



Revista Científica Odontológica

ISSN: 1659-1992

comite_editorial@colegiodentistas.org

Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa

Rica

Costa Rica

García-Figueroa, Mariano

Etiología y Prevención de la reabsorción radicular inducida por ortodoncia

Revista Científica Odontológica, vol. 12, núm. 1, enero-julio, 2016, pp. 43-49

Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa Rica

San José, Costa Rica

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=324248526008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

ETIOLOGÍA Y PREVENCIÓN DE LA REABSORCIÓN RADICULAR INDUCIDA POR ORTODONCIA

ETIOLOGY AND PREVENTION OF ORTHODONTIC-INDUCED RADICAL RESORPTION

García-Figueroa Mariano

Facultad de Odontología, Universidad de Costa Rica

Costa Rica

Fecha de ingreso: 16/02/2016. Fecha de aceptación: 28/06/2016.

RESUMEN

La reabsorción radicular es considerada como una de las secuelas negativas más comunes de los tratamientos de ortodoncia. El objetivo de este artículo es proveer información a fondo de la literatura actual disponible sobre el tema de reabsorción radicular. El propósito es dar al clínico, información sobre incidencia, localizaciones más frecuentes de reabsorción radicular, los factores biológicos y mecánicos relacionados con su etiología. Asimismo, se discuten medidas preventivas, recomendaciones sobre su manejo en caso de detectarse durante el transcurso del tratamiento de ortodoncia.

PALABRAS CLAVE

Reabsorción radicular inducida por ortodoncia, reabsorción radicular postortodoncia

ABSTRACT

Radical resorption is one of main negative effects in orthodontic treatment. The objective of this article is to provide background information from currently available literature on radicle reabsorption and offer the clinician data on its incidence, frequent radical resorption points, and the biological and mechanical factors related to its etiology. Recommendations are also made about preventive measures and management upon detection during the course of orthodontic treatment.

KEYWORDS

Orthodontic-induced radicular resorption, post-orthodontic radicular resorption

INTRODUCCION

Algunos pacientes experimentan reabsorción radicular (RR) de moderada a severa durante el tratamiento de ortodoncia. La RR en ocasiones, tienen secuelas importantes como movilidad dental y pérdida de hueso de soporte. Son múltiples los factores que predisponen al paciente a presentar reabsorción radicular durante el tratamiento de ortodoncia. Es importante, identificar los factores que contribuyen a la reabsorción radicular (RR) de tal manera que los efectos nocivos se reducen o son minimizados.

Como clínicos nos enfrentemos a las siguientes interrogantes:

1. ¿Qué causa la reabsorción radicular?
2. ¿Fue una fuerza mal aplicada la que produjo la RR?
3. ¿Cuál es el pronóstico de las piezas dentales con reabsorción?
4. ¿La reabsorción radicular continuará después, de la ortodoncia?
5. ¿Requiere tratamiento endodóntico las piezas dentales que sufrieron RR extensa?
6. ¿Se puede realizar un tratamiento restaurativo en esas piezas?
7. ¿Se ferulizan las piezas dentales con RR moderada a severa?

Las respuestas a estas preguntas son significativas, para el manejo adecuado de estos pacientes.

METODOLOGÍA

La siguiente estrategia de búsqueda es utilizada para identificar los estudios relacionados. Se realiza una búsqueda a través de las bases de datos electrónicas PubMed y EMBASE hasta julio de 2015. Se usan las palabras claves: Orthodontic induced radicular resorption, orthodontic root resorption y post-orthodontic radicular resorption. Se efectúa una búsqueda preliminar leyendo los títulos y resúmenes. Posteriormente, de cumplida la revisión inicial, se escogen aquellos artículos con texto completo. Se eligen artículos de investigación, revisiones y casos clínicos publicados desde el año 1970. Se incluye estudios hechos tanto en animales como en humanos.

INCIDENCIA

Estudios clínicos han comparado radiografías periapicales antes y más tarde, del tratamiento para determinar la incidencia de RR. Las radiografías solo dan una impresión bidimensional de la RR y usualmente, se da una subestimación del grado real de reabsorción radicular. Las evidencias más claras de RR vienen de estudios histológicos de superficies radiculares de piezas dentales sometidas a fuerzas ortodónticas realizados tanto en animales como en humanos.

Estos estudios demuestran que el 90 % de las piezas dentales experimentan algún grado de RR cuando son desplazadas en el alvéolo (Harry & Sims, 1982; Stenvik & Mjor,

1970). Lo anterior indica que la RR es una secuela muy común en el tratamiento de ortodoncia.

Estudios con radiografías periapicales indican que el 15 % de los pacientes ya muestran algún grado de acortamiento radicular antes del tratamiento (reabsorción radicular apical externa) y un 73 % después, del tratamiento de ortodoncia (Lupi, Handelman, & Sadowsky, 1996). Cabe aclarar que en la mayoría de las ocasiones la RR es mínima o insignificante desde el punto de vista clínico. Las reabsorciones radiculares que se presentan son generalmente menores a 2.5 mm (B.O. Linge & Linge, 1983; L. Linge & Linge, 1991; Mavragani, Boe, Wisth, & Selvig, 2002; Mirabella & Artun, 1995; Sameshima & Sinclair, 2001a) y afectan entre el 6 y el 13 % de las piezas dentales según, los estudios con radiografías panorámicas o periapicales (Blake, Woodside, & Pharoah, 1995).

¿Cuál es la incidencia de reabsorción radicular severa luego, del tratamiento de ortodoncia? Se considera severa si existe una pérdida de la longitud de la raíz igual o mayor al 20 %. Usando esta definición se considera que la incidencia de RR severa es del 3 % en adolescentes (Nigul & Jagomagi, 2006; Sameshima & Sinclair, 2004) y 4 % en adultos (Mirabella & Artun, 1995).

Los incisivos maxilares seguidamente, las piezas dentales más afectadas por la RR. Es más frecuente y severa en laterales maxilares que en centrales maxilares. de los incisivos maxilares las piezas más frecuentemente, afectadas son los incisivos mandibulares y las primeras molares.

ETIOLOGÍA

¿Por qué ocurre la reabsorción radicular en respuesta a la compresión del ligamento periodontal? Durante el movimiento ortodóntico se debe dar reabsorción de la pared alveolar y del hueso subyacente por parte de macrófagos. En esta etapa es normal también, encontrar lagunas de reabsorción a lo largo de la raíz del diente. En la mayoría de los casos esas lagunas se reparan posteriormente, por medio de los cementoblastos y es por ese motivo que las evidencias a nivel histológico son más notorias de lo que se observa a nivel radiográfico. Cuando los cementoblastos no son capaces de reparar esos daños, ocurre la reabsorción moderada a severa de las raíces.

En este momento, no existe un consenso claro sobre cuáles factores ortodónticos están relacionados con la reabsorción radicular. Los factores etiológicos propuestos son muchos y se agrupan de la siguiente manera:

1. Factores mecánicos.
2. Variabilidad biológica entre individuos.

Factores mecánicos (Ortodónticos)

1. Duración del tratamiento. Una correlación positiva entre RR y duración del tratamiento se ha demostrado en algunos estudios (Sharpe, Reed, Subtelny, & Polson, 1987; Stenvik & Mjor, 1970). Sin embargo, otros estudios no han podido establecer una relación (Dermaut & De Munck, 1986; VonderAhe, 1973). En este momento no

existe un consenso claro si los tratamientos muy prolongados favorecen o no la aparición de RR.

2. Magnitud de la fuerza. Parecía lógico pensar que la magnitud de la fuerza tiene relación con la magnitud de la RR. Algunos estudios no han encontrado una relación entre ambas variables (Al-Qawasmi et al., 2003; Owman-Moll, 1995). Estos estudios están basados en hallazgos radiológicos. Las consecuencias son diferentes cuando se analizan histológicamente. Cuatro estudios split-mouth del mismo grupo de investigadores comparó los efectos de fuerzas ligeras (25g) e intensas (225g) en premolares destinadas a ser extraídas. Chan y Darendeliler encuentran zonas de reabsorción casi 12 veces mayor en los premolares sujetos a fuerzas intensas que las piezas dentales sometidas a fuerzas ligeras (E. Chan & Darendeliler, 2005; E. K. Chan & Darendeliler, 2004). Barbagallo realiza un estudio comparativo con alineadores ortodónticos transparentes y demuestra que las fuerzas intensas producen nueve veces mayor RR que las piezas control. Este estudio también, utiliza premolares que iban a ser extraídas (Barbagallo, Jones, Petocz, & Darendeliler, 2008).
3. Dirección del movimiento dentario. Pareciera indicar que las fuerzas intrusivas son las más nocivas para la raíz. Han comparado, las zonas de reabsorción en piezas dentales sometidas a extrusión e intrusión. Se demuestra que las fuerzas intrusivas producen cuatro veces más áreas de reabsorción que las fuerzas extrusivas (Han, Huang, Von den Hoff, Zeng, & Kuijpers-Jagtman, 2005). El estudio de Harris también, manifiesta que la reabsorción era mayor conforme aumenta la intensidad de la fuerza ortodóntica (Harry & Sims, 1982).
4. Magnitud de Desplazamiento apical. Brin et al. evaluó el efecto de tratamiento de dos fases versus una fase en la incidencia y severidad de la RR. Los pacientes tratados en dos fases revelan menor RR posiblemente debido a que el desplazamiento apical es menor que los pacientes tratados en una fase. Asimismo, encuentra que a mayor tiempo de tratamiento mayor RR. De igual forma revelan que ha mayor sobremordida horizontal mayor RR debido a la mayor distancia que se trasladaron los ápices radiculares (Brin, Tulloch, Koroluk, & Philips, 2003).
5. Método de fuerza aplicada (Continua o intermitente). Acar et al. estudian los efectos sobre la RR de premolares a extraer que son sometidos a fuerzas constantes con ligas versus premolares sometidas a fuerzas intermitentes durante 12 horas al día. Se descubre menor acortamiento radicular en las piezas sometidas a fuerzas intermitentes (Acar, Canyurek, Kocaaga, & Erverdi, 1999).
6. Tipo de aparatología. El estudio de Barbagallo et al. realizado en premolares a extraer, demuestra

que la RR que se presenta tanto con alineadores termoplásticos como con ortodoncia fija es similar siempre y cuando las fuerzas sean ligeras (25 gramos). Las fuerzas intensas producidas con aparatología fija (225 gramos) producían mayor reabsorción radicular, casi el doble que las fuerzas ligeras con ortodoncia fija y los alineadores termoplásticos (Barbagallo et al., 2008). Se propone que los brackets de autoligado ejercen fuerzas más ligeras que los brackets convencionales, por lo tanto, es lógico pensar que habría menor reabsorción radicular con este tipo de aparatología. El estudio de Pandis et al. no se encuentra diferencias en la RR entre 96 pacientes tratados con brackets convencionales o de autoligado (Pandis, Nasika, Polychronopoulou, & Eliades, 2008). El estudio realizado por Scott et al. tampoco descubre diferencias clínicamente, significativas entre pacientes con tratamientos de brackets de autoligado y brackets convencionales (Scott, DiBiase, Sherriff, & Cobourne, 2008). El estudio de Reukers et al. compara la incidencia y severidad de RR en un grupo que recibe tratamiento de ortodoncia fija con brackets de ranura 0.022 pulgadas con prescripción Roth y otro grupo que recibe tratamiento con brackets Microloc con ranura 0.018 pulgadas. No se encuentran diferencias estadísticas significativas en la cantidad de RR (0.022, 8.2%; 0.018, 7.5%) ni en su prevalencia (0.022, 75 %; 0.018, 55 %). El estudio de Sameshima et al. tampoco hay diferencias en pacientes tratados con brackets de ranuras 0.022 y 0.018 pulgadas (Reukers, Sanderink, Kuijpers-Jagtman, & van't Hof, 1998; Sameshima & Sinclair, 2001d).

Factores individuales

1. Historia previa de RR y factores genéticos asociados. El investigador, Harris en 1997 publica un estudio donde se analiza la prevalencia de RR en 103 hermanos. El autor Harris, encuentra que la RR estaba más relacionada a factores genéticos que a factores relacionados con la edad, género o severidad de la maloclusión (Harris, Kineret, & Tolley, 1997). Se ha examinado la presencia de polimorfismos genéticos en pacientes que presentan RR severa durante el tratamiento. Un polimorfismo es una variación en la secuencia de un lugar determinado del ADN entre los individuos de una población.

El autor, Al-Qawasmi et al. Demuestran la asociación de un polimorfismo en los genes que expresan a las Interleucinas 1-LB y la RR. Las Interleucinas son citocinas que funcionan como segundos mensajeros en los procesos de inflamación y reabsorción radicular. Una alteración en la función de las Interleucinas afectan los mecanismos protectores del cemento sobre la RR. El estudio confirma que la presencia del polimorfismo en pares homocigotos del alelo que expresa la 1-LB presentan 5.6 veces mayor RR que los que tenían pares heterocigotos (Al-

- Qawasmí et al., 2003). Asimismo, el autor, Simas et al. También señalan la asociación de un polimorfismo genético del receptor de la vitamina D con la mayor predisposición de la RR. La vitamina D es importante como regulador del metabolismo del calcio y de la homeostasis del tejido óseo. En una leve asociación, se explica, entre un polimorfismo del receptor de la vitamina D con una menor protección de las raíces dentales hacia la RR donde el equilibrio se inclina hacia mayor reabsorción ósea y del cemento (Fontana et al., 2012).
2. **Morfología dental radicular.** Existe mayor susceptibilidad de RR a mayor longitud radicular y a menor ancho radicular. Los dientes con raíces cortas y chatas no presentan mayor riesgo de reabsorción radicular. No existe consenso si la presencia de anomalías dentales aumenta el riesgo de RR. Algunos estudios han demostrado mayor predisposición de las piezas con morfología radicular anormal (raíces con forma de pipeta, dislaceradas o puntiagudas) a presentar RR (Sameshima & Sinclair, 2001d). El estudio de Brin et al. y el de Artun et. al no encontraron diferencias clínicas significativas en la predisposición a presentar RR moderada o severa. (Artun, Van 't Hullenaar, Doppel, & Kuijpers-Jagtman, 2009; Brin et al., 2003) Algunos estudios han demostrado que los incisivos maxilares laterales en clavija o muy pequeños presentan mayor riesgo de tener RR pero, otros estudios no han demostrado mayor predisposición (L. Linge & Linge, 1991; Mirabella & Artun, 1995).
 3. **Medicamentos.** Los medicamentos que inhiben el movimiento dentario están también, asociados a efectos sobre la deposición del cemento radicular. De acuerdo al investigador, Alatlí et al., al inyectar 1-hidroxietil 1-bifofanato en ratas se inhibe la formación de cemento de fibras ajenas acelular y se retrasa la formación de cemento celular mixto estratificado. Estos efectos sobre el cemento aumentan la posibilidad de padecer RR durante el tratamiento de ortodoncia (Alatlí & Hammarstrom, 1996; Alatlí, Hellsing, & Hammarstrom, 1996). La administración de cortico esteroides de 15mg/kg en ratas favorece la RR, mientras que, 1mg/kg inhibían la RR (Ashcraft, Southard, & Tolley, 1992). El consumo excesivo de alcohol en adultos favorece la RR por medio de la hidroxilación de la vitamina D en el hígado (Ghafari, 1997).
 4. **Efectos hormonales.** Se ha demostrado que la administración de hormonas tiroideas reduce la RR inducida por ortodoncia. El estudio, Pomprous et al. realizan un estudio en ratas sometidas a fuerzas ortodónticas y hallan menor cantidad y severidad de RR en las ratas que recibieron L-tiroxina (Pomprous, Loberg, & Engstrom, 1994).
 5. **Proximidad a la cortical ósea.** El autor, Horiuchi et al. estudia la relación existente entre la proximidad de la cortical palatina con el ápice radicular y la predisposición a presentar RR. Se evalúa el ancho del reborde alveolar maxilar y la proximidad del ápice radicular de centrales maxilares en series de radiografías laterales de cráneo en 146 pacientes tratados con ortodoncia fija. El estudio demuestra mayor predisposición de RR al aproximarse el ápice a la cortical palatina, en especial cuando se producía extrusión y retracción del incisivo. Los pacientes con rebordes alveolares maxilares angostos tenían mayor predisposición a presentar RR (Horiuchi, Hotokezaka, & Kobayashi, 1998).
 6. **Trauma.** El investigador, Malmgren et al. monitorearon un grupo de pacientes que sufrieron trauma con luxaciones dentales y que posteriormente, recibieron tratamiento ortodóntico con aparatología fija. Las piezas con trauma menor no sufrieron mayor RR en comparación a las piezas dentales que no presentan trauma. Aquellos pacientes que presentaban RR previo al tratamiento de ortodoncia presentaron RR severa durante el tratamiento (Malmgren et al., 1982). Otros estudios han demostrado que pacientes con historia previa de RR no son más susceptibles a presentar RR moderada o severa (Brin et al., 2003; Levander, Malmgren, & Eliasson, 1994; Mandall et al., 2006).
 7. **Tratamiento endodóntico.** No existe un consenso actual si la presencia del tratamiento endodóntico disminuye o no la posibilidad de presentar RR. Estudios clínicos que usan radiografías convencionales demuestran que las piezas con endodoncia presentaban menor riesgo de sufrir RR (Mirabella & Artun, 1995; Spurrier, Hall, Joondeph, Shapiro, & Riedel, 1990). Otros estudios no encuentran diferencias (Esteves, Ramos, Pereira, & Hidalgo, 2007; Llamas-Carreras et al., 2012). Recientemente, se realiza un estudio con tomografías de 30 pacientes para valorar si los dientes posteriores con endodoncia eran más susceptibles a presentar RR que las piezas contralaterales sin endodoncias. El estudio no señala, mayor susceptibilidad en las piezas posteriores con endodoncia a presentar RR (Castro, Valladares-Neto, & Estrela, 2015).
 8. **Edad y Género.** Los tejidos involucrados en el proceso de reabsorción radicular sufren cambios con el tiempo. Sin embargo, los estudios no han demostrado mayor susceptibilidad en los adultos a padecer RR en particular en incisivos superiores (Levander & Malmgren, 1988; Mirabella & Artun, 1995; Sameshima & Sinclair, 2001a). El estudio de Sameshima et al. Reporta mayor incidencia de RR en los incisivos inferiores en la población adulta (Sameshima & Sinclair, 2001a). No existe consenso actualmente, si el género del paciente está relacionado a una mayor susceptibilidad de padecer RR.

CONCLUSIONES

La RR severa es una secuela poco común del tratamiento de ortodoncia que afecta únicamente entre un 3 y 4 % de los pacientes. Se ha establecido que 3 milímetros de pérdida apical de la raíz equivale a la pérdida de soporte de 1 mm de la cresta alveolar. La RR debe ser substancial para provocar movilidad dental a largo plazo. La pérdida moderada o severa de la estructura radicular no implica necesariamente, un mal pronóstico. Existen reportes de caso en la literatura donde se observa la permanencia de dichas piezas dentales por periodos de hasta 20 años (Kokich, 2008; Remington, Joondeph, Artun, Riedel, & Chappko, 1989). Las piezas dentales con RR moderada a severa no serían aptas como pilares y tienen un peor pronóstico en caso de presentarse enfermedad periodontal.

Es un hecho demostrado que la RR cesa una vez que se retira la aparatología ortodóntica. Las raíces no siguen acortándose, pero, se observa cierta remodelación y redondeado de los ápices radiculares cuando se retira la aparatología. No se encuentran estudios que evalúan la respuesta a tratamientos ortodónticos en pacientes con historia previa de RR inducida por ortodoncia. Solo se halla reportes de caso en donde la RR no aumenta significativamente, (Kokich, 2008). Tampoco hay estudios donde se demuestra, la pérdida de vitalidad de los dientes a causa de la RR, sin embargo, especial cuidado debe existir siempre que haya historia de trauma dental.

Consecuentemente, ¿Puede prevenirse la RR? Son varios los factores que pueden alertar sobre una mayor posibilidad de presentar RR como producto del tratamiento de ortodoncia, sin embargo, no se ha demostrado todavía una causalidad clara. Existe una relación entre RR y factores genéticos y por consiguiente con predisposición familiar. La historia familiar de RR debe estar incluida en la anamnesis y especial cuidado con los pacientes cuyos familiares experimentan RR en el transcurso del tratamiento de ortodoncia. Pareciera existir suficiente evidencia para respaldar el hecho que a mayor desplazamiento radicular mayor probabilidad de RR. Las siguientes variables están relacionadas con mayores movimientos del ápice radicular: la presencia de extracciones dentales, corrección de sobremordidas horizontales excesivas con desplazamiento del ápice hacia la cortical palatina y tratamientos prolongados. Los tratamientos ortodónticos en adultos son más extensos y la capacidad de los tejidos para repararse es menor, por lo tanto es, un grupo etario con mayor posibilidad de presentar RR. Se debe tener especial cuidado con piezas dentales con anatomías radiculares anormales. La cantidad de fuerza aplicada pareciera no tener relación con un mayor grado de RR. Se concluye, basado en la evidencia científica disponible, que el tipo de aparatología (autoligado versus. convencional, alineadores termoplásticos versus. ortodoncia fija y brackets con ranura 0.022 versus. 0.018 pulgadas) no tiene ninguna inherencia con respecto a la severidad o prevalencia de RR.

Todo paciente debe ser informado que la RR es una consecuencia negativa común en el tratamiento de ortodoncia aunque la RR severa es poco común (menos del 5 %). Como recomendación general, es necesario, tomar radiografías periapicales de control, seis meses después,

de iniciado el tratamiento de ortodoncia, en particular en incisivos superiores o incisivos con anomalías en su anatomía radicular. El estudio de Artun et al. analiza de manera prospectiva 267 pacientes sometidos a tratamiento de ortodoncia con aparatología fija. Toman radiografías de los incisivos superiores a los seis meses, 12 meses y al final del tratamiento. Se valora la relación de la RR con múltiples variables anatómicas y oclusales. La variable, más importante, asociada a la RR es la presencia de RR en las etapas iniciales de tratamiento. Si en las etapas iniciales de tratamiento se encuentra RR se recomienda programar periodos de inactividad de cuatro a seis meses.

Si se presenta RR severa los objetivos del tratamiento deben replantearse y en ocasiones tomar la decisión de terminar el tratamiento o llegar a un compromiso en el resultado final del mismo. Puede ser necesaria la inclusión de tratamientos quirúrgicos o protésicos que antes no se habían contemplado. Es recomendable, tomar radiografías finales antes de enviar al paciente de regreso a su odontólogo general y dar las recomendaciones del caso si se presenta RR severa. La RR cesa una vez que termina el tratamiento de ortodoncia y en muy pocas ocasiones compromete la longevidad del diente. Se ha demostrado la permanencia de piezas con RR moderada y severa hasta 20 años después, de finalizado el tratamiento de ortodoncia (Becker & Chaushu, 2005; Levander & Malmgren, 2000; Remington et al., 1989). No existen estudios que hayan evaluado la conveniencia de ferulizar dientes con RR severa. Es probable que la presencia de hábitos parafuncionales (en especial bruxismo protrusivo), movilidad dental o necesidades restaurativas en dichas piezas sean justificantes para la ferulización semirrígida con el uso de alambres trenzados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acar, A., Canyurek, U., Kocaaga, M., & Erverdi, N. (1999). Continuous vs. discontinuous force application and root resorption. *Angle Orthod*, 69(2), 159-163; discussion 163-154. doi: 10.1043/0003-3219 (1999)
- Al-Qawasmi, R. A., Hartsfield, J. K., Jr., Everett, E. T., Flury, L., Liu, L., Foroud, T. M., . . . Roberts, W. E. (2003). Genetic predisposition to external apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 123(3), 242-252. doi: 10.1067/mod.2003.42
- Alatli, I., & Hammarstrom, L. (1996). Root surface defects in rat molar induced by 1-hydroxyethylidene-1,1-bisphosphonate. *Acta Odontol Scand*, 54(1), 59-65.
- Alatli, I., Hellsing, E., & Hammarstrom, L. (1996). Orthodontically induced root resorption in rat molars after 1-hydroxyethylidene-1,1-bisphosphonate injection. *Acta Odontol Scand*, 54(2), 102-108.
- Artun, J., Van 't Hullenaar, R., Doppel, D., & Kuijpers-Jagtman, A. M. (2009). Identification of orthodontic patients at risk of severe apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 135(4), 448-455. doi: 10.1016.2007.06.012

- Ashcraft, M. B., Southard, K. A., & Tolley, E. A. (1992). The effect of corticosteroid-induced osteoporosis on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 102(4), 310-319. doi: 10.1016/0889-5406(92)70046-D
- Barbagallo, L. J., Jones, A. S., Petocz, P., & Darendeliler, M. A. (2008). Physical properties of root cementum: Part 10. Comparison of the effects of invisible removable thermoplastic appliances with light and heavy orthodontic forces on premolar cementum. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 133(2), 218-227. doi: 10.1016/j.ajodo.2006.01.043
- Becker, A., & Chaushu, S. (2005). Long-term follow-up of severely resorbed maxillary incisors after resolution of an etiologically associated impacted canine. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 127(6), 650-654; quiz 754. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.03.031
- Blake, M., Woodside, D. G., & Pharoah, M. J. (1995). A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with the edgewise and Speed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 108(1), 76-84.
- Brin, I., Tulloch, J. F., Koroluk, L., & Philips, C. (2003). External apical root resorption in Class II malocclusion: a retrospective review of 1- versus 2-phase treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124(2), 151-156. doi: 10.1016/S0889540603001665
- Castro, I., Valladares-Neto, J., & Estrela, C. (2015). Contribution of cone beam computed tomography to the detection of apical root resorption after orthodontic treatment in root-filled and vital teeth. *Angle Orthod*, 85(5), 771-776. doi: 10.2319/042814-308.1
- Chan, E., & Darendeliler, M. A. (2005). Physical properties of root cementum: Part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 127(2), 186-195. doi: 10.1016/j.ajodo.2003.11.026
- Chan, E., & Darendeliler, M. A. (2006). Physical properties of root cementum: part 7. Extent of root resorption under areas of compression and tension. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 129(4), 504-510. doi: 10.1016/j.ajodo.2004.12.018
- Chan, E. K., & Darendeliler, M. A. (2004). Exploring the third dimension in root resorption. *Orthod Craniofac Res*, 7(2), 64-70.
- Dermaut, L. R., & De Munck, A. (1986). Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive tooth movement: a radiographic study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 90(4), 321-326.
- Esteves, T., Ramos, A. L., Pereira, C. M., & Hidalgo, M. M. (2007). Orthodontic root resorption of endodontically treated teeth. *J Endod*, 33(2), 119-122. doi: 10.1016/j.joen.2006.09.007
- Fontana, M. L., de Souza, C. M., Bernardino, J. F., Hoette, F., Hoette, M. L., Thum, L., . . . Trevilatto, P. C. (2012). Association analysis of clinical aspects and vitamin D receptor gene polymorphism with external apical root resorption in orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 142(3), 339-347. doi: 10.1016/j.ajodo.2012.04.013
- Ghafari, J. G. (1997). Emerging paradigms in orthodontics--an essay. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 111(5), 573-580.
- Han, G., Huang, S., Von den Hoff, J. W., Zeng, X., & Kuijpers-Jagtman, A. M. (2005). Root resorption after orthodontic intrusion and extrusion: an intraindividual study. *Angle Orthod*, 75(6), 912-918. doi: 10.1043/0003-3219(2005)75[912:RRA OIA]2.0.CO;2
- Harris, E. F., Kineret, S. E., & Tolley, E. A. (1997). A heritable component for external apical root resorption in patients treated orthodontically. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 111(3), 301-309.
- Harry, M. R., & Sims, M. R. (1982). Root resorption in bicuspid intrusion. A scanning electron microscope study. *Angle Orthod*, 52(3), 235-258. doi: 10.1043/0003-3219(1982)052<0235:RRIBI >2.0.CO;2
- Horiuchi, A., Hotokezaka, H., & Kobayashi, K. (1998). Correlation between cortical plate proximity and apical root resorption. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 114(3), 311-318.
- Kokich, V. G. (2008). Orthodontic and nonorthodontic root resorption: their impact on clinical dental practice. *J Dent Educ*, 72(8), 895-902.
- Levander, E., & Malmgren, O. (1988). Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod*, 10(1), 30-38.
- Levander, E., & Malmgren, O. (2000). Long-term follow-up of maxillary incisors with severe apical root resorption. *Eur J Orthod*, 22(1), 85-92.
- 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(3), 223-228.
- Linge, B. O., & Linge, L. (1983). Apical root resorption in upper anterior teeth. *Eur J Orthod*, 5(3), 173-183.
- Linge, L., & Linge, B. O. (1991). Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 99(1), 35-43.
- Llamas-Carreras, J. M., Amarilla, A., Espinar-Escalona, E., Castellanos-Cosano, L., Martín-González, J., Sánchez-Domínguez, B., & López-Frias, F.

- J. (2012). External apical root resorption in maxillary root-filled incisors after orthodontic treatment: a split-mouth design study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*, 17(3), e523-527.
- Lupi, J. E., Handelman, C. S., & Sadowsky, C. (1996). Prevalence and severity of apical root resorption and alveolar bone loss in orthodontically treated adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 109(1), 28-37.
- 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), 487-491.
- Mandall, N., Lowe, C., Worthington, H., Sandler, J., Derwent, S., Abdi-Oskouei, M., & Ward, S. (2006). Which orthodontic archwire sequence? A randomized clinical trial. *Eur J Orthod*, 28(6), 561-566. doi: 10.1093/ejo/cjl030
- Mavragani, M., Boe, O. E., Wisth, P. J., & Selvig, K. A. (2002). Changes in root length during orthodontic treatment: advantages for immature teeth. *Eur J Orthod*, 24(1), 91-97.
- Mirabella, A. D., & Artun, J. (1995). Risk factors for apical root resorption of maxillary anterior teeth in adult orthodontic patients. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 108(1), 48-55.
- Nigul, K., & Jagomagi, T. (2006). Factors related to apical root resorption of maxillary incisors in orthodontic patients. *Stomatologija*, 8(3), 76-79.
- Owman-Moll, P. (1995). Orthodontic tooth movement and root resorption with special reference to force magnitude and duration. A clinical and histological investigation in adolescents. *Swed Dent J Suppl*, 105, 1-45.
- Pandis, N., Nasika, M., Polychronopoulou, A., & Eliades, T. (2008). External apical root resorption in patients treated with conventional and self-ligating brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134(5), 646-651. doi: 10.1016/j.ajorthod.2007.01.032
- Poumpros, E., Loberg, E., & Engstrom, C. (1994). Thyroid function and root resorption. *Angle Orthod*, 64(5), 389-393; discussion 394. doi: 10.1043/0003-3219(1994)064<0389:TFARR>2.0.CO;2
- Remington, D. N., Joondeph, D. R., Artun, J., Riedel, R. A., & Chapko, M. K. (1989). Long-term evaluation of root resorption occurring during orthodontic treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 96(1), 43-46.
- Reukers, E., Sanderink, G., Kuijpers-Jagtman, A. M., & van't Hof, M. (1998). Assessment of apical root resorption using digital reconstruction. *Dentomaxillofac Radiol*, 27(1), 25-29. doi: 10.1038/sj.dmf.4600313
- Sameshima, G. T., & Sinclair, P. M. (2001a). Predicting and preventing root resorption: Part I. Diagnostic factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 119(5), 505-510. doi: 10.1067/mod.2001.113409
- Sameshima, G. T., & Sinclair, P. M. (2001d). Predicting and preventing root resorption: Part II. Treatment factors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 119(5), 511-515. doi: 10.1067/mod.2001.113410
- Sameshima, G. T., & Sinclair, P. M. (2004). Characteristics of patients with severe root resorption. *Orthod Craniofac Res*, 7(2), 108-114.
- Scott, P., DiBiase, A. T., Sherriff, M., & Cobourne, M. T. (2008). Alignment efficiency of Damon3 self-ligating and conventional orthodontic bracket systems: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 134(4), 470 e471-478. doi: 10.1016/j.ajorthod.2008.04.018
- Sharpe, W., Reed, B., Subtelny, J. D., & Polson, A. (1987). Orthodontic relapse, apical root resorption, and crestal alveolar bone levels. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 91(3), 252-258.
- Spurrier, S. W., Hall, S. H., Joondeph, D. R., Shapiro, P. A., & Riedel, R. A. (1990). A comparison of apical root resorption during orthodontic treatment in endodontically treated and vital teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 97(2), 130-134. doi: 10.1016/0889-5406(90)70086-R
- Stenvik, A., & Mjor, I. A. (1970). Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion. A histologic study of the initial changes. *Am J Orthod*, 57(4), 370-385.
- VonderAhe, G. (1973). Postretention status of maxillary incisors with root-end resorption. *Angle Orthod*, 43(3), 247-255. doi: 10.1043/0003-3219(1973)043<0247:PSOMIW>2.0.CO;2

CALIDADES:

Mariano García-Figueroa

Master of Science. Especialista en Ortodoncia, Facultad de Odontología, Universidad de Costa Rica.

Correo electrónico: mariano.garcia@ucr.ac.cr