

Fuerzas de ortodoncia y reabsorciones radiculares: una revisión

FRANK WEILAND



F. Weiland

RESUMEN

La incidencia de la reabsorción radicular externa durante el movimiento ortodóncico de los dientes es inevitable. Esto se debe al hecho de que ambos, el remodelado óseo y la reabsorción radicular, están basados en un proceso inflamatorio estéril, iniciado por la aplicación de fuerza. Además de los factores individuales (típicos de cada paciente) que tienen relación en la cantidad de reabsorción, el tipo y la magnitud de las fuerzas ortodóncicas desempeñan un papel más importante. En experimentos hechos en humanos y animales se pudo mostrar como la fuerza continua, que es producida por materiales con características pseudoelásticas, parece producir más reabsorción que cuando hay fuerzas discontinuas. Investigaciones recientes muestran que la magnitud de la fuerza ortodóncica de hasta 200 cN como un factor único, probablemente no sea un factor decisivo para la reabsorción de la raíz.

Palabras clave: Fuerzas de ortodoncia. Reabsorción radicular.

Orthodontic forces and root resorption: a review

F. Weiland

ABSTRACT

The occurrence of external root resorption during orthodontic tooth movement is unavoidable. This is due to the fact that both bone remodelling and root resorption are based upon a sterile inflammatory process, initiated by force application. In addition to individual factors (typical for the patient) that have a bearing on the amount of resorption, type and magnitude of orthodontic forces play a major role. In animal and human experiments it could be shown that continuous forces, as produced by materials with pseudo-elastic characteristics, seem to produce more resorptions than discontinuous forces. Recent research shows that the magnitude of the orthodontic force up to 200 cN as a single factor is probably not decisive for root resorption (Rev Esp Ortod. 2010;40:69-74).

Corresponding author: Frank Weiland, frank@weiland.at

Key words: Orthodontic force. Root resorption.

Correspondencia:
Frank Weiland
Untere Schmiedgasse, 16
A-8530 Deutschlandsberg, Austria
E-mail: frank@weiland.at

Profesor asociado a tiempo parcial.
Dept. of Orthodontics, Vienna Dental School, Austria.
Práctica de ortodoncia exclusiva.

INTRODUCCIÓN

La incidencia de la reabsorción apical externa ha sido asociada a diferentes factores: trauma dental, infección bacteriana, presión generada por dientes ectópicos, carga oclusal excesiva, incremento en la movilidad dental debido a la pérdida del hueso periodontal¹⁻⁷. Sin embargo, la causa más común en las sociedades occidentales es el movimiento ortodóncico de los dientes⁸. Como consecuencia, la reabsorción de la raíz apical externa puede presentar serias condiciones iatrogénicas, y puede ser un iniciador de un litigio por mala práctica dental.

En la mayoría de los pacientes, la cantidad de reducción de la raíz en el tratamiento ortodóncico es mínima. Hollender, et al. encontraron menos de 2 mm de pérdida apical en 80% de sus pacientes¹⁰. La cantidad correspondiente de pérdida de inserción es de 7,5%¹¹. Las consecuencias clínicas son mínimas y la integridad del sistema estomatognático no es influenciado negativamente.

Graves reabsorciones no son muy frecuentes. Linge y Linge encontraron una pérdida de longitud de la raíz que excedía 4 mm en 2,3% de los dientes¹². En 1% de las reabsorciones dentales se observó que excedían la mitad de la longitud de la raíz¹³. Por el contrario, se estimó que el 5% de los pacientes tratados con aparatos fijos experimentarían más de 5 mm de acortamiento de la raíz¹⁴.

Varios factores tienen relevancia con la cantidad de actividad de reabsorción. Por una parte, éstos son factores individuales de cada paciente. Son los llamados «factores biológicos». Entre ellos están: la predisposición genética, la inervación, reabsorciones existentes, trauma, actividad inflamatoria local o generalizada, agenesia de dientes, desviación de la corona o forma de la raíz (véase Weiland¹⁵ y Brezniak y Wasserstein^{16,17} para una revisión de literatura más extensa). Aparte de una inflamación periapical o periodontal, estos factores no están bajo el control del ortodoncista. Por otro lado, «los factores de tratamiento» pueden ser controlados por el ortodoncista. Entre otros existen: dirección y cantidad del movimiento dentario y la duración del tratamiento. Una variable muy importante es el tipo y la magnitud de la fuerza de la ortodoncia. El objetivo de este artículo es revisar la influencia de la fuerza ortodóncica en el desarrollo de la reabsorción radicular externa.

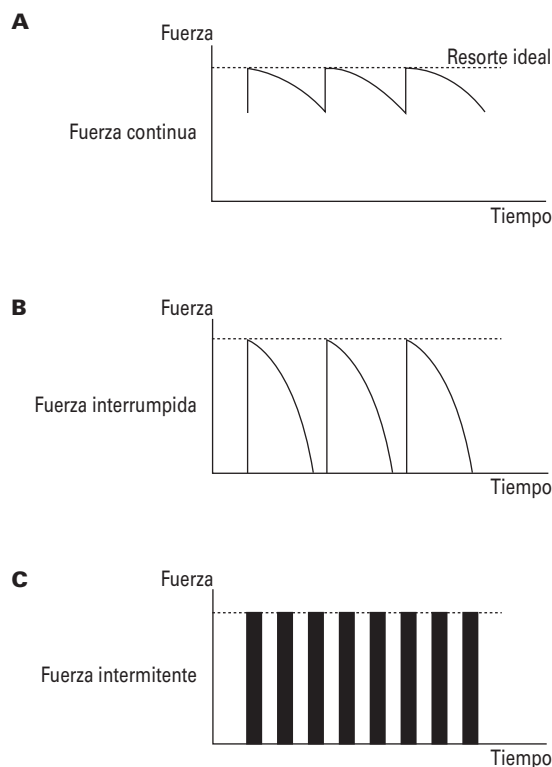


Figura 1. Características de las fuerzas típicas usadas en ortodoncia según Reitan¹⁶. **A:** fuerza continua es una fuerza que, a pesar de ir disminuyendo, esta no llega a cero entre las reactivaciones. La fuerza ideal para los alambres debería de ser constante en el tiempo, independientemente de la cantidad de movimiento dental producido. **B:** fuerzas interrumpidas disminuyen a cero entre las reactivaciones. **C:** fuerzas intermitentes son típicas para aparatos de tracción extraoral: la fuerza disminuye si el aparato es removido.

TIPOS DE FUERZAS

Reitan describió tres fuerzas típicas usadas en ortodoncia (Fig. 1)¹⁸. Según su definición, una fuerza continua es una fuerza que, a pesar de ir disminuyendo, no llega a cero entre las reactivaciones. Si la fuerza disminuye a cero entre las reactivaciones, esto es llamado una fuerza interrumpida. Una fuerza intermitente muestra un principio *on-off*, como cuando se usan aparatos de tracción extraoral, elásticos o aparatos removibles. En el momento de la publicación, una fuerza real continua era solamente una entidad teórica. Sin embargo, con la introducción de los arcos superelásticos, la aplicación de fuerzas constantes y continuas, independiente del

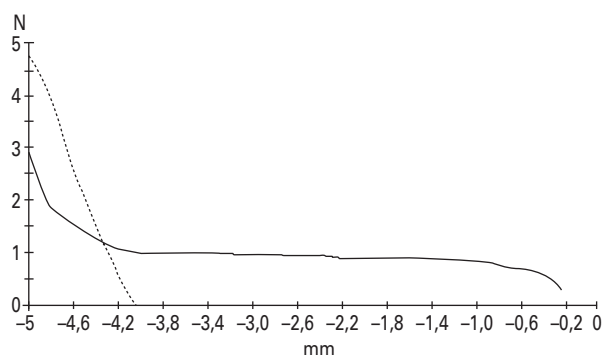


Figura 2. Diagramas de carga-deflexión de dos arcos típicamente utilizados en tratamientos con aparatología fija. Línea discontinua: alambre de acero inoxidable de 0.016"; Línea continua: alambre Sentalloy azul de 0.016"; Distancia interbracket: 5 mm. Las curvas muestran los promedios de 10 mediciones hechas con una unidad de medición de fuerzas controlada por ordenador.

tiempo y del movimiento dentario, se convirtió en realidad¹⁹.

Arcos de acero inoxidable y de níquel-titanio con propiedades superelásticas están entre los alambres más usados en tratamientos de ortodoncia fija^{20,21}. La ventaja de los alambres de acero inoxidable (71% Fe, 18% Cr, 8% Ni) son: su bajo costo, muy buena conformabilidad, bajos en fricción superficial, y en algunas etapas del tratamiento, su rigidez²¹. A pesar de todo, durante la alineación y nivelación, la rigidez puede ser desventajosa. Debido a la característica de los materiales, la energía acumulada es relativamente baja. Como consecuencia de esto, los alambres de acero inoxidable desarrollan fuerzas altas pero que disminuyen muy rápidamente. Clínicamente, reactivaciones o cambios frecuentes de los arcos, son necesarios.

Entre las ventajas del uso de arcos de níquel-titanio con propiedades superelásticas (52% Ni, 45% Ti, 3% Co) en la práctica diaria están: cambios menos frecuente de los arcos, movimiento más rápido del diente, control tridimensional más temprano en el tratamiento con alambres rectangulares, reducción en el tiempo de sillón, intervalos más largos entre visitas, una duración más corta del tratamiento^{22,23}. La fuerza característica de dos alambres típicos (Sentalloy azul; 0.016" y acero inoxidable 0.016") son mostradas en la figura 2. Durante la desactivación, el alambre de acero inoxidable muestra una fuerza alta de inicio que es rápidamente decreciente, mientras

que el Sentalloy azul tiene verdaderas propiedades súper-elásticas: una fuerza más baja de aproximadamente 1 N que es constante desde 4 a 0,25 mm de deflexión. La hipótesis de Reitan de un resorte ideal es una realidad.

Sin embargo la pregunta que nos hacemos es, si el «costo» de la comodidad clínica resultará en más efectos secundarios no deseados como la reabsorción radicular.

Tipos de fuerzas y reabsorción radicular

En estudios de animales hechos en perros Beagle, encontramos que la reabsorción de raíz era altamente relacionada con el régimen de fuerza^{24,25}. Las fuerzas constantes causan, considerablemente, más reabsorción en la raíz, que las fuerzas intermitentes. Esto fue confirmado en varios estudios hechos en humanos. Acar, et al. movieron experimentalmente 22 primeros molares, antes de extraerlos, mediante elásticos²⁶. Éstos fueron utilizados 24 h/día con una fuerza constante y 12 h/día con fuerzas discontinuas. El periodo experimental duró 9 semanas, y después los dientes fueron extraídos. Las raíces fueron analizadas electromicrográficamente. Y encontraron que la reabsorción de raíz ocurre mucho menos usando la fuerza discontinua.

En una gran muestra de adolescentes donde participaron 27 pacientes (10-14 años) los resultados fueron verificados²⁷. Ochenta y cuatro premolares que estaban programados para ser extraídos, fueron movidos bucalmente. Un premolar fue cargado usando un alambre de acero inoxidable de 0.016" con un doblez de *offset* de 1 mm, y en el contralateral se usó un alambre superelástico con las mismas dimensiones (Sentalloy azul). Después de 4 semanas el alambre de acero inoxidable fue reactivado realizando un doblez de 1 mm de *offset* bucal, y mientras el alambre superelástico, que fue originalmente reactivado por 4,5 mm, no fue tocado durante el periodo experimental de 12 semanas; después los dientes experimentales fueron extraídos y vertidos en una solución inorgánica de hipoclorito de sodio.

Se realizaron imágenes tridimensionales de las zonas de reabsorción (lagunas) utilizando un microscopio escáner de láser confocal. Los movimientos de los dientes fueron medidos antes y después sobre modelos de yeso.

Todas las raíces de los dientes experimentales mostraron áreas de reabsorción. Un *software* de

análisis de imágenes fue utilizado para medir en tres dimensiones las zonas de reabsorción (lagunas). También se encontró que el perímetro y el área de la reabsorción era 2,5 veces mayor cuando se utilizaban alambres superelásticos que actuaban constantemente, comparado con los alambres de acero inoxidable que actuaban intermitentemente. La profundidad de las lagunas era similar en ambos grupos. Los movimientos de los dientes eran mayores cuando se usaban alambres superelásticos. Sin embargo, análisis estadísticos mostraron que estos movimientos sólo contaban con una diferencia del 12% en el daño causado por la reabsorción. Por ello, la mayor parte de la actividad de reabsorción estaba relacionada con los distintos regímenes de fuerzas.

En un estudio reciente de ocho pacientes que utilizaban férula con un *set-up* experimental, los primeros premolares fueron movidos bucalmente con una fuerza inicial de 225 cN²⁸. Después de 14 días, a un lado se le aplicó una fuerza intermitente: 3 días de periodo de reposo seguido de 4 días de aplicación de fuerza; en el lado contralateral se utilizó una fuerza continua de la misma magnitud. Después de 8 semanas, los dientes fueron extraídos y las raíces fueron analizadas con un sistema de escaneo de tomografía computarizada que permitía medir volumétricamente. Los autores encontraron que la aplicación de la fuerza intermitente llevaba a una menor reabsorción radicular que las fuerzas continuas. Se concluyó que el uso de fuerzas intermitentes era más seguro que el uso de fuerza constante; así confirmamos los hallazgos previos. Sin embargo, en la práctica clínica, estos regímenes de fuerzas (3 días de descanso, 4 días de aplicación) parece ser una alternativa no viable.

En casos críticos, un descanso más largo de la aplicación de fuerza debería ser considerado. Levanter, et al. mostraron que una pausa de 2-3 meses en el tratamiento después de los primeros 6 meses de tratamiento activo reduce numerosamente el número de pacientes que experimentaban reabsorción radicular grave²⁹. Los resultados de este estudio fueron prometedores, y justifica realizar nuevas investigaciones usando un mayor grupo de individuos.

La magnitud de la fuerza

Niveles de fuerza más baja han sido sugeridos como un método para minimizar el acortamiento de la raíz³⁰. Recientemente, esto fue confirmado en un

estudio en 16 pacientes³¹. Durante un tiempo experimental de 28 días, 36 premolares fueron movidos en dirección bucal con una fuerza baja (25 cN) o una fuerza alta (225 cN). Después de esto, los dientes fueron extraídos. Asimismo, la cantidad de la reabsorción radicular fue medida tridimensionalmente en pares de estereomágenes microscopía electrónica de barrido (SEM). El grupo de fuerza alta tenía un volumen de reabsorción 3,31 veces mayor que el grupo de fuerza baja. Los autores concluyeron que las zonas de presiones más altas eran más susceptibles a la reabsorción de fuerza ligera después de los 28 días.

Por otro lado, algunas evidencias muestran que no necesariamente al usar fuerzas altas incrementa la gravedad de la reabsorción de la raíz^{32,33}. Estos resultados fueron basados en evaluaciones histológicas de premolares que fueron experimentalmente movidos hacia bucal durante 7 semanas. Los efectos de duplicar (en 32 adolescentes) o cuadruplicar (en 8 adolescentes) la fuerza sobre la cantidad de reabsorción radicular fueron medidos inter e intraindividualmente, respectivamente. Los resultados no mostraron importancia estadística en el aumento de la reabsorción radicular en relación con el incremento en la fuerza aplicada. Sin embargo, la variación individual fue alta, y aquellos individuos en los grupos en que se aplicaba mayor fuerza mostraron considerables daños en la raíz.

En un estudio experimental con animales en perros adultos jóvenes Beagle, Maltha, et al. mostraron que la reabsorción en la raíz se incrementaba con la duración de la aplicación de la fuerza. El efecto de la magnitud de la fuerza (se utilizaron fuerzas ortodóncicas controladas de 10, 25, 50, 100 y 200 cN) en la reabsorción de la raíz no fue estadísticamente significativo. En otro experimento con animales del mismo grupo de autores, concluyeron que la zona de tejido hialinizado no mostró ninguna relación con el nivel de la fuerza³⁴. Tanto la presencia como la eliminación de tejidos hialinizados están relacionadas con el desarrollo de las lagunas de reabsorción³⁵. Esto explicaría por qué el nivel de fuerza aplicada no parece ser decisiva para la reabsorción radicular. Fuerzas más pesadas que exceden 200 cN no han sido estudiadas tan profundamente. Sin embargo, en uno de los estudios que involucraba intrusión premolar en monos, las fuerzas intrusivas de 10-300 cN fueron evaluadas³⁶. Más reabsorción de la raíz fue encontrada después de aplicar fuerzas de 300 cN. Por

esta razón, Brezniak y Wasserstein recomendaron no sobrecargar los dientes con fuerzas muy altas, porque esto puede conducir a grandes áreas de daños en el ligamento periodontal y, consecuentemente con esto, a una reabsorción más extensa³⁷.

La influencia de la magnitud de la fuerza en la cantidad de la reabsorción radicular sigue inconclusa. Esto puede ser por el hecho de que no está claro qué magnitud de fuerza es ideal: Ren, et al., en 2003, publicaron una revisión sistemática de literatura sobre la magnitud de la fuerza óptima en ortodoncia³⁸. Más de 400 artículos fueron revisados, la mayoría de los cuales eran sobre experimentos en animales. Debido a la variabilidad de los diseños de los experimentos (duración, tipo y magnitud de las fuerzas, la dirección del movimiento de los dientes, y la diversidad de especies de animales), los autores no pudieron llegar a una conclusión sobre el nivel de fuerza óptima en la ortodoncia.

DISCUSIÓN

Durante más de 70 años la aplicación de la fuerza óptima en la ortodoncia clínica es un punto de discusión. Schwarz indicó que una interrupción de la aplicación de la fuerza debería ser prevenida, ya que esto puede llevar a un aumento en la reabsorción de la reabsorción radicular³⁹. Por otro lado, Oppenheim recomendó el uso de una fuerza intermitente⁴⁰. Reitan postuló que la fuerza ideal para los alambres debería ser constante en el tiempo, independientemente de la cantidad de movimiento dental producido¹⁸. Los materiales superelásticos dieron a la ortodoncia clínica este tipo de fuerza. Clínicamente, el uso de estos materiales se traduce en menos tiempo de sillón. Sin embargo, en experimentos de animales fue demostrado que la actividad de reabsorción en la superficie de la raíz está relacionada con la duración de la fuerza aplicada y con la incidencia de necrosis local en el ligamento periodontal⁴¹. En los experimentos hechos en perros^{24,25} y humanos^{27,28} la fuerza continua llevó a una reabsorción más grave de la raíz que la fuerza no continua.

Unos cuantos estudios en animales³⁴ y humanos^{32,33} concluyeron que la magnitud de la fuerza aplicada como un factor único sea probablemente no decisiva para la reabsorción radicular.

La combinación de la magnitud de la fuerza y la duración de la aplicación, sin embargo, parece ser un factor clave. Las fuerzas que son suficientemente

fuertes para llevar a una necrosis del ligamento periodontal y duran lo suficientemente para prevenir a la raíz de una recuperación de algún daño ocasionado a la superficie, parece ser muy peligroso y no puede ser recomendado. Sin embargo, de la literatura existente no se pueden sacar conclusiones basadas en la evidencia sobre qué nivel de la fuerza es el que se pueda recomendar para una eficiencia óptima en la ortodoncia clínica.

BIBLIOGRAFÍA

1. Baden E. Environmental pathology of the teeth. In: Gorlin GJ, Goodman HM, eds. Thoma's oral pathology. 6th ed. St. Louis: CV Mosby Company; 1970. p. 184-238.
2. Feiglin B. Root resorption. Aust Dent J. 1986;31:12-22.
3. Goultschin J, Nitzan D, Azaz B. Root resorption. Oral Surg Oral Med Oral Pathol. 1982;54:586-90.
4. Herd JR. Apical tooth root resorption. Aust Dent J. 1971;16:269-74.
5. Hylander WL. The adaptive significance of Eskimo craniofacial morphology. In: Dahlberg AA, Graber TM, eds. Orofacial growth and development. The Hague: Mouton Publishers; 1977. p. 129-69.
6. Stuteville OH. Injuries caused by orthodontic forces and the ultimate result of these injuries. Am J Orthod. 1938;24:103.
7. Wehrbein H, Harhoff R, Diedrich P. Wurzelresorptionsrate bei orthodontisch bewegten, parodontal geschädigten und gesunden Zähnen. Dtsch Zahnärztl Z. 1990;45:176-8.
8. Harris EF, Robinson QC, Woods MA. An exploratory analysis of causes of apical root resorption in patients not treated orthodontically. Quintessence Int. 1993;24:417-28.
9. Vlaskalic V, Boyd RL, Baumrind S. Etiology and sequelae of root resorption. Sem Orthod. 1998;4:124-31.
10. Hollender L, Rönnerman A, Thilander B. Root resorption, marginal bone support and clinical crown length in orthodontically treated patients. Eur J Orthod. 1980;2:197-205.
11. Kalkwarf KL, Krejci KF, Pao YC. Effect of apical root resorption on periodontal support. J Prost Dent. 1986;56:317-9.
12. Linge L, Linge BO. Patient characteristics and treatment variables associated with apical root resorption during orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1991;99:35-43.
13. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of the upper incisors. Eur J Orthod. 1988; 10:30-8.
14. Taithongchai R, Sookkorn K, Killiany DM. Facial and dentoalveolar structure and the prediction of apical root shortening. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1996;110:296-302.
15. Weiland F. Wurzelresorptionen und Kieferorthopädie: prätherapeutische Warnzeichen. Inf Orthod Kieferorthop. 1999;31:225-33.
16. Brezniak N, Wasserstein A. Root resorption after orthodontic treatment. Part 2. Literature review. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1993;103:138-46.
17. Brezniak N, Wasserstein N. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part II: the clinical aspects. Angle Orthod. 2002;72:180-4.
18. Reitan K. Evaluation of orthodontic forces as related to histologic and mechanical factors. Schweiz Monatschr Zahnheilk. 1970;80:579-96.
19. Miura F, Mogi M, Ohura Y, Hamanaka H. The super-elastic property of the Japanese NiTi alloy wire for use in orthodontics. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1986;90:1-10.
20. Gottlieb EL. JCO Study of orthodontic diagnosis and treatment procedures. Part 2. Breakdown of selected variables. J Clin Orthod. 1991;25:223-30.
21. Kapila S, Sachdeva R. Mechanical properties and clinical applications of orthodontic wires. Am J Orthod Dentofac Orthop. 1989;96:100-9.
22. Andreasen GF, Morrow RE. Laboratory and clinical analyses of nitinol wire. Am J Orthod. 1978;73:142-51.
23. Viazis AD. Bioefficient therapy. J Clin Orthod. 1995;29:552-68.
24. Van Leeuwen EJ, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Tooth movement with light continuous and discontinuous forces in beagle dogs. Eur J Oral Sci. 1999;107:468-74.
25. Maltha JC, Van Leeuwen EJ, Dijkman GE, Kuijpers-Jagtman AM. Incidence and severity of root resorption in orthodontically moved premolars in dogs. Orthod Craniofac Res. 2004;7:115-21.
26. Acar A, Canyurek U, Kocaaga M, Erverdi N. Continuous vs. discontinuous force application and root resorption. Angle Orthod. 1999;69:159-63.
27. Weiland F. Constant versus dissipating forces in orthodontics – The effect on initial tooth movement and root resorption. Eur J Orthod. 2003;25:335-42.

28. Ballard DJ, Jones AS, Petocz P, Darendeliler MA. Physical properties of root cementum: Part 11. Continuous vs. intermittent controlled orthodontic forces on root resorption. A microcomputed-tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009;136:8.e1-8.e8.
29. Levander E, Malmgren O, Eliasson S. Evaluation of root resorption in relation to two orthodontic treatment regimes. A clinical experimental study. *Eur J Orthod.* 1994;16:223-8.
30. Reitan K. Biomechanical principles and reactions. In: Graber TM, Swain BF, eds. *Orthodontics: current principles and techniques.* St. Louis: CV Mosby Company; 1985. p. 101-92.
31. Chan E, Darendeliler AM. Physical properties of root cementum: Part 5. Volumetric analysis of root resorption craters after application of light and heavy orthodontic forces. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2005;127:186-95.
32. Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. Effects of a doubled orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions. *Eur J Orthod.* 1996;18:141-50.
33. Owman-Moll P, Kurol J, Lundgren D. The effect of a fourfold increased orthodontic force magnitude on tooth movement and root resorptions. An intra-individual study in adolescents. *Eur J Orthod.* 1996;18:287-94.
34. Von Bohl M, Maltha J, Von den Hoff H, Kuijpers-Jagtman AM. Changes in the periodontal ligament after experimental tooth movement using high and low continuous forces in beagle dogs. *Angle Orthod.* 2004;74:16-25.
35. Brudvik P, Rygh P. Root resorption beneath the main hyalinized zone. *Eur J Orthod.* 1994;16:249-63.
36. Dellinger EL. A histologic and cephalometric investigation of premolar intrusion in the *Macaca speciosa* monkey. *Am J Orthod.* 1967;53:325-55.
37. Breznjak N, Wasserstein A. Orthodontically induced inflammatory root resorption. Part I: The basic science aspects. *Angle Orthod.* 2002;72:175-9.
38. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod.* 2003;73:86-92.
39. Schwarz AM. Tissue changes incidental to tooth movement. *Int J Orthod.* 1932;18:331-52.
40. Oppenheim A. Verbürgt die Verwendung kontinuierlich wirkender Kraft den optimalsten biologischen und klinischen Erfolg? *Z Stomatol.* 1933;31:723-35.
41. Rygh P, Brudvik P. Root resorption and new wire qualities. *Eur J Orthod.* 1993;15:343[abstract].