18,40		20,60		19,60		15,30			
	No	20	T0-T6	56,78		14,01		69,55		13,53		69,50		13,98		59,03		13,90			
			T6-T12	-1,21		-0,86		-0,98		-0,51		-0,68		-0,31		-2,15		-0,69			
			T12-T18	-1,89		-0,52		-0,56		-0,17		-1,86		-0,50		-1,00		-0,17			
			Cambio total	17,10		10,90		-3,68		-0,48		-0,24		-0,25		-0,48		-0,48			
			Cambio total	17,10		10,90		-5,22		20,10		-1,16		13,30		-3,30		19,90			

Tabla 3B
Promedio de los cambios en la longitud y área radicular de los incisivos superiores en intervalos fijos de tiempo considerando las variables con significancia estadística y su coeficiente de variación

Variable	Categoría	N.º	Intervalo de Tiempo	12				Significancia de la longitud $p \leq 0,05$	11				21				22			
				Área	Coeficiente de variación	Long.	Coeficiente de variación		Área	Coeficiente de variación	Long.	Coeficiente de variación	Área	Coeficiente de variación	Long.	Coeficiente de variación	Área	Coeficiente de variación	Long.	Coeficiente de variación
				mm ²		mm			mm ²		mm		mm ²		mm		mm ²		mm	
Expansión maxilar	Sí	4	T0-T6	Inicial		Inicial		0,018	Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial			
				58,60	13,50	66,80	13,20		73,30	15,20	73,30	15,20	55,00	14,40						
				-1,00	-0,40	-1,00	-0,70		-1,90	-0,70	-1,90	-0,70	-1,80	-0,90						
				-0,10	-0,30	-0,30	-0,20		-0,70	-0,40	-0,70	-0,40	-0,50	-0,30						
	No	20	T6-T12	Inicial		Inicial			Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial			
				0,60	-0,40	-0,90	-0,10	0,50	0,00	0,50	0,00	0,30	-0,50							
				-0,50	16,50	-2,20	18,70	-2,10	14,60	-2,10	18,80	-2,00	17,60							
				-1,20	10,30	-1,10	14,60	-1,10	15,10	-1,10	15,10	-1,70	16,10							
	Cambio total																			
		-3,00	17,40	-1,50	16,60	-1,00	13,80	-0,90	17,00	-0,70	13,80	-2,80	19,00	-1,20	15,20					
Exodoncias	Sí	14	T0-T6	Inicial		Inicial		0,05	Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial			
				57,90	13,75	71,12	13,49		67,15	13,55	67,15	13,55	58,99	14,13						
				-2,50	-0,78	-1,82	0,55		-1,67	-0,68	-1,67	-0,68	-3,19	-0,64						
				-0,13	-0,18	0,47	-0,19		-0,70	-0,39	-0,70	-0,39	0,08	-0,15						
	No	10	T6-T12	Inicial		Inicial			Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial			
				0,55	-0,62	-0,27	-0,15	1,31	0,13	1,31	0,13	0,39	-0,67							
				-2,08	16,20	-1,62	16,80	-1,06	14,20	-1,06	17,50	-0,94	19,50							
				-1,58	10,30	-1,20	14,20	-1,06	16,10	-1,06	16,10	-1,46	17,70							
	Cambio total																			
		-1,94	18,30	-1,65	16,70	-1,03	14,00	-0,05	17,10	-0,76	18,10	-2,70	19,10	-0,92	15,40					
Fórmula de bracket	Estándar	7	T0-T6	Inicial		Inicial		0,03	Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial			
				59,79	14,36	75,30	14,18		68,11	14,41	68,11	14,41	60,07	13,98						
				-2,40	-0,80	-2,01	-0,46		-1,70	-0,53	-1,70	-0,53	-3,09	-0,75						
				-1,64	-0,22	0,46	-0,16		-0,25	-0,13	-0,25	-0,13	-0,81	-0,29						
	Roth	18	T6-T12	Inicial		Inicial			Inicial		Inicial		Inicial		Inicial		Inicial			
				-0,05	-1,12	-0,99	-0,09	2,32	0,05	2,32	0,05	-0,35	-0,76							
				-4,09	15,60	-2,54	15,40	0,37	14,30	0,37	14,30	-4,25	20,20							
				-2,14	8,30	-2,54	14,50	0,37	14,30	0,37	14,30	-4,25	21,60							
	Cambio total																			
		54,47	13,75	67,09	13,26	67,81	13,45	67,81	13,45	56,89	13,58									

Gráfico 1A

Cambio en el área radicular durante de 18 meses de tratamiento por sexo

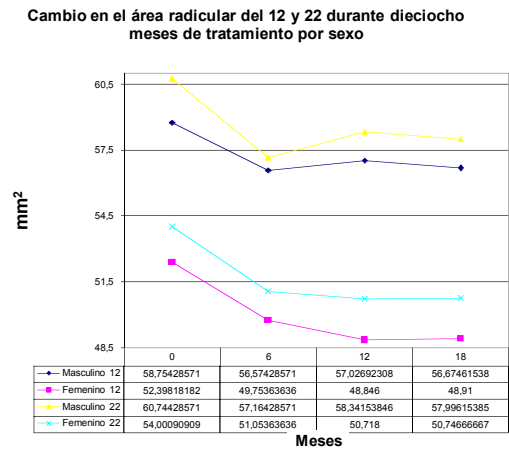
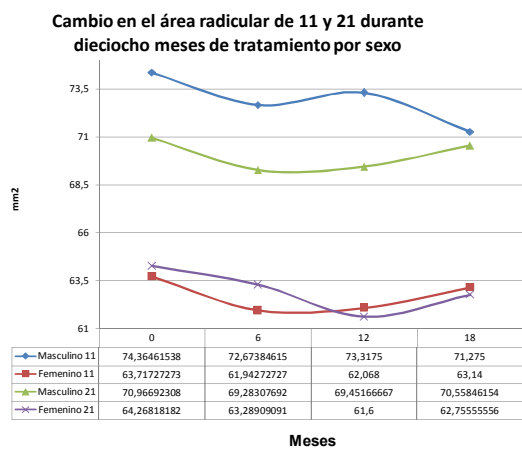


Gráfico 2A

Cambio en el Área radicular durante 18 Meses de tratamiento por antecedente médico

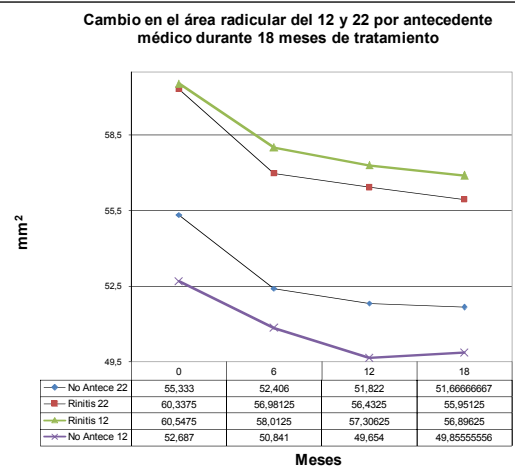
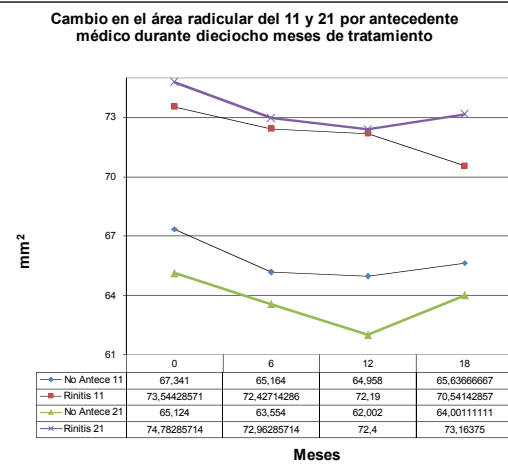


Gráfico 3A

Cambio en el área radicular durante dieciocho meses de tratamiento por antecedente de trauma

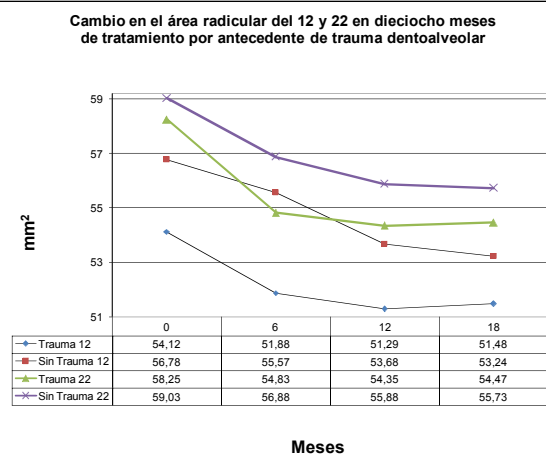
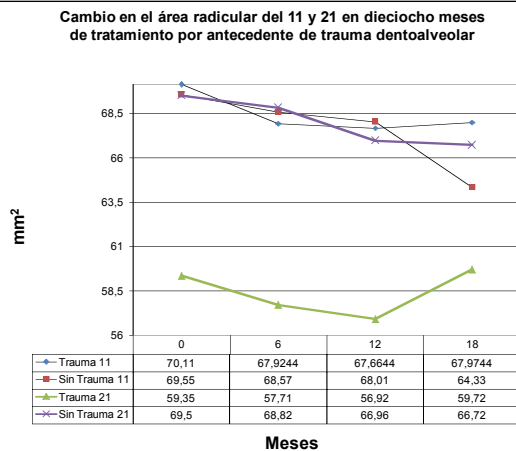


Gráfico 1B

Cambio en la longitud radicular durante 18 meses de tratamiento por sexo

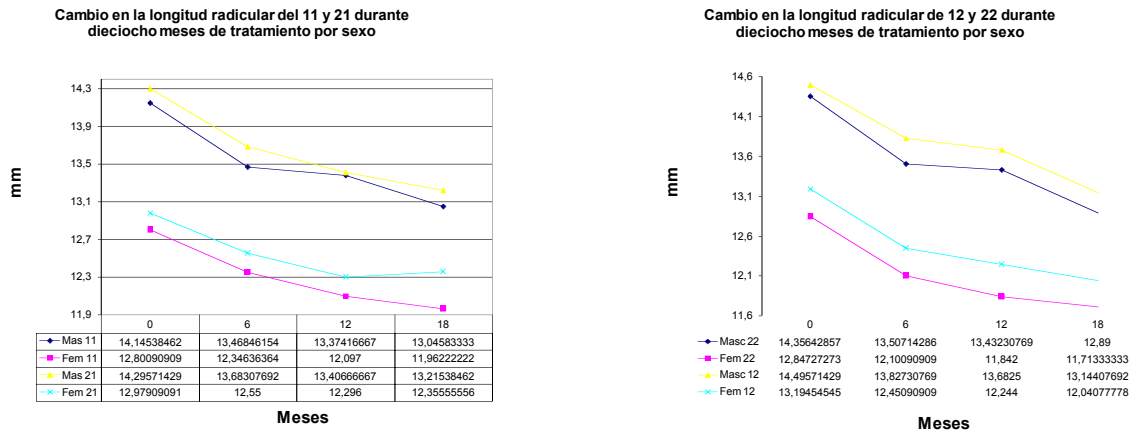


Gráfico 2B

Cambio en la longitud radicular durante 18 meses de tratamiento por antecedente médico

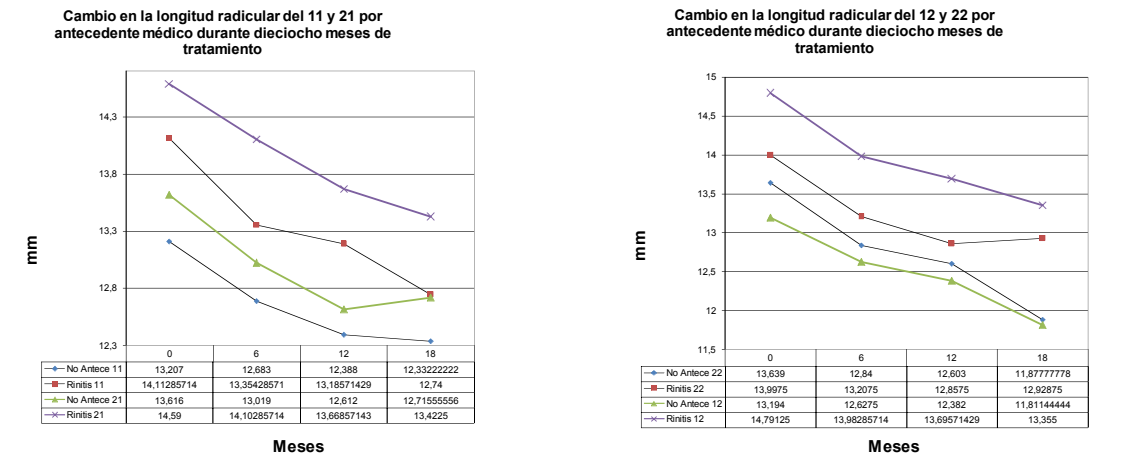


Gráfico 3B

Cambio en la longitud radicular durante 18 meses de tratamiento por antecedente de trauma dento alveolar

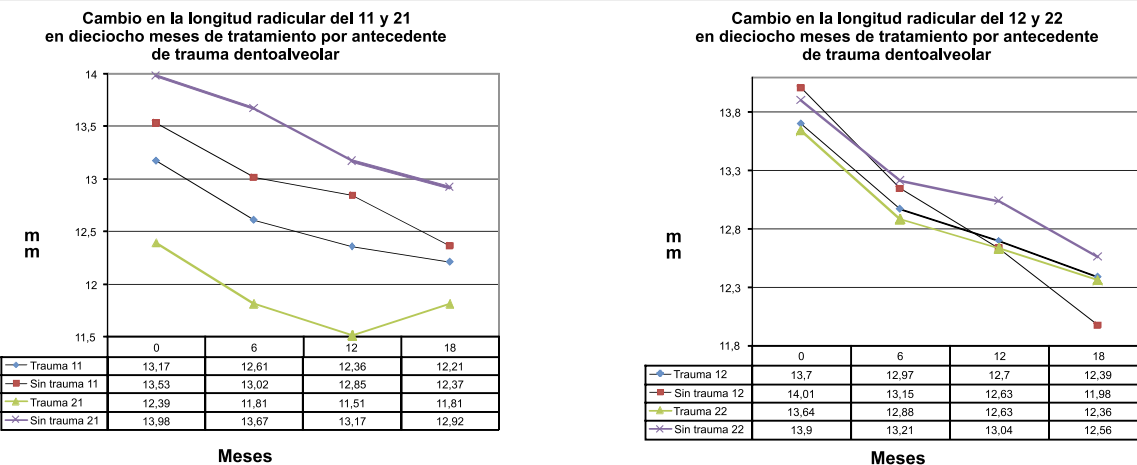


Gráfico 4A
Cambio en el área radicular durante 18 meses de tratamiento por expansión maxilar

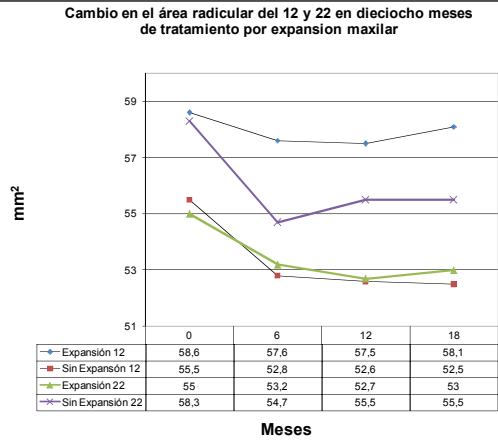
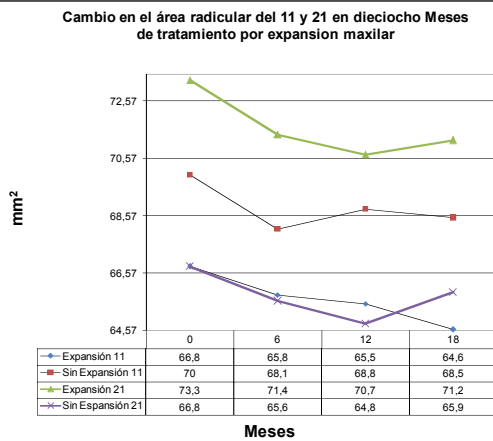


Gráfico 5A
Cambio en el área radicular durante 18 meses de tratamiento por extracción dental

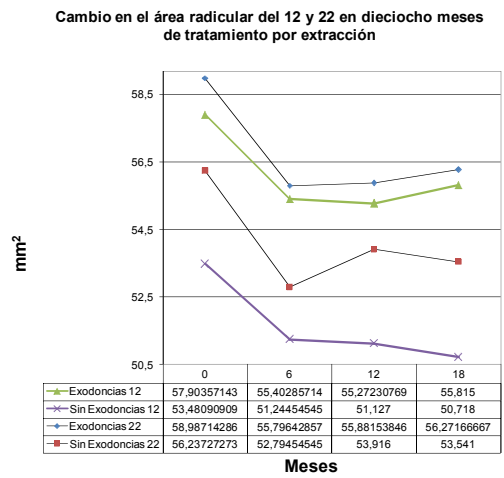
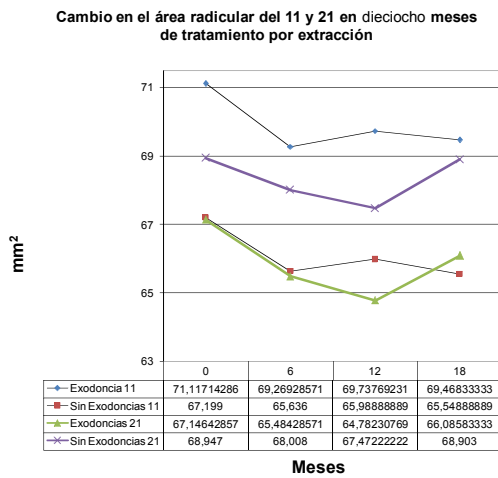


Gráfico 6A
Cambio en el área radicular durante 18 meses de tratamiento por prescripción de bracket

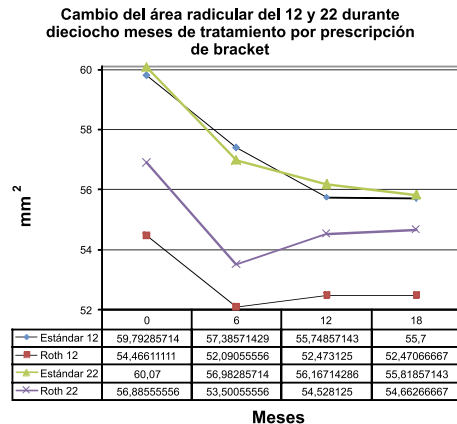
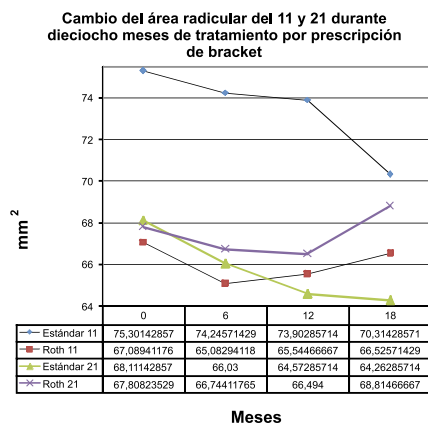


Gráfico 4B

Cambio en la longitud radicular durante 18 meses de tratamiento por expansion maxilar

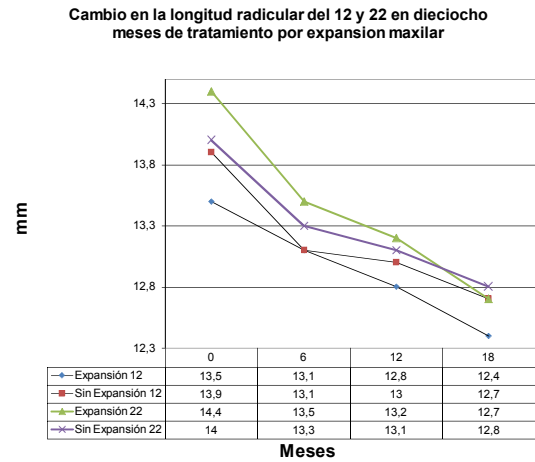
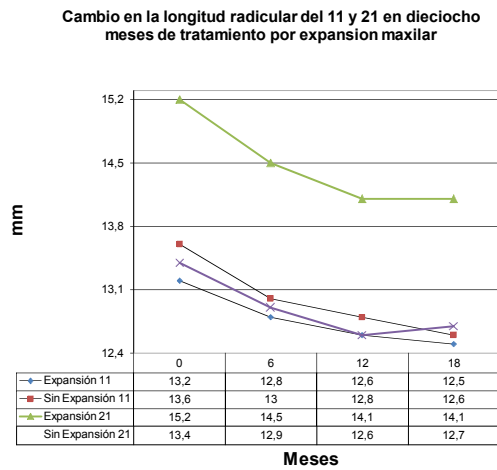


Gráfico 5B

Cambio en la longitud radicular durante 18 meses de tratamiento por extracción

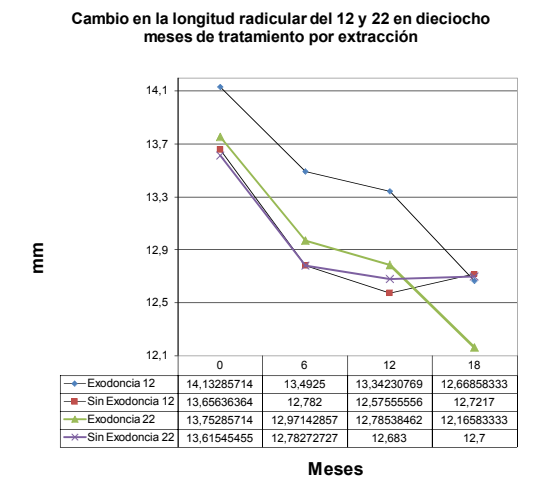
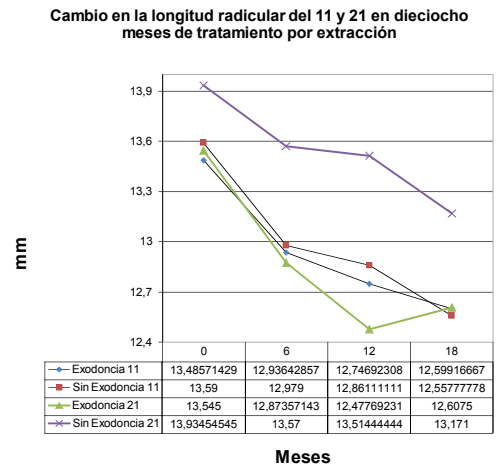


Gráfico 6B

Cambio en la longitud radicular durante 18 meses de tratamiento por prescripción de Bracket

