



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO

FO
FACULTAD DE
ODONTOLOGÍA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

DESARROLLO DE REABSORCIONES RADICULARES
VINCULADAS A LA ORTODONCIA

ALUMNO: Od. María Gimena Reyes
DIRECTORA: Prof. Dra. Graciela R. Peña
Mendoza, Setiembre 2015

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento:

A los docentes de la carrera, que me motivaron y guiaron a lo largo de todo el cursado de esta hermosa especialidad.

A la Dra. Graciela Peña, por su generosidad y permanente disposición.

A mi familia, que me permitió seguir creciendo y me acompañó en todo este proceso.

INDICE

I. Resumen.....	7
II. Introducción.....	8 - 18
III. Caso Clínico.....	19 - 22
V. Discusión.....	23 - 29
VII. Conclusiones.....	30
VIII. Bibliografía.....	31 - 37

RESUMEN.

La endodoncia actual se relaciona con otros campos del tratamiento odontológico, y un ejemplo de ello es su interrelación con la ortodoncia. Existe un área importante en la que la endodoncia y la ortodoncia comparten bases comunes, y es la etiología, ya que el tratamiento ortodóncico conlleva un desplazamiento del diente pudiendo inducir alguna respuesta por parte del tejido pulpar.

La ortodoncia es probablemente la única especialidad de la odontología que realmente utiliza el proceso inflamatorio como medio de solución a los problemas funcionales y estéticos. Durante el movimiento dental ortodóncico, la reabsorción radicular apical es un efecto secundario no deseado, difícil de predecir y reparar. A pesar de que rara vez es grave, es un evento devastador cuando se reconoce radiográficamente.

En los últimos 10 años, la reabsorción radicular inflamatoria ha sido reconocida cada vez más como una consecuencia iatrogénica de un tratamiento de ortodoncia. Con el tiempo va adquiriendo mayor resonancia debido a sus implicancias médico legal. Con esto en mente, los ortodontistas deben tomar todos los recaudos para reducir la ocurrencia de reabsorciones radiculares inflamatorias inducidas por ortodoncia (OIIRR).

El objetivo de este trabajo, fue analizar la presencia de reabsorciones radiculares externas al aplicar fuerzas ortodóncicas.

Mediante el desarrollo de un caso clínico se observa una OIIRR en el sector antero inferior en un paciente que recibió un tratamiento de ortodoncia.

La reabsorción radicular es un evento indeseable del tratamiento ortodóncico que tiene su origen en factores biológicos y en factores mecánicos. Por lo tanto, es responsabilidad del ortodontista conocer todos los factores de riesgo, con el fin de prevenirla o interceptarla oportunamente.

INTRODUCCIÓN.

El movimiento dental ortodóncico se basa en la remodelación, inducida mediante fuerzas, del ligamento periodontal y del hueso alveolar.

La ortodoncia es probablemente la única especialidad de la odontología que realmente utiliza el proceso inflamatorio como medio de solución a los problemas funcionales y estéticos (Brezniak *et al.*, 2002b).

Las primeras descripciones de ortodoncia con aparatos fijos fueron realizadas por Pierre Fauchard, en el siglo XVII. Por otra parte, Ottolengui, (1914), reportó la relación directa entre la reabsorción radicular externa y los tratamientos de ortodoncia.

Durante el movimiento dental ortodóncico, la reabsorción radicular apical es un efecto secundario no deseado, difícil de predecir y reparar. A pesar de que rara vez es grave, es un evento devastador cuando se reconoce radiográficamente (Lozano *et al.*, 2009).

Andreasen, (1988), diferenció tres tipos de reabsorciones radiculares externas; la reabsorción superficial, proceso autolimitante, que afecta pequeñas áreas de la superficie externa de la raíz seguida de una reparación espontánea proveniente de zonas intactas del ligamento periodontal. La reabsorción inflamatoria, que presenta una zona afectada invadida de leucocitos; y la reabsorción reparadora o sustitutiva, donde el hueso sustituye el material dental afectado, lo que deriva en una anquilosis.

Según Tronstad, (1988), la reabsorción inflamatoria puede ser, además, de dos tipos: la reabsorción inflamatoria transitoria y la reabsorción inflamatoria progresiva.

La reabsorción inflamatoria transitoria aparece cuando el agente causal se presenta con mínima intensidad y durante un período de tiempo corto. El defecto no se detecta radiográficamente y es reparado por un tejido similar al cemento. Por otro lado, la reabsorción inflamatoria progresiva aparece si el agente causal se da durante un largo período de tiempo en donde se produce la sustitución de la zona afectada por un tejido similar al hueso, lo que ocasiona una anquilosis, que se corresponde con una reabsorción reparadora o sustitutiva (Andreasen, 1988).

Las características histológicas típicas que se presentan en estos eventos son; necrosis del ligamento periodontal en el lado de la presión con formación de zonas hialinas libres de células seguida de reabsorción osteoclástica del hueso alveolar vecino y aposición de hueso

por los osteoblastos en el lado donde existe tensión.

El proceso de reabsorción de los tejidos dentales duros parece ser desencadenado por la actividad de las citoquinas al igual que en el hueso. Las células inmunes migran fuera de los capilares en el ligamento periodontal e interactúan con las células locales elaborando una extensa acción de moléculas señalizadora (Abuabara, 2007).

El movimiento dental ortodóncico puede causar respuestas degenerativas y / o inflamatorias en la pulpa dental en dientes con formación apical completa. El impacto del movimiento dentario sobre la pulpa se centra principalmente en el sistema neurovascular, mediante la liberación de neurotransmisores específicos (neuropéptidos) que pueden influir tanto en el flujo sanguíneo como en el metabolismo celular. Las respuestas inducidas en estas pulpas pueden tener un impacto en la iniciación y perpetuación de la remodelación de la porción apical de la raíz, o bien pueden producir una reabsorción durante el movimiento dental. La incidencia y severidad de estos cambios pueden estar influenciados por agravios anteriores, tales como trauma o caries.

Las pulpas de dientes con ápices inmaduros, si bien no son inmunes a las secuelas adversas mencionadas para el caso de dientes con formación apical completa durante el movimiento dentario, tienen menor riesgo de presentar este tipo de respuestas.

Cambios mínimos de reabsorción / remodelación ocurren en la porción apical de elementos dentarios que se mueven mediante fuerzas de ortodoncia y que han recibido un tratamiento endodóncico adecuado (Mattison *et al.*, 1984).

Si un diente previamente traumatizado exhibe reabsorción radicular, existirá una mayor probabilidad de que el movimiento dental ortodóncico aumente el proceso de reabsorción. Si un diente ha sufrido un traumatismo severo tal como una luxación intrusiva o una avulsión se observara una mayor incidencia de reabsorción al realizarse un movimiento dentario (Andreasen; Andreasen, 1994).

Existe escasa evidencia en la literatura acerca de la capacidad de mover con éxito elementos dentarios que han sido sometidos a procedimientos quirúrgicos perirradiculares, como del riesgo potencial o secuela que pueda producir el movimiento de ortodoncia en dientes que han tenido una intervención quirúrgica previa (Hamilton *et al.*, 1999).

Las publicaciones de Wehrbein *et al.*, (1995) han hecho contribuciones sustanciales a la investigación sobre la reabsorción radicular inflamatoria inducida ortodoncicamente (OIIRR)

en seres humanos. Estos autores discuten diferentes grados de reabsorción de la raíz, principalmente en términos de la proximidad de la raíz al hueso cortical; así como otros fenómenos patológicos tales como, dehiscencias y fenestraciones. Estas publicaciones destacan el riesgo y tal vez el efecto iatrogénico del tratamiento de ortodoncia.

La aplicación de fuerzas de ortodoncia, inducen un proceso local que incluye todas las características de la inflamación (Stedman, 1982) tales como rubor (enrojecimiento), calor, tumor (hinchazón), dolor y, en pequeña medida, disminución de la función (función inhibida). Esta inflamación, que es esencial en el movimiento dentario, es en realidad el componente fundamental del proceso de reabsorción radicular (Bosshardt *et al.*, 1998). Por lo tanto, a la luz de toda la extensión del proceso histológico, la reabsorción radicular inducida por fuerzas de ortodoncia debería denominarse más exactamente reabsorción radicular inflamatoria inducida por ortodoncia (OIIRR).

Existen tres grados de severidad de OIIRR, el primero se denomina cementificante o reabsorción con remodelación de superficie. En este proceso, sólo las capas exteriores del cemento se reabsorben, y posteriormente son regeneradas por completo o remodeladas.

El segundo grado es denominado reabsorción dentinaria con reparación (resorción de profundidad), el cemento y las capas externas de la dentina se reabsorben y normalmente son reparadas con cemento. La forma final de la raíz después de este proceso puede o no ser idéntica a la forma original.

El tercer grado de reabsorción radicular apical es la circunferencial, donde se produce la reabsorción completa de los componentes del tejido duro del ápice radicular, en donde, el acortamiento de la raíz es evidente y pueden producirse diferentes grados de acortamiento de la porción apical de la raíz.

Cuando la porción apical de la raíz pierde material debajo del cemento, no es posible la regeneración. La reparación de la superficie externa por lo general ocurre en la capa de cemento. Con el tiempo, los bordes afilados pueden ser nivelados gradualmente. Comúnmente la anquilosis no es una secuela de la OIIRR (Brezniak, *et al.*, 2002b).

La etiología de la reabsorción radicular presenta dos fases: una de estimulación y otra de reestimulación. En la primera fase, el estímulo afecta los tejidos no mineralizados, como el precemento o el tejido cementoide, que cubre la superficie externa de la raíz. Este estímulo puede ser de tipo mecánico (por ejemplo, después de un trauma dental o un tratamiento

ortodóncico) o químico (por ejemplo, un procedimiento de blanqueamiento dental en donde se utiliza peróxido de hidrógeno al 30%). El tejido mineralizado expuesto es colonizado por células multinucleadas, las cuales inician el proceso de reabsorción. Sin embargo, si no hay una estimulación futura de las células de reabsorción, el proceso finalizará espontáneamente. La reparación con cemento ocurrirá a las dos o tres semanas, si la superficie afectada no involucra un área extensa. Si la superficie afectada es amplia, las células tienen la capacidad de invadir la raíz antes de que las células productoras de cemento (cementoblastos) colonicen la superficie y generen una anquilosis.

En la segunda fase, la continuación del proceso de reabsorción es dependiente de una estimulación continua o reestimulación de las células odontoclásticas por infección o presión. Se han señalado diversos factores que intervienen en la reabsorción radicular mediante estímulos mecánicos, entre ellos la ortodoncia, la cual es considerada como un microtrauma para el ligamento periodontal y los tejidos adyacentes.

La reabsorción radicular asociada al tratamiento de ortodoncia resulta más evidente en pacientes a quienes se les aplican fuerzas pesadas, de larga duración y en direcciones desfavorables, o cuando el diente no es capaz de resistir las fuerzas normales, debido a un deterioro del sistema de apoyo; como así también por factores como la presión de los dientes adyacentes, inflamación periodontal, inflamaciones periapicales, implantación o reimplantación de los dientes, trauma oclusal severo, trauma dentoalveolar con avulsión parcial o total, tumores, quistes, trastornos endocrinos, metabólicos o factores idiopáticos (Lozano *et al.*, 2009).

En dientes sometidos a fuerzas ortodóncicas, la reabsorción radicular externa (RRE) se origina por factores biológicos (relacionados con el paciente) y por factores mecánicos (relacionados con el tratamiento) (Uribe, 2010).

Dentro de los factores biológicos se pueden considerar los genéticos, edad cronológica; edad dental; estado nutricional; género; raza; farmacológicos; estructura facial y dentoalveolar; hábitos; morfología, tamaño y número dental; vitalidad dental; reabsorción radicular previa; trauma dentoalveolar previo; infecciones periapicales; factores oclusales, y la vulnerabilidad dental específica a la reabsorción radicular.

Considerando los factores genéticos, no existe evidencia concluyente respecto del origen genético de la reabsorción; no obstante, Al- Qawasmi *et al.* (2003), al estudiar hermanos que

fueron tratados con ortodoncia, sugirieron que, personas homocigotas para la interleucina 1 (IL-1 β) alelo 1 presentan un alto riesgo de presentar RRE. Por otra parte, también se reportaron variaciones de un 15% en el gen de la IL-1 β en pacientes con tratamiento ortodóncico y RRE. Un descenso en la producción de la IL-alelo 1, disminuye la reabsorción ósea, en el hueso cortical, en la interfase del ligamento periodontal, dando lugar a una tensión prolongada.

Según Becks, (1939), los factores sistémicos tales como problemas endocrinos, (hipotiroidismo, hipopituitarismo e hiperpituitarismo), son enfermedades relacionadas con la reabsorción radicular, como así también el hiperparatiroidismo y la hipofosfatemia. También ha sido señalado que la artritis, las alergias y el asma agravan el fenómeno de reabsorción radicular.

La administración de suplementos tiroideos beneficia a los pacientes con inicios de reabsorción radicular, al detener en muchas ocasiones este proceso; en tanto que la hormona tiroidea influencia la actividad osteoclástica y estimula la reabsorción alveolar por medio de sustancias como la tiroxina.

Estudios realizados sobre la edad cronológica no demostraron una relación clara entre esta y la reabsorción radicular. Los tejidos involucrados en la reabsorción radicular cambian en la medida en que aumenta la edad, ya que pierden su capacidad regenerativa; no obstante, debido a que la capa de cemento se triplica durante la vida, este tejido puede llegar a ser más resistente con la edad a la reabsorción radicular (Massler *et al.*, 1954).

Existe una gran controversia en cuanto a si se presentan más fenómenos de reabsorción en dientes que tienen el ápice completo o en aquellos que no terminaron aún su formación radicular. Al respecto, Oppenheim, (1942), demostró que el movimiento ortodóncico aplicado a un diente en desarrollo produce una deformación de la vaina de Hertwig, con la consiguiente alteración en la calcificación del ápice, por lo que la deformidad no permitiría al diente desarrollar su máxima longitud. En pacientes jóvenes, existe menos reabsorción que en los adultos, posiblemente por la presencia de tejido cementoide sobre la superficie radicular, ya que las células clásticas no atacan a la predentina no calcificada. Además este estudio señaló que los incisivos inferiores son los que tienen mayor riesgo de sufrir reabsorciones con la edad.

De acuerdo al estado nutricional de los pacientes con dietas deficientes de calcio y vitamina D

presentan un mayor porcentaje de casos de reabsorción radicular, aunque esto no es un factor determinante (Brezniak, et al., 1993a).

La mayoría de los estudios realizados niegan la existencia de una correlación entre la reabsorción radicular y el género, pero existen indicios que señalan a las mujeres como las más susceptibles de sufrir reabsorción radicular, posiblemente por los constantes cambios hormonales (Oppenheim, 1942).

Sameshima *et al.* (2001a), demostró que la raza blanca y los hispanos parecen estar más predispuestos a padecer reabsorciones radiculares que los asiáticos, no existiendo en la literatura reportes sobre RRE en individuos de raza negra.

Por otra parte, el consumo de alcohol en adultos durante el tratamiento ortodóncico tiende a incrementar la reabsorción radicular, como consecuencia de la hidroxilación en el hígado de la vitamina D. Los corticosteroides también están asociados a esta condición. Su efecto varía en función de las dosis administradas durante el tratamiento ortodóncico; a altas dosis (15 mg/Kg) los corticosteroides promueven la reabsorción radicular, mientras que a bajas dosis (1 mg/kg) actúan como factor protector frente a su aparición (Brezniak *et al.*, 1993a).

Aunque no existe un consenso al respecto, al parecer cuanto mayor es la densidad del hueso alveolar, mayor es la frecuencia de aparición de reabsorciones radiculares durante el tratamiento ortodóncico. Además, la estructura facial (caras largas) y la morfología dentoalveolar pueden facilitar el contacto de las raíces con la cortical ósea durante el desplazamiento dentario, aumentando de esta manera el riesgo de lesión radicular. Por esta razón, es importante establecer los límites del hueso cortical mediante radiografías de perfil antes de comenzar el tratamiento ortodóncico, ya que si la cresta alveolar es estrecha, la posibilidad de que se produzcan daños radiculares, será mayor durante la retracción de los incisivos (Horiuchi *et al.*, 1998).

Se ha encontrado relación entre la reabsorción radicular y hábitos tales como, onicofagia e interposición lingual, éstos ejercen una presión lingual constante contra los dientes anteriores y ocasionan una invasión de cementoclastos en las zonas traumatizadas, al tiempo que producen reabsorciones (Linge *et al.*, 1991).

En relación con el tamaño dental, las lesiones radiculares se producen más en dientes con una raíz inicialmente más corta. Aun así, los dientes con raíces largas requieren fuerzas más elevadas para su desplazamiento, por lo que son sometidos a un movimiento mayor durante la

inclinación y el torque. Los dientes con dilaceraciones, ápices redondeados, raíces en forma de pipeta, dientes invaginados, taurodontismo, dientes con raíz delgada o con cualquier desviación de la normalidad morfológica, también son susceptibles de sufrir más RRE que los dientes normales (Al-Qawasmi *et al.*, 2003). Existe un alto riesgo de acortamiento radicular en pacientes con agenesia de cuatro o más dientes, particularmente si tienen formas radiculares anómalas y si el tratamiento ha sido de larga duración (Levander *et al.*, 1988).

Las reabsorciones radiculares tanto internas como externas preexistentes al tratamiento ortodóncico (incluidas aquellas producidas por alteraciones eruptivas) se incrementan de un 4% a un 70% después de éste (Goldson *et al.*, 1975).

Los dientes que han sufrido traumas dentoalveolares ya sea leves, moderados o severos son más susceptibles de presentar RRE y de sufrir una disminución de la vitalidad pulpar durante el tratamiento ortodóncico (Brin *et al.*, 1993).

La existencia de quistes periapicales u otros procesos inflamatorios próximos a la superficie radicular antes del tratamiento ortodóncico facilitan el desarrollo de reabsorciones radiculares (Horiuchi *et al.*, 1998).

Se ha comprobado que las maloclusiones que se caracterizan por sobremordidas profundas y mordidas abiertas, en general, tienden a presentar mayores índices de reabsorción radicular. Esta mayor frecuencia de reabsorciones en pacientes con mordida abierta parece estar relacionada con la presión constante ejercida por la lengua sobre los incisivos, lo que estimula a los cementoclastos a producir una lisis radicular (Harris *et al.*, 1992).

Los dientes más susceptibles a sufrir reabsorción radicular con movimientos ortodóncicos son los incisivos, debido a la morfología cónica de sus raíces ya que son los dientes que más se desplazan durante el tratamiento ortodóncico, bien sea por motivos oclusales, funcionales o estéticos (Oppenheim, 1936).

Se ha señalado que los dientes del maxilar superior poseen una mayor susceptibilidad de sufrir RRE que los dientes del maxilar inferior, dado que ha sido demostrado que los más afectados con este problema son: incisivos centrales superiores, incisivos laterales superiores, segundos premolares superiores, incisivos centrales inferiores, raíz distal de los primeros molares inferiores, y segundos premolares inferiores (Brezniak *et al.*, 2002b).

Por otro lado, entre los factores mecánicos se encuentran el tipo de aparatología, tipos de movimiento, tipo y magnitud de las fuerzas, duración del tratamiento, severidad y tipo de

maloclusión (Uribe, 2010).

Los aparatos removibles afectan más a las raíces dentarias que la aparatología fija, debido al poco control que se puede obtener con este tipo de aparatología en los movimientos de inclinación coronal (Stuteville, 1937).

Se ha señalado que los movimientos de torque y de intrusión son los que producen mayor riesgo de RRE. Por esta razón existe un riesgo más alto de RRE con la técnica de arco de canto convencional que con la técnica de arco recto, porque el control del torque por parte del operador resulta más difícil (Parker *et al.*, 1998).

Las fuerzas continuas y pesadas (como las ocasionadas por los alambres rectangulares) producen más RRE por la fricción que generan y por la incapacidad del ligamento de recuperarse. El uso de elásticos intermaxilares también aumenta el riesgo de reabsorción (Malmgrem *et al.*, 1982).

La mayoría de los estudios muestra que la severidad de la reabsorción está directamente relacionada con la duración del tratamiento. Se ha reportado que el 40%, 70%, 80% y 100% de los pacientes en tratamiento mostraron alguna reabsorción después de 1, 2, 3 y 7 años de tratamiento activo, respectivamente. De ello se deduce que cada año de tratamiento puede suponer una pérdida de 0,9 mm de longitud radicular (Rudolph, 1936).

Un estudio realizado por Nakanoa *et al.*, (2014), analizó el tipo de movimiento, magnitud de fuerza aplicada y cantidad de movimiento con la presencia de reabsorción radicular.

El tipo de movimiento dental realizado, ya sea de traslación o inclinación fue sugerido como un factor crítico para que se produzca una reabsorción radicular (King *et al.*, 2011). Además, la cantidad de movimiento aplicada a un diente aumenta dependiendo de la magnitud de la fuerza; sin embargo, en un estudio realizado en ratas, se observó que la cantidad de movimiento disminuyó cuando la magnitud de la fuerza superó un cierto nivel. En contraste, en los primeros molares superiores de ratas, la reabsorción radicular aumentó dependiendo de la magnitud de la fuerza aplicada, que varió de una fuerza liviana a una fuerza extremadamente pesada (González *et al.*, 2008). En ese estudio, se determinó la diferencia entre el movimiento de inclinación y el de traslación en términos de velocidad del movimiento de los dientes y de la aparición de reabsorción radicular. Para ello se diseñó un aparato de ortodoncia que induce el movimiento de traslación del primer molar superior en ratas y se lo comparó con un aparato convencional que induce el movimiento de inclinación. Además,

también se comparó el efecto de diversas magnitudes de fuerza, que iban desde leve, 10 grs., a extremadamente pesada, 100 grs., de la cantidad de movimiento de los dientes y de la aparición de reabsorción radicular. Los resultados obtenidos en este estudio, determinaron que la cantidad de movimiento impartida en los dientes en el grupo de movimiento de traslación fue menos de la mitad que en el grupo de movimiento de inclinación. La mayor cantidad de movimiento de los dientes se produjo en aquel grupo en donde se aplicó una fuerza 10 grs. y un movimiento de inclinación, mientras que en grupo donde se aplicó una fuerza de 50 grs y un movimiento de traslación, la cantidad de movimiento de los dientes disminuyó. La reabsorción radicular en el grupo de movimiento de inclinación fue aproximadamente el doble que en el grupo de movimiento de traslación (Nakanoa et al., 2014).

El objetivo fundamental en la práctica ortodóncica ha sido determinar la magnitud de la fuerza óptima, con la más alta tasa de movimiento de los dientes y un mínimo de efectos adversos como es la OIIRR (Ren *et al.*, 2003). La OIIRR es un fenómeno biomecánico, y se ha demostrado una asociación entre OIIRR y efectos biológicos (Harris *et al.*, 2006). Se sabe que los factores biológicos son intrínsecos al paciente y, hasta ahora, no se han podido modificar. Por lo tanto, es esencial identificar, cómo los factores biomecánicos del tratamiento de ortodoncia influyen en la OIIRR, para minimizar los riesgos y la gravedad de estos fenómenos (Sameshima *et al.*, 2001b).

El movimiento dental ortodóncico implica una serie de reacciones biológicas después de la aplicación de fuerza, lo que hace a los dientes vulnerables a la reabsorción radicular. Ya en la década de 1930, Schwarz, (1932) propuso que la fuerza "óptima" para el movimiento de los dientes, que se caracteriza por la respuesta celular máxima con el mantenimiento de la vitalidad de los tejidos, debe estar dentro de los niveles de presión capilar. Si se excede la presión de la sangre capilar, esto puede causar el colapso de los capilares y la disfunción del suplemento de sangre (Hohmann, 2009). Este fenómeno puede dar lugar a una degradación de la capa de precemento desencadenando la actividad de reabsorción de las células clásticas. Este proceso deja el tejido dental mineralizado al descubierto, desencadenando eventos inflamatorios similares a la reabsorción ósea, pero en la superficie radicular (Reitan, 1957). Aunque la gravedad de la OIIRR es clínicamente insignificante, la literatura muestra que 1% a 5% de los dientes tratados ortodóncicamente presentan OIIRR severa, que se define como la resorción superior a 4 mm o un tercio de la longitud radicular original (Killiany, 1999). Una

reducción significativa en la longitud de la raíz puede causar una relación corono radicular desfavorable en los dientes afectados. Esto tiene un gran significado clínico, especialmente cuando es coincidente con la pérdida de hueso alveolar o combinado con el retratamiento de ortodoncia. Una pérdida de 3 mm en la porción apical de la raíz es equivalente a 1 mm de la pérdida ósea crestal, lo que significa que la pérdida de hueso periodontal alcanzará una etapa crítica más rápidamente si va acompañado por una OIIRR.

En los últimos años se han realizado estudios con el objetivo de dilucidar posibles factores etiológicos relacionados con el tratamiento, para guiar las decisiones clínicas que reduzcan al mínimo los riesgos de reabsorciones radiculares graves (Weltman *et al.*, 2010). La mayoría de los autores coinciden en que estos fenómenos biomecánicos dependen del tiempo y de la fuerza. La dirección del movimiento del diente y el régimen de fuerza (continua vs. intermitente) también parecen tener un impacto considerable en la aparición de las mismas (Faltin *et al.*, 2001).

Cuando se examinaron histológicamente los dientes tratados con ortodoncia, se encontraron en el 100% de los casos áreas de reabsorción, lo cual fue menos frecuente cuando se examinaron radiografías intraorales y panorámicas (Brezniak *et al.*, 1993a).

En la mayoría de los estudios de OIIRR, se utilizaron radiografías intraorales. Aún con los esfuerzos para obtener periódicamente radiografías idénticas, esta técnica presentó defectos (Brezniak *et al.*, 2004).

Un estudio *in vitro* realizado por Follin y Lindvall (2005) demostró, que para que las reabsorciones sobre la superficie vestibular o palatina, sean visibles en radiografías intraorales, tienen que observarse un acortamiento de la raíz.

En las radiografías panorámicas, los ápices radiculares, especialmente de las regiones anteriores, pueden situarse fuera del plano focal. La utilidad de la radiografía cefalométrica lateral de cráneo en la detección de las reabsorciones radiculares está limitada por la superposición de los elementos dentarios (Leach *et al.*, 2001).

Para el diagnóstico en la región maxilofacial, se puede utilizar la tomografía computarizada (TC), pero las dosis de radiación y los altos costos han impedido que se convierta en una herramienta estándar de imagen dental. A pesar de sus capacidades inherentes en el diagnóstico de la OIIRR, no ha sido considerada para este propósito. El Cone Beam CT (CBCT) se introdujo en la odontología a finales de 1990, por su alta resolución espacial,

accesibilidad y relativamente bajas dosis de radiación, lo cual condujo rápidamente a su aceptación, también en ortodoncia (Kau *et al.*, 2005).

La capacidad de CBCT para obtener imágenes sin distorsiones y reproducir raíces individuales ofrece excelentes posibilidades para estudiar la reabsorción radicular, y se acerca a los resultados obtenidos por métodos histológicos (Lund *et al.*, 2010).

Por lo tanto, el objetivo de este trabajo, es analizar la presencia de reabsorciones radiculares externas al aplicar fuerzas ortodóncicas.

CASO CLÍNICO.

Paciente de 25 años de edad, concurrió a consulta para realizar un tratamiento de ortodoncia.

La historia médica no presentó datos sistémicos relevantes.

En cuanto a la historia odontológica el paciente refirió haber sufrido un traumatismo aproximadamente a los 14 años de edad en donde se produjo la fractura coronaria del elemento 11.

Mediante los estudios de ortodoncia pretratamiento (radiografía cefalométrica lateral de cráneo con trazado cefalométrico de Ricketts, modelos de estudio y examen clínico), se determinó que el paciente presentaba clase II esquelética, con apiñamiento severo anterosuperior e inferior. En el plan de tratamiento se determinó la extracción de primeros premolares superiores, y ya avanzado el tratamiento se determinó la extracción de un incisivo lateral inferior izquierdo, ya que estos elementos presentaban torque muy aumentado.

Se tomó radiografía panorámica (Fig. 1) y radiografías intraorales pretratamiento de incisivos superiores e inferiores (Fig. 2).

En el maxilar superior se utilizaron retoligaduras en caninos y arco llave doble (Ortho Organizers, USA) para cerrar espacio post extracción y se finalizó con arco ortodóncico intraoral cromo níquel 0.17" x 0.25" (Morelli, Brasil) y ligadura metálica en ocho de 16 a 26.

En el maxilar inferior, se utilizó arco ortodóncico intraoral reverso – spee superelástico níquel titanio - redondo 0,16" (Morelli, Brasil), este produce una fuerza de intrusión del sector anterior y extrusión de los sectores laterales posteriores. Como se indicó anteriormente, se decidió realizar la extracción del incisivo lateral inferior izquierdo, debido a que se presentaba con un torque positivo muy aumentado. Este espacio es cerrado con arco ortodóncico intraoral cromo níquel 0.17" x 0.25" (Morelli, Brasil) y ligadura metálica en ocho.

A los seis meses de tratamiento se solicitó radiografía panorámica e intraoral de control (Fig.3 y 4), observándose en la misma un remodelado apical en los cuatro incisivos inferiores compatible con OIIRR.

Se realizaron pruebas de sensibilidad, en los incisivos inferiores los que, respondieron positivamente al frío (Kleep Ice. Grinberg dentales S.A. Industria Argentina).

Para determinar la causa de las reabsorciones radiculares, se realizó un examen minucioso, analizando radiografía panorámica y radiografías periapicales previas al tratamiento de ortodoncia, en las cuales se observaban los ápices normales.

Al paciente se le informó de la presencia de las reabsorciones radiculares a causa del tratamiento del ortodoncia, se le explicó que en su caso no existen consecuencias sobre la pulpa de los dientes afectados ya que la vitalidad de estos no se vio afectada.

Actualmente el paciente continúa con su tratamiento.



Fig. 1. Radiografía panorámica pretratamiento.



Fig. 2. Radiografía periapical del sector anteroinferior donde se observan los ápices radiculares sin alteraciones en su porción apical.

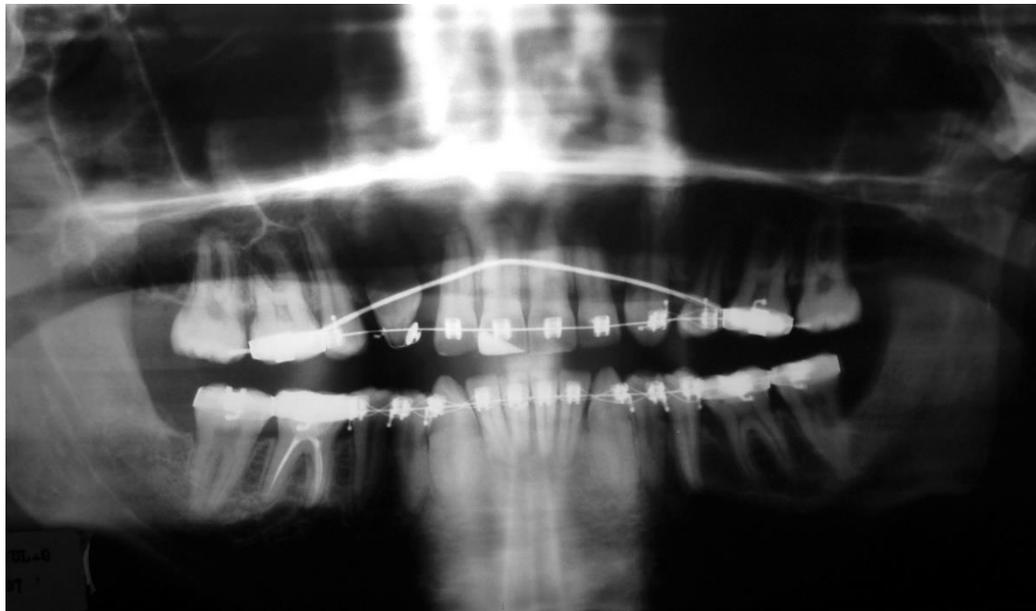


Fig. 3. Radiografía panorámica a los seis meses de tratamiento. Se observa remodelado en los ápices radiculares de incisivos inferiores.

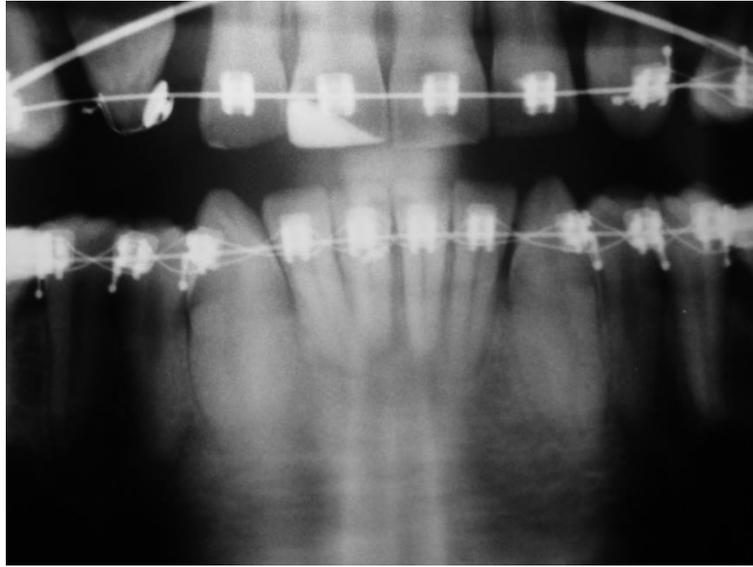


Fig. 4. Radiografía panorámica ampliada en donde se observa con mayor precisión el remodelado apical en los incisivos inferiores.

DISCUSIÓN.

Actualmente la endodoncia se interrelaciona con otros campos del tratamiento odontológico, y un ejemplo de ello es su interrelación con la ortodoncia. Existe un área importante en la que la endodoncia y la ortodoncia comparten bases comunes, y es la etiología, ya que el tratamiento ortodóncico conlleva un desplazamiento del diente pudiendo inducir alguna respuesta por parte del tejido pulpar (Weine *et al.*, 1997).

Se sabe que las fuerzas de ortodoncia producen daño mecánico y reacciones inflamatorias en el periodonto, como así también daño celular, cambios inflamatorios, y trastornos circulatorios en la pulpa.

Kucukkeles y Okar, (1994) informaron que la superficie interna de la raíz de la pulpa en dientes sometido a fuerzas intrusivas presentaban cavidades de reabsorción.

Estudios en pacientes portadores de aparatología ortodóncica encontraron que los dientes tratados con endodoncia se reabsorben significativamente menos que sus homólogos controles y sugirieron que la pulpa dental podría estar involucrada en la incidencia de reabsorción radicular inflamatoria inducida por ortodoncia (OIIRR) (Spurrier, *et al.*, 1990).

El sistema nervioso sensorial periférico contribuye al desarrollo de procesos inflamatorios agudos y crónicos a través de la liberación local de neuropéptidos, además se sabe que varios de estos, incluyendo la sustancia P (SP), están presentes en las fibras nerviosas de la pulpa dental y el periodonto de ratas, gatos, monos y seres humanos.

Se ha observado recientemente, en primeros molares superiores de ratas, que la expresión de la SP se incrementa en la pulpa dental como respuesta al movimiento ortodóncico, y que además podría estar implicada en la inflamación de la pulpa dental durante el movimiento ortodóncico. Estudio recientes, *in vitro*, informaron que la SP estimuló la producción de interleuquina (IL) - 1, IL- 6 y del factor de necrosis tumoral (TNF) en fibroblastos de la pulpa dental humana (HDPF). Sin embargo, poco se sabe sobre la relación entre OIIRR y la inflamación en la pulpa dental (Yamaguchi, *et al.*, 2004)

Por lo tanto, el efecto de la SP en la producción de estas citoquinas y la formación de osteoclastos en HDPF obtenidos a partir de pacientes con OIIRR severa, ha sido estudiado (Yamaguchi, *et al.*, 2008).

En los últimos 10 años, la reabsorción radicular inflamatoria (OIIRR) ha sido reconocida cada

vez más como una consecuencia iatrogénica de un tratamiento de ortodoncia. Con el tiempo va adquiriendo más resonancias debidas a sus implicancias médico legales. Con esto en mente, los ortodoncistas deben tomar todas las medidas conocidas para reducir la ocurrencia de OIIRR. Se sugieren varios procedimientos que pueden evitar este fenómeno; sin embargo, ninguno de ellos puede prevenir completamente la OIIRR (Brezniak *et al.*, 2002a).

Se han atribuido muchos significados a este proceso, una de las más recientes propuesta por Lucci (*et al.*, 1994) la define como: una actividad cementolítica y eventualmente dentinolítica de la superficie radicular de un elemento dentario, de naturaleza irreversible.

Se lograron avances significativos en la comprensión del proceso real de la OIIRR. Un nuevo término acuñado a este fenómeno es el de consecuencia iatrogénica de un tratamiento de ortodoncia. Esta expresión está reemplazando los términos utilizados anteriormente como; resultado idiopático, complicación frecuente, consecuencia común y concomitante al tratamiento de ortodoncia (Baumrind *et al.*, 1996).

El término reabsorción radicular es universal y describe un proceso patológico donde ningún factor etiológico se relaciona con dicha expresión. Trauma, lesiones infecciosas periapicales y enfermedades periodontales son sólo algunos de los muchos factores etiológicos conocidos que conducen a la reabsorción radicular o acortamiento de la raíz.

Aunque los resultados son a menudo similares, la reabsorción radicular por ortodoncia es distinta de los otros tipos de reabsorción radicular. En consecuencia se propuso un nuevo término, reabsorción radicular inflamatoria inducida ortodóncicamente (OIIRR) (Brezniak *et al.*, 2002a).

OIIRR es un proceso inflamatorio estéril que es extremadamente complejo y compuesto de varios componentes dispares incluido; las fuerzas, raíces de los dientes, huesos, células, matriz circundante, y ciertos mensajeros biológicos conocidos. Por lo tanto, no es sorprendente encontrar que términos como; susceptibilidad individual, genética, y factores sistémicos se están discutiendo cuando el daño es evidente después de un tratamiento de ortodoncia (McNab *et al.*, 1999).

Para el diagnóstico, la valoración radiológica, aunque con limitaciones, es el medio más frecuente para diagnosticar el acortamiento apical de las piezas dentarias. El diagnóstico se basa en términos de comparación, con el uso de una radiografía pretratamiento y otra al final del mismo y debe seguir, sea cual sea el medio radiológico adoptado, una metódica

estandarizada.

Los métodos utilizados pueden ser varios; la mayor parte de los autores han utilizado radiografías intraorales periapicales (Sameshima *et al.*, 2001 a), aunque otros han hecho uso de la radiografía panorámica (McNab *et al.*, 2000).

En un estudio reciente realizado por Sameshima *et al.*, (2001c), donde se compararon las dos técnicas anteriores para la valoración de la reabsorción radicular y la forma de la raíz, se llegó a las siguientes conclusiones: la forma de la raíz es mucho más difícil de valorar en las radiografías panorámicas, y en los casos donde los ápices no se observan bien o existen factores que sugieren mayor riesgo de reabsorción radicular o pérdida ósea vertical las radiografías periapicales están más recomendadas. El uso, según este mismo estudio, de las radiografías panorámicas para medir las reabsorciones pre y postratamiento puede sobrestimar la cantidad de pérdida radicular en un 20% o más.

En el examen teleradiográfico utilizado por otros autores (Taner *et al.*, 1999), únicamente es posible analizar los ápices del grupo incisivo, pero no las demás piezas debido a la superposición de las hemiarquadas.

El examen histológico de los tejidos radiculares en vías de reabsorción es el mejor método por su precisión y exactitud, y por la posibilidad de individualizar lesiones apicales (Brudvik *et al.*, 1995). Aunque la mayoría se efectúan en animales, en los dientes extraídos se tiene la ventaja de observar procesos de reabsorción en las cuatro caras de la raíz.

Para la prevención y el tratamiento, antes de iniciar el tratamiento de ortodoncia convendría realizar un diagnóstico lo más precoz posible. Los ortodoncistas pueden considerar algunos pasos clínicos antes, durante y después del tratamiento, relacionados con OIIRR.

Antes del tratamiento, se debe informar al paciente / padres sobre el riesgo de OIIRR como consecuencia del tratamiento de ortodoncia y quedar asentado en el consentimiento informado, firmado por el paciente / padres y el ortodoncista (Brezniak *et al.*, 2002a), debido a que es muy difícil predecir su aparición.

Dentro de la historia clínica tener en cuenta los antecedentes familiares. Un estudio confirmó los resultados anteriores en relación con la fuerte asociación familiar de OIIRR (Bednar *et al.*, 1998). Cuando se trata un nuevo paciente cuyo hermano se trató anteriormente, los ortodoncistas deben tratar de obtener los registros de diagnóstico finales, incluyendo las radiografías pos tratamiento. La necesidad de registros de diagnóstico finales completos es un

problema continuo, sin resolver ya que muchos ortodoncistas argumentan que la exposición a la radiación después del tratamiento es innecesario. Radiografías de diagnóstico finales obviamente rara vez ayudan al paciente involucrado, pero pueden resultar muy valiosa en el tratamiento posterior de los hermanos.

Sameshima y Sinclair, (2001a) han informado recientemente que los pacientes blancos e hispanos son más vulnerables que los pacientes asiáticos a OIIRR. Como la transmisión genética real en la actualidad no está clara, se requiere un mayor estudio genético

La condición sistémica del paciente debe ser considerada cuidadosamente. Solamente se ha reportado publicaciones esporádicas con respecto a este tema. Recientemente se ha informado que los pacientes con asma crónica, tanto medicado o no, tienen mayor incidencia de OIIRR que se limita a un ligero despunte de los molares superiores (McNab *et al.*, 1999). Este hallazgo podría ser el resultado de la proximidad de las raíces al seno maxilar inflamado y / o la presencia de mediadores de la inflamación en estos pacientes. Un estudio realizado por Owman Moll y Kuroi, (2000) encontraron que los pacientes con alergias presentan un aumento del riesgo de OIIRR, aunque estos hallazgos no fueron estadísticamente significativos.

La mayoría de los estudios no han encontrado una asociación consistente entre el género, edad y OIIRR (Harris *et al.*, 1997).

En cuanto a la dentición, el tratamiento de ortodoncia no detiene el desarrollo de las raíces. Los dientes con formación de radicular incompleta en el inicio del tratamiento de ortodoncia continúan desarrollándose durante el tratamiento, pero la longitud de las raíces llegan a algo menos que su potencial esperado (Hendrix., *et al* 1994).

Realizar el tratamiento en dos etapas, uno durante la adolescencia y el otro en la edad adulta, no sólo no aumenta el grado de OIIRR, sino que curiosamente, lo disminuye (Mirabella *et al.*, 1995).

Se debe realizar una evaluación de los estudios radiográficos previos y determinar morfología de la raíz, tratamientos endodónticos, morfología ósea, agenesias, aplasias, dientes ectópicos, morfología radicular, dientes autotransplantados.

Invaginaciones y taurodontismo, se han determinado como factores de riesgo de OIIRR (Sameshima *et al.*, 2001).

Los incisivos con tratamiento de endodoncia son menos vulnerables a la OIIRR cuando se

compara con los dientes sin tratamiento de endodoncia (Owman Moll *et al.*, 1995). Sin embargo, un estudio en animales demostró que los dientes obturados mostraron una mayor pérdida de cemento después del movimiento (Mah *et al.*, 1996).

El ancho del hueso alveolar y la proximidad de las raíces con las corticales se han estudiado (Horiuchi *et al.*, 1998). Desafortunadamente, no hay resultados concluyentes que puedan extraerse de estos estudios.

Cuando un paciente ha recibido un autotrasplante, es aconsejable que el ortodoncista espere al menos tres meses después del trasplante antes de ejercer fuerzas sobre el diente (Paulsen *et al.*, 1995). En relación con el riesgo de OIIRR, dientes trasplantados reaccionan de manera similar a los dientes normales cuando se aplican fuerzas de ortodoncia.

En cuanto a las maloclusiones, tanto las dentales como las esqueléticas deben ser consideradas cuidadosamente. Existen numerosos factores que pueden influir en el desarrollo y tratamiento de cada maloclusión. La maloclusión no es inmune a la OIIRR (Sameshima *et al.*, 2001b).

Si hablamos del tratamiento de elección, se han realizado numerosos estudios que comparan los sistemas de tratamiento alternativos, donde ninguno pudo demostrar una clara ventaja de un sistema sobre los demás, no se pudo determinar ningún sistema que reduzca o elimine el fenómeno OIIRR con un grado de certeza (McNab *et al.*, 2000; Sameshima *et al.*, 2001b)

Ninguna fuerza de ortodoncia puede imitar las fisiológicas naturales (Oppenheim, 1942). Aunque se ha encontrado OIIRR tanto en la aplicación de niveles bajos y altos de fuerza (50 gr, 200 gr), se recomienda no sobrecargar los dientes con altos niveles de fuerza. Los altos niveles de fuerza tenderán a aumentar las áreas dañadas en el ligamento periodontal, que puede conducir a más extensa OIIRR (Brudvik *et al.*, 1994).

En la última década, se ha vuelto muy popular el uso de arcos rectangulares iniciales. Según Proffit y Fields, (2000), el uso de estos arcos podría aumentar los movimientos *jiggling* durante la primera etapa del tratamiento, con mayor exposición de la raíz a más OIIRR. Se recomiendan intervalos más largos entre activaciones.

En cuanto a los tratamientos con extracciones, no hay ninguna conclusión definitiva sobre este problema.

Numerosos estudios determinan una posible correlación entre la duración del tratamiento activo con la incidencia y extensión de la OIIRR (Sameshima *et al.*, 2001b).

Después de 6 meses de tratamiento, se debe tomar radiografías periapicales de los dientes

involucrados en este tratamiento. Dado que se ha encontrado los incisivos son los dientes que tienden a ser más afectados, radiografías periapicales de estos dientes pueden proyectar sobre un fenómeno global (Levander *et al.*, 2000). Cuando se detecta OIIRR en la radiografía periapical, el tratamiento debe ser detenido durante dos o tres meses con arcos pasivos. Esta sugerencia en realidad se puede aplicar a cualquier procedimiento extenso de ortodoncia de forma obligatoria. Detener el tratamiento durante tres meses en un sector con un arco pasivo mientras se trabaja en el otro es una solución práctica que puede ser implementada sin modificar el plan de tratamiento (Levander *et al.*, 1994).

Cuando el tratamiento es duradero, se deben obtener radiografías periapicales de control, cuando se detecta una OIIRR mínima, el procedimiento antes mencionado es suficiente. Sin embargo, cuando se identifica la reabsorción severa, los objetivos del tratamiento deben ser reevaluados con el paciente; por ejemplo, las opciones alternativas podrían incluir soluciones protésicas para cerrar espacios, la liberación de los dientes de arcos activos si es posible (Bednar *et al.*, 1998).

Se recomienda realizar una radiografía de control a los 6 o 9 meses después de iniciar el tratamiento, por el riesgo a que éstas vayan progresando más durante el mismo. Varios autores (Levander *et al.*, 1994; Harris, 2000), aconsejan hacer una pausa en el tratamiento de ortodoncia de unos 2 a 3 meses para conseguir la reparación de las lagunas y reducir la posibilidad de incurrir en acortamientos radiculares extensos.

Se han descrito casos en los que, tras detectarse reabsorción es previas al tratamiento o durante el mismo, se ha procedido a la desvitalización del diente afectado, y ello ha supuesto reducir notablemente el riesgo del incremento de su desarrollo (Saad, 1989).

La principal consecuencia clínica de las reabsorciones radiculares es la movilidad de los dientes afectados. Según Levander y Malmgrem, (2000) en referencia a los incisivos superiores, observaron que la movilidad comenzó a presentarse cuando la longitud radicular el igual o menor a 9 mm. Cabe destacar que los dientes afectados, por extensas que sean sus lesiones, no pierden la vitalidad ni cambian de color (Feiglin, 1986).

Una vez finalizado el tratamiento se recomienda obtener registros finales, incluyendo radiografías. Si existe presencia de OIIRR en las radiografías finales, el paciente / padres deben ser informados, puede ser útil en el futuro tratamiento de hermanos (Harris *et al.*, 1997). Si los dientes presentan reabsorción severa, se recomienda exámenes radiográficos hasta que

sea evidente la estabilidad del proceso. En casos de extrema reabsorción, el tratamiento endodóntico puede ser considerado (Gholston *et al.*, 1983). Cabe señalar que la reparación cementaria se produce de forma natural después de la eliminación de la aparatología de ortodoncia (bandas y brackets) (Levander *et al.*, 2000).

Para la curación de la reabsorción apical diagnosticada tras el tratamiento ortodóntico, las conductas terapéuticas posibles van desde el tratamiento conductos hasta la reparación del defecto con amalgama y en los casos de peor pronóstico, la extracción de la pieza afectada (Giganti *et al.*, 1997).

Cuando la movilidad pernicioso se da especialmente en los dientes anteriores, Andreasen aconseja su estabilización mediante el uso de una férula de disoclusión.

Gholston (1983) propuso además la endodoncia del diente y su tratamiento con hidróxido de calcio, con cambios periódicos trimestrales durante un año, cuando es sustituido por gutapercha. Se debe tener en cuenta una posible consecuencia de este proceso, como es la anquilosis.

Puede decirse que la desvitalización hace a los ápices más resistentes a la aparición de lagunas y, por ello, es idóneo cuando se detectan raíces afectadas, tanto al inicio como durante o al final de un tratamiento de ortodoncia.

CONCLUSIONES

En conclusión, la reabsorción radicular externa (RRE) es un evento indeseable del tratamiento ortodóncico que tiene su origen en factores biológicos y en factores mecánicos. Por lo tanto, es responsabilidad del ortodoncista conocer todos los factores de riesgo de la RRE, con el fin de prevenirla o interceptarla oportunamente.

BIBLIOGRAFÍA

- Abuabara A (2007). Biomechanical aspects of external root resorption in orthodontic therapy. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. Dec 1; 12(8):E610-3.
- Al-Qawasmi R, Hartsfield J Jr, Everett E, Flury L, Liu L, Foround T, Macri J, Roberts W (2003). Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 123(3): 242-52.
- Andreasen JO (1988). Review of root resorption systems and models. Etiology of root resorption and the homeostatic mechanisms of periodontal ligaments. En: Davidovitch Z (ed). *Biological mechanisms of tooth eruption and root resorption* 9-22.
- Andreasen JO, Andreasen FM (1994) *Textbook and Color Atlas of Traumatic Injuries to the Teeth*, 3rd edn. Copenhagen: Munksgaard.
- Baumrind S, Korn E, Boyd R (1996). Apical root resorption in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 110:311–320.
- Becks H (1939) Orthodontic prognosis: evaluation of routine dentomedical examination to determine "good and poor risk". *Am J Orthod Oral Surg* 25(7): 610-24.
- Bednar J, Wise R (1998). A practical clinical approach to the treatment and management of patients experiencing root resorption during and after orthodontic therapy. In: Davidovitch Z, Mah J, eds. *Biological Mechanisms of Tooth Eruption, Resorption and Replacement by Implants*. Boston, Mass: Harvard Society for the Advancement of Orthodontics: 425–437.
- Bosshardt D, Masseredjian V, Nanci A. Root resorption and tissue repair in orthodontically treated human premolars. In: Davidovitch Z, Mah J, eds. *Biological Mechanisms of Tooth Eruption, Resorption and Replacement by Implants*. Boston, Mass: Harvard Society for the Advancement of Orthodontics; 1998, pp 425 - 437.
- Brezniak N, Wasserstein A (1993a). Root resorption after orthodontic treatment. Part 1. Literature review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 103:62–66.
- Brezniak N, Wasserstein A (1993b). Root resorption after orthodontic treatment: Part 2. Literature review. *Am J Ortho Dentofacial Orthop* 103(2): 138-43.
- Brezniak N, Wasserstein A (2002a). Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: the basic science aspects. *Angle Orthod* 72: 175–179.
- Brezniak N, Wasserstein A (2002b). Orthodontically induced inflammatory root resorption:

Part II. The clinical aspects. *Angle Orthod* 72(2): 180-4.

- Brezniak N, Goren S, Zoizner R (2004). The accuracy of the cemento-enamel junction identification on periapical films. *Angle Orthod* 74:496–500
- Brin I, Becker A, Zilberman Y (1993). Resorbed lateral incisors adjacent to impacted canines have normal crown size. *Am J Orthod* 104(1): 60-6.
- Brudvik P, Rygh P (1994). Root resorption beneath the main hyalinized zone. *Eur J Orthod* 16:249–263.
- Brudvik P, Rygh P (1995). The repair of orthodontic root resorption: an ultrastructural study. *Eur J Orthod* 17:189-98.
- Faltin R, Faltin K, Sander F, Arana-Chavez V (2001). Ultrastructure of cementum and periodontal ligament after continuous intrusion in humans: a transmission electron microscopy study. *Eur J Orthod* 23:35-49.
- Feiglin R (1986). Root resorption. *Aus Dent J* 31:12-22.
- Follin M, Lindvall A (2005). Detection of lingual root resorptions in the intraoral radiographs: an experimental study. *Swed Dent J* 29:35–42.
- Gholston L, Mattison G (1983). An endodontic-orthodontic technique for esthetic stabilization of externally resorbed teeth. *Am J Orthod* 83:435–440.
- Gholston L (1983). An endo-orthodontic technique for esthetic stabilization of externally resorbed teeth. *Am J Orthod* 83:423–40.
- Giganti U, Favilli F, Falconi A, Giuliano B (1997). La reabsorción radicular ortodónica: revisión de la literatura. *Rev Esp Ortod* 27:83-104.
- Goldson L, Henrikson C (1975). Root resorption during orthodontic treatment; a longitudinal roentgenologic study. *Am J Orthod* 68(1): 55-66.
- Gonzales C, Hotokezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatian JH, Darendeliler MA, Yoshida N (2008). Force magnitude and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod* 78:502-509.
- Hamilton R, Gutmann J (1999). Endodontic-orthodontic relationships: a review of integrated treatment planning challenges. *Int Endod J* 32(5):343-60.
- Harris E, Kineret S, Tolley E (1997). A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 111:301–309.
- Harris E, Butler M (1992). Patterns of incisor root resorption before and after orthodontic

- correction in cases with anterior open bites. *Am J Ortho Dentofacial Orthop* 101(2): 112-9.
- Harris E (2000). Root resorption during orthodontic therapy. *Semin Orthod* 6:183-94.
 - Harris D, Jones A, Darendeliler M (2006). Physical properties of root cementum: part 8. Volumetric analysis of root resorption craters after application of controlled intrusive light and heavy orthodontic forces: a microcomputed tomography scan study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 130:639-47.
 - Hartsfield J Jr, Everett E, Al-Qawasmi R (2004). Genetic factors in external apical root resorption and orthodontic treatment. *Crit Rev Oral Biol Med* 15(2): 115-22.
 - Hendrix I, Carels C, Kuijpers-Jagtman A, Van 'T Hof M (1994). A radiographic study of posterior apical root resorption in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 105:345–349.
 - Hohmann A, Wolfram U, Geiger M, Boryor A, Kober C, Sander C (2009). Correspondences of hydrostatic pressure in periodontal ligament with regions of root resorption: a clinical and a finite element study of the same human teeth. *Comput Methods Programs Biomed* 93:155-61.
 - Horiuchi A, Hotokezka H, Kobayashi K (1998). Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Ortho Dentofacial Orthop* 114(3): 311-8.
 - Kau C, Richmond S, Palomo J, Hans M (2005). Threedimensional cone beam computerized tomography in orthodontics. *J Orthod* 32:282–293.
 - Killiany D (1999). Root resorption caused by orthodontic treatment: an evidence-based review of literature. *Semin Orthod* 5:128-33.
 - King AD, Turk T, Colak C (2011). Physical properties of root cementum: part 21. Extent of root resorption after the application of 2.5u and 15u tips for 4 weeks: a microcomputed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 140:e299-e305.
 - Kucukkeles N, Okar I (1994). Root resorption and pulpal changes due to intrusive force. *J Marmara Univ Dent Fac* 2:404-8.
 - Leach H, Ireland A, Whaites E (2001). Radiographic diagnosis of root resorption in relation to orthodontics. *Br Dent J* 190:16–22.
 - Levander E, Malmgren O, Eliasson S (1994). Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes. A clinical experimental study. *Eur J Orthod* 16:223–228.

- Levander E, Malmgren O (1998). Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod* 10(1): 30-8.
- Levander E, Malmgren O (2000). Long term follow-up of maxillary incisors with severe apical root resorption. *Eur J Orthod* 22:85–92.
- Linge L, Linger B (1991). Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod entofacial Orthop* 99(1): 35-43.
- Lozano - Chourio MA, Ruiz Rojas AL (2009). Reabsorción radicular en ortodoncia: revisión de la literatura. *Univ Odontol* 28(60): 45-52.
- Lucci M, Giunta D, Bonetti G (1994). Riassorbimenti radicolari in corso di trattamento ortodontico: contraddizioni e limiti delle attuali conoscenze. *Ortognat It* 3:557-64.
- Lund H, Gröndahl K, Gröndahl H (2010). Cone beam computed tomography for assessment of root length and marginal bone level during orthodontic treatment. *Angle Orthod* 80:466–473.
- Mah R, Holland G, Pehowich E (1996). Periapical changes after orthodontic movement of root-filled ferret canines. *J Endod* 22:298–303.
- Malmgren O, Goldson L, Hill C, Orwin A, Petrini L, Lundberg M (1982). Root resorption after orthodontic treatment of traumatized teeth. *Am J Orthod* 82(6): 487-91.
- Mattison G, Delivanis H, Delivanis P, Johns P (1984) Orthodontic root resorption of vital and endodontically treated teeth. *Journal of Endodontics* 10, 354±8.
- Massler M, Malone A (1954). Root resorption in human permanent teeth. *Am J Orthod* 40(8): 619-33
- McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons A (1999). External apical root resorption of posterior teeth in asthmatics after orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 116:545–551.
- McNab S, Battistutta D, Taverne A, Symons A (2000). External apical root resorption following orthodontic treatment *Angle Orthod* 70:227–232.
- Mirabella A, Artun J (1995). Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 108:48–55.
- Nakanoa T, Hotokezakab H, Hashimoto M, Sirisoontornd I, Arita K, Kurohamaa T, Darendelilere M, Yoshidaf N (2014). Effects of different types of tooth movement and

- force magnitudes on the amount of tooth movement and root resorption in rats. *Angle Orthod* 84:1079-1085
- Oppenheim A (1942). Human tissue response to orthodontic intervention of short and long duration. *Am J Orthod* 28:263-301.
 - Oppenheim A (1936). Biologic orthodontic therapy and reality. *Angle Orthod* 6(2): 69-116.
 - Ottolengui R (1914). The physiological and pathological resorption of tooth roots. *Dental Items of Interest*. 36: 332-62.
 - Owman - Moll P, Kurol J, Lundgren D (1995). Repair of orthodontically induced root resorption in adolescents. *Angle Orthod* 65(6): 403–408.
 - Owman - Moll P, Kurol J (2000). Root resorption after orthodontic treatment in high- and low-risk patients: analysis of allergy as a possible predisposing factor. *Eur J Orthod*. 22:657–663.
 - Parker R, Harris E (1998). Directions of orthodontic tooth movements associated with external apical root resorption of the maxillary central incisor. *Am J Ortho Dentofacial Orthop* 114(6): 677-83.
 - Paulsen H, Andreassen J, Schwarts O (1995). Pulp and periodontal healing, root development and root resorption subsequent to transplantation and orthodontic rotation: a long-term study of autotransplanted premolars. *Am J Orthod Dentofac Orthop*.108:630–640.
 - Proffit W, Fields H. The first stage of comprehensive treatment: alignment and leveling. In: *Contemporary Orthodontics*. Ed. Mosby. St Louis, 2000, pp 527–529.
 - Reitan K (1957). Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod* 43:32-45.
 - Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM (2003). Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod* 73:86-92.
 - Rudolph C (1936) A comparative study in root resorption in permanent teeth. *J Am Dent Assoc* 23: 822-6.
 - Saad A (1989). Calcium hydroxide in the treatment of external root resorption. *JADA* 118:579-81.
 - Sameshima G, Sinclair P (2001a). Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 119(5): 505-10.

- Sameshima G, Sinclair P (2001b). Predicting and preventing root resorption: part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 119:511–515.
- Sameshima G, Asgarifar K (2001c). Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod* 71:185-9.
- Taner T, Ciger S, Sencift Y (1999). Evaluation of apical root resorption following extraction therapy in subjects with Class I and Class II malocclusions. *Eur J Orthod* 21:491-6.
- Tronstad L (1988). Root resorption – a multidisciplinary problema in dentistry. . En: Davidovitch Z (ed). *Biological mechanisms of tooth eruption and root resorption* 293-302.
- Schwarz AM (1932). Tissue changes incidental to orthodontic tooth movement. *Int J Orthod* 18:331-52.
- Spurrier S, Hall S, Joondeph D, Shapiro P, Riedel R (1990). A comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treated and vital teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 97:130-4.
- Stedman. *Stedman's Medical Dictionary*. 24th Ed. Williams & Wilkins Publisher. Baltimore, 1982.
- Stuteville O (1937). Injuries of the teeth and supporting structures caused by various orthodontic appliances, and methods to prevent these injuries. *J Am Dent Assoc* 24(9): 1494-507.
- Uribe Restrepo GA. *Ortodoncia: teoría y clínica*. 2a Ed. CIB, Medellín, 2010.
- Wehrbein H, Fuhrmann R, Diedrich P (1995). Human histologic tissue response after long-term orthodontic tooth movement. *Am Orthod Dentofac Orthop* 107:360-371.
- Weine F, Potashnick S. *Tratamiento Endodónico*. Ed. Harcourt Brace. Madrid, 1997 pp 675
- Weltman B, Vig K, Fields H, Shanker S, Kaizar E (2010). Root resorption associated with orthodontic tooth movement: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 137:462-76
- Yamaguchi M, Kojima T, Kanekawa M, Aihara N, Nogimura A, Kasai K. (2004) Neuropeptides stimulate production of interleukin-1beta, interleukin-6, and tumor necrosis factor-alpha in human dental pulp cells. *Inflamm Res* 53:199-204.
- Yamaguchi M, Ozawa Y, Mishima H, Aihara N, Kojima T, Kasaif K (2008) Substance P

increases production of proinflammatory cytokines and formation of osteoclasts in dental pulp fibroblasts in patients with severe orthodontic root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 133:690-8.