

ARTÍCULO ORIGINAL

Cambios histológicos del ligamento periodontal y hueso alveolar frente a fuerzas ortodónticas ligeras (estudio piloto)

Luciano Soldevilla Galarza^{1*}; Luis H. Gálvez Galla^{2*}

1 Departamento Académico de Estomatología Pediátrica
2 Instituto de Investigación Estomatológica, Departamento Académico de Ciencias Básicas
* Facultad de Odontología, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú
E-mail: lucianosol@yahoo.com

Histological changes of the periodontal ligament and alveolar bone in front to light orthodontic forces (pilot study)

Resumen

El hueso maxilar al igual que el ligamento periodontal experimentan cambios constantes cuando se emplean fuerzas leves, sin embargo, son persistentes durante los tratamientos ortodónticos. El diente es tratado como cuerpo deformable que se separa del ligamento periodontal y del hueso^{1,3,4}. La formación y resorción ósea ocurren de manera continua, pero existe un equilibrio fisiológico entre ambos. En condiciones normales, el hueso sufre constante resorción y en otras se conserva el estado regular de ese momento. El estado fisiológico del hueso depende de la edad y sus funciones. Está claro que la velocidad de resorción y aposición de hueso dependerá de la respuesta establecida por la función; sin embargo, durante el movimiento dentario a través del hueso por fuerzas ortodónticas, el espesor del ligamento permanece en un valor constante.

Abstract

The maxillary bone the same as the periodontal ligament experiences constant changes when light forces are used, however, they are persistent during the orthodontic treatments. The tooth is treated as body deformable that separates the periodontal ligament and of the bone^{1,3,4}. The formation and bony resorption happen in a continuous way, but a physiologic balance exists between both. Under normal conditions, the bone suffers constant resorption and in other the regular state of that moment is conserved. The physiologic state of the bone depends on the age and its functions. It is clear that the speed of resorption and bone apposition will depend on the answer settled down by the function; however, during the movement dentario through the bone for orthodontic forces, the thickness of the ligament remains in a constant value.

Palabras clave: fuerzas ortodónticas ligeras, tensión, presión, histología dentoalveolar

Key words: light orthodontic forces, tension, pressure, dentoalveolar histology

Introducción

Reacciones tisulares frente a las fuerzas ortodónticas

Los dientes se encuentran unidos al proceso alveolar a través de la articulación alveolo dentaria, que constituye el periodonto de inserción; representado por el cemento, ligamento periodontal y hueso alveolar¹

Las fuerzas leves y persistentes aplicadas durante la terapéutica ortodóntica generan cambios biológicos en los tejidos dentoalveolares y consecuentemente el movimiento ortodóntico correspondiente. Los tejidos involucrados, tales como:

El ligamento periodontal; de 0,5 mm. que ocupa el espacio comprendido

entre la pared del alveolo y el cemento dentario, esta constituido por fibras colágenas insertadas de un lado en el cemento radicular y del otro en el hueso alveolar, entremezcladas con vasos sanguíneos, elementos celulares, terminaciones nerviosas y líquido intersticial; que en su conjunto forman un eficaz sistema amortiguador y disipador de fuerzas fisiológicas aplicadas en un breve intervalo de tiempo durante las funciones oclusales, siendo su función principal la de fijar, a través de sus fibras colágenas, al hueso alveolar.

La proliferación de elementos celulares está presente durante los estímulos funcionales para modificar la posición espacial del diente¹ El tipo de colágeno expresado es de tipo XII, relacionado con el desarrollo, orga-

nización y la alineación de las fibras periodontales del ligamento. Además, el colágeno de tipo VI ha sido inmunolocalizado en el ligamento periodontal y gingiva, y parece estar ligado a estructuras microfibrilares pequeñas de colágeno y elastina². La matriz extracelular proporciona funciones importantes a los tejidos blandos conectivos del periodonto manteniendo la integridad y la regulación estructural de las funciones celulares².

Los vasos sanguíneos son los responsables de la nutrición del ligamento periodontal, sirven de vía de acceso de las células responsables de la remodelación del hueso cortical y ligamentos¹.

La resorción y aposición del hueso alveolar puede suceder de modo si-

multáneo. La fosfatasa alcalina es un biomarcador indicativo de formación ósea, se observa aumentado durante las primeras 3 semanas del tratamiento ortodóntico; mientras que la fosfatasa ácida se encuentra entre la 3ra y la 6ta semana subsiguientes al tratamiento, por lo que se le reconoce como marcador importante de la actividad del osteoclasto y de la resorción del hueso².

Es probable que el cemento Radicular al no estar vascularizado sea escasamente modificado por los estímulos masticatorios o por cargas de presión y tensión, y por lo tanto no este involucrado en los mecanismos reactivos provenientes del tratamiento ortodóntico; siendo el ligamento periodontal y hueso alveolar los principales elementos de evaluación^{1,3}.

El periodonto de inserción cumple un rol importante en la estabilización del diente durante los esfuerzos funcionales; cuando estas fuerzas son aplicadas sobre el elemento dentario, este se disloca en el interior del espacio alveolar, produciéndose el estiramiento de algunas fibras periodontales y la compresión de otras, simultáneamente el líquido que llena los espacios entre las fibras también es comprimido contra las paredes óseas. La falta de drenaje de los fluidos dificulta el movimiento dentario, ejerciendo una resistencia hidráulica al movimiento. Las fibras periodontales y el líquido intersticial actúan en conjunto, contraponiéndose a las cargas aplicadas sobre el diente, haciendo que vuelva a su posición original. Este proceso ocurrirá siempre y cuando el periodo de fuerza sea de corta duración.

Respuesta ortodóntica ideal

El hueso alveolar debido a su plasticidad se adapta a las fuerzas funcionales que actúan sobre él, depositando hueso en áreas sometidas a fuerzas de tracción y reabsorbiendo tejido óseo las áreas donde hay presión. El movimiento ortodóntico solo es posible por este mecanismo⁴.

En las primeras fracciones de segundo, la fuerza ortodóntica intenta dislocar la raíz dentaria contra el alvéolo, siendo impedidas por las fibras periodontales y el efecto hidráulico del líquido intersticial, transfiriéndose la carga al hueso alveolar, creando el llamado efecto piezoeléctrico; que consiste en un flujo de electro-

nes que se dislocan de la malla cristalina de un hueso en remodelación. Algunos autores suponen que este efecto tiene influencia en los procesos de movimiento dentario porque los campos eléctricos alteran la permeabilidad de la membrana celular^{1,4}.

Después de las 24 horas del uso de la fuerza ortodóntica, los primeros segundos hasta el segundo día, fase inicial del movimiento ortodóntico, comienzan las reacciones celulares³ el líquido intersticial drena a los tejidos vecinos, debido a la porosidad del hueso alveolar, dejando de ejercer la mencionada presión hidráulica que evita la dislocación radicular. De esta forma la raíz se aproxima mas todavía a la pared del alvéolo distendiendo los ligamentos periodontales del lado en que se aplicó la fuerza y comprimiendo aquellos del lado opuesto^{1,4}. El sistema vascular que ocupa el 50 % del espacio periodontal es comprimido lo que dificulta la circulación sanguínea provocando un proceso isquémico, tanto de lado de tensión como del lado de compresión^{5,4}. La respuesta del tejido es similar a un proceso inflamatorio, la histamina liberada por los mastocitos de la región agredida tiene acción inmediata sobre los vasos sanguíneos produciendo vasodilatación, abriendo espacios entre las células endoteliales que forman sus paredes lo que provoca un aumento de la permeabilidad. Esta primera reacción local recibe el nombre de *respuesta inmediata*.

Algunas proteínas que se encuentran normalmente presentes en la circulación sanguínea son liberadas al interior de los tejidos periodontales para producir cininas (principalmente bradicidina) en reemplazo de la histamina para mantener el proceso inflamatorio² La agresión a las membranas celulares induce la formación de prostaglandinas, cuya acción junto con las cininas será preservar la vasodilatación y el aumento de la permeabilidad vascular. El incremento de la irrigación sanguínea posibilita el aumento de la actividad metabólica celular lo que será de gran importancia para los procesos remodeladores siguientes, denominada *respuesta tardía*, que ocurre luego de 2 a 4 horas después de la aplicación de la fuerza ortodóntica, permaneciendo activa mientras dure el estímulo. La vasodilatación propicia la salida de monocitos, de cuya fusión resultan las células multinuclea-

das conocidas como osteoclastos, responsables de la reabsorción de la cortical alveolar adyacente a la compresión de ligamentos. En el lado opuesto donde hay distensión de los ligamentos se estimulan las células mesenquimales indiferenciadas, transformándose en osteoblastos y fibroblastos.

Estudios experimentales *in vitro* han demostrado que los fibroblastos aplanados sintetizan más ADN que la célula redondeadas que son más catabólicas. De manera que las células aplanadas propias de áreas de tensión inducen mecanismos de síntesis; mientras que las células redondeadas en áreas de presión propician degradación de la matriz extracelular². Clínicamente este periodo se caracteriza por dolor moderado en los dientes sometidos a carga, pero sin que estos se movilicen.

Otros estudios *in vivo* que evalúan la compresión y tensión en el ligamento periodontal, han indicado que la actividad metabólica es similar en los lados de presión y de tensión de los dientes sometidos a una fuerza ortodóntica^{2,4}.

Después del segundo día de la aplicación de fuerzas, las modificaciones locales permiten que los osteoclastos y osteoblastos inicien los procesos de remodelación ósea, con aposición en el lado de tensión de las fibras periodontales y reabsorción en el lado de compresión de los mismos. Lentamente el alvéolo se disloca en el sentido de la aplicación de la fuerza con el consecuente movimiento ortodóntico^{1,4}.

Factores que intervienen en la respuesta ortodóntica

Por ser el movimiento ortodóntico un proceso complejo que involucra a diferentes tejidos, como: hueso alveolar, fibras colágenas del ligamento periodontal y vasos sanguíneos, la respuesta del diente a la fuerza ortodóntica estará supeditada a diversos factores:

Magnitud de fuerzas:

Fuerzas inocuas, son aquellas fuerzas de pequeña magnitud que son incapaces de iniciar el efecto electroquímico responsable del movimiento ortodóntico.

Fuerzas leves, son pequeñas fuerzas con que se inicia el movimiento dentario hasta alcanzar una *fuerza óptima*,

con el cual se produce el movimiento ortodóntico más eficaz^{1,4}, sin molestias para el paciente y sin daño tisular; pérdida o resorción radicular. Generalmente, se cree que el uso de un sistema óptimo de fuerzas es importante para una respuesta biológica adecuada en el sistema periodontal^{3, 4}.

Cuando aplicamos una fuerza óptima sobre los ligamentos periodontales, la compresión y la distensión de sus fibras preservará su vitalidad en toda su extensión e iniciará una respuesta celular de aposición y resorción ósea de intensidad máxima. Esta fuerza óptima provocará resorción de las paredes alveolares o resorción frontal y será la fuerza ortodóntica más fisiológica.

Si aumentamos la carga sobre el diente observaremos que en algunas áreas del ligamento periodontal habrá mayor concentración de tensiones con una presión excesiva en sus tejidos. En estas regiones, en general, en el lado de compresión del ligamento, la circulación sanguínea se volverá lenta o casi nula, ocasionando la degeneración o necrosis aseptica de las fibras periodontales (*fenómeno de hialinización*)^{5,6}. Las áreas hialinizadas retrasan el movimiento dentario e incluso dificultan la inmovilización del diente, ya que un tejido conjuntivo saludable es indispensable para la remodelación ósea. Cuanto más áreas hialinizadas existan más lento será el movimiento ortodóntico; por lo tanto, cuanto más intensa es la fuerza menos será la velocidad de migración dentaria¹.

Las áreas de hialinización son fagocitadas por las células gigantes a cuerpo extraño, macrófagos y neutrófilos, solo así es posible reanudar el movimiento del diente. Luego de la limpieza histica, fase indispensable de todo proceso reparativo, se produce una resorción laminar por los osteoclastos comenzando la fase de la aceleración y dislocación ortodóntica apropiada. En ausencia de áreas necróticas, el fibroblasto y el cementoblasto son las encargadas de iniciar el proceso de remodelación del hueso en el lado de tensión, elevando el índice del movimiento dentario^{3,6}

En estudios experimentales^{3,5} se han observado una acumulo de osteoclastos presentes en la vecindad de la área de hialinización, en algunos casos los osteoclastos estaban implicados en resorción directa del hueso

Cuadro 1

	FUERZAS LEVES	FUERZAS PESADAS
Tipo de resorción	Frontal (en la pared del alveolo)	Manante o a distancia
Aleraciones tisulares	Predominantemente fisiológicas	Predominantemente patológicas
Tipo de movimiento dentario	Continuo	Intermitente
Reflejo en las suturas óseas	Pequeño	Grande, puede provocar movimiento ortopático
Sensación dolorosa	presente en los primeros 2 o 3 días	Grande (si las fuerzas son continuas o prolongadas)

pero más a menudo en resorciones radiculares. En los lados de tensión ocurre aposición ósea, cubierta principalmente de las células osteoblásticas. Algunos casos registran una delgada capa de material osteoide depositada en las fibras de Sharpey^{3,5}. El colágeno presente en tejidos conectivos mineralizados es de tipo I, que cumple un rol importante en el depósito cristalino del fosfato de calcio²

Pilon et al⁵ en sus estudios experimentales estandarizados en perros, utilizaron fuerzas de 50, 100, o 200 N para mover a los segundos premolares inferiores, que generan presiones localizadas de 10, 20, o 40 kPa, que representan presiones bajas, moderadas, o altas, respectivamente. El desarrollo de áreas hialinizadas podía desempeñar un papel importante en estas variaciones^{5,6}. Estudios recientes sugieren que el desarrollo y la limpieza del tejido blando necrótico es un proceso continuo durante la dislocación del diente y no un solo acontecimiento⁵.

Las Fuerzas pesadas, son aquellas que producen grandes áreas de hialinización en la zona de compresión del ligamento periodontal, que dificulta la resorción frontal de la lamina dura del alveolo, manteniéndose inmóvil el diente por un largo período de tiempo. Los cortes histológicos muestran necrosis aseptica del tejido periodontal en la zona de compresión de los ligamentos asociado a oclusión vascular, falta de suministro sanguíneo y anoxia de las células conjuntivas. La presión excesiva en la superficie cortical del alveolo disipada hacia el interior del hueso basal, cuyo gradiente de fuerza es capaz de producir estímulos químicos y eléctricos responsables de la resorción ósea respectiva, denominada resorción ósea a distancia o *resorción manante*.

Cuando las fuerzas pesadas se mantienen por unos días, la reabsorción ósea crece progresivamente hasta comprometer la cortical alveolar y dislocar el diente, y en consecuencia se produce otro movimiento^{1, 4}.

Las células son los protagonistas principales de la remodelación de los tejidos blandos y duros y la reacción a los cambios tensionales de las fuerzas aplicadas^{3, 4}. Cuadro 1.

Material y métodos

Se utilizó un grupo de 4 conejos de la misma camada, cuyas edades eran de aproximadamente 12 meses. Los animales nacieron y crecieron hasta el momento de iniciarse el proceso de investigación, en el bioterio de la Facultad de Medicina Veterinaria de la UNMSM. Se alimentaron de un concentrado comercial (conejina) y de alfalfa.

Los conejos fueron sometidos a una fuerza ortodóntica con anclajes recíprocos en los dos incisivos centrales inferiores, aplicados con el propósito de lograr la separación de estos dientes. Para tal efecto, se colocaron dos bandas de acero inoxidable con brackets soldados (ranura 0.022") en los incisivos centrales inferiores, con un alambre 0.017" X 0.025" SS y un resorte NiTi comprimido que ejerció una fuerza de 1.5 onzas (medida con onzímeter), sujetados con módulos elastoméricos.

Los especímenes fueron sacrificados después de 0, 7, 14 y 21 días respectivamente. Se prepararon las muestras para su observación en cortes histológicos teñidos con hematoxilina eosina.

Resultados

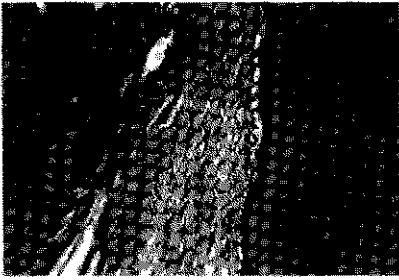


Fig. 1 A los 7 días se observa proliferación de células en la zona de tensión



Fig. 2: A los 7 días observamos pérdida de células en la zona de compresión y hacia la izquierda la zona de tensión con células.

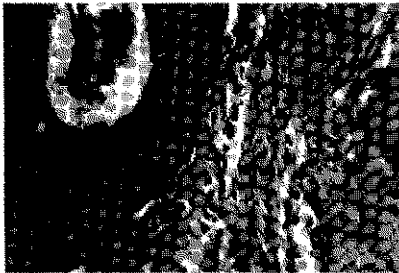


Fig. 3: A los 7 días se observa células mesenquimales que se transformarán en fibroblastos y osteoblastos



Fig. 4: Se observan fibras de Sharpey, que son haces de colágeno en la zona de tensión.

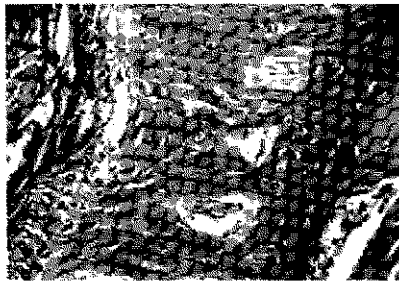


Fig.5: Proliferación en la zona de tensión, formación ósea

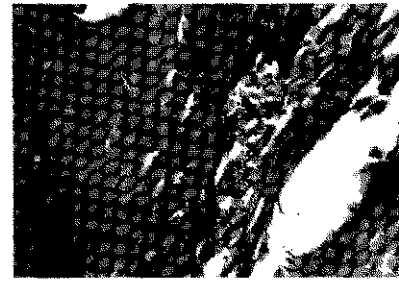


Fig.6: A los 14 días se observan en la parte central escotaduras de reabsorción conocidas como Lagunas de Howship que son zonas de reabsorción ósea, en esta fotografía no se ven los osteoclastos por que deben encontrarse en un plano mucho mas profundo.

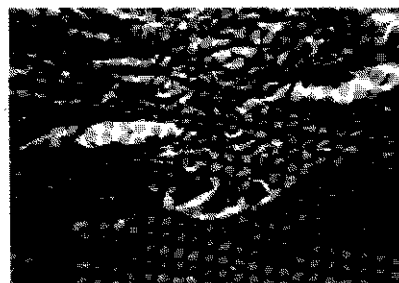


Fig.7: A los 14 días se observa en la zona de compresión osteoclastos y vasodilatación



Fig. 8: Se observa en el centro del LPD la zona de Hialinización presentándose hueso amorfo sin células

Discusión

A fines del siglo XIX, cada vez fue mayor el número de investigaciones en animales^{7,8}, sobretodo referido a movimientos ortodónticos en ratas, utilizando fuerzas relativamente altas^{9,10}; no obstante que las ratas como modelo experimental tiene serias desventajas.

Los roedores tienen erupción continua en sus incisivos y migración mesial fisiológica en sus molares. La erupción continua de los incisivos puede afectar la dirección de la fuerza aplicada debido a que estos se utilizan a menudo como la unidad de anclaje en estos experimentos. Utilizando el perro beagle como modelo se podría superar estos problemas⁵.

Los resultados obtenidos en este estudio piloto son comparables con los resultados obtenidos en otras investigaciones, sobre todo, relativos a los cambios histológicos del hueso alveolar y del ligamento periodontal; aunque diferentes en grado, debido al uso de diversos aparatos ortodónticos y a las diversas magnitudes, tipos y duración de fuerzas¹¹.

Conclusiones

- En términos generales, en el lado de compresión del ligamento periodontal, se observan áreas degenerativas o de necrosis aséptica que comprometen elementos fibrilares, con nula o escasa vascularización. (áreas de hialinización). Aseverando que,

cuanto mayor es el área de hialinización mas lento será el movimiento ortodóntico; y cuanto mas intensa es la fuerza menor será la velocidad de migración dentaria.

- La presencia de vasodilatación y neutrófilos en áreas compresivas del ligamento periodontal, sugieren adecuada reacción inflamatoria con síntesis de prostaglandinas y cininas que propicia cambios en la actividad metabólica, importante en los procesos remodeladores
- En el lado de tensión del ligamento periodontal, las células mesenquimales se transforman en osteoblastos y fibroblastos formadores respectivamente en tejido óseo y fibras de colágeno.
- El cemento y la dentina radicular también se remodelan durante la aplicación de fuerzas ortodónticas leves y continuas.

Referencias

1. Vellini Ferreira, Flavio. Ortodoncia Diagnóstico y Planificación Clínica. editorial Artes Medicas latinoamericanas. 1º edición. Sao Paulo - Brasil. 2002; 361 - 374.
2. R. J. Waddington and G. Embery. Proteoglycans and Orthodontic Tooth Movement *Journal of Orthodontics* 2001; 28 (4): 281-290.
3. Martina Von Böhl, DDS; Jaap Maltha, PhD; Hans Von den Hoff, PhD; Anne Marie Kuijpers-Jagtman, DDS, PhD, FDSRCSEng.

Changes in the Periodontal Ligament After Experimental Tooth Movement Using High and Low Continuous Forces in Beagle Dogs. *The Angle Orthodontist*. 2004; 74 (1): 16-25.

4. Ten Cate. *Histologia Oral* 2º ed Madrid Ed Panamericana. 1986;345 - 250.
5. Pilon JJGM, Kuijpers-Jagtman AM, Maltha JC. Magnitude of orthodontic forces and rate of bodily tooth movement: an experimental study in beagle dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996;110:16-23.
6. Quinn R, Yoshikawa D. A reassessment of force magnitude in orthodontics. *Am J Orthod*. 1985;88:252-260.
7. Lee BW. Relationship between tooth-movement rate and estimated pressure applied. *J Dent Res*. 1964; 44:1053
8. Hixon EH, Atiksan H, Callow GE, McDonald HW. Optimal force, differential force, and anchorage. *Am J Orthod*. 1969; 55:437-57.
9. Katona TR, Paydar NH, Akay HU, Roberts WE. Stress analysis of bone modeling response to rat molar orthodontics. *J Biomech*. 1995; 28:27-38.
10. Row KL, Johnson RB. Distribution of 3H-proline within transseptal fibers of the rat following release of orthodontic forces. *Am J Anat*. 1990;189:179-188.
11. Ren Y, Maltha JC, Kuijpers-Jagtman AM. Optimum force magnitude for orthodontic tooth movement: a systematic literature review. *Angle Orthod*. 2003; 73:86-92.