

Recibido: 4 de diciembre del 2010 Aprobado: 29 de enero del 2011

## REACCIONES DEL TEJIDO PULPAR A MOVIMIENTOS ORTODÓNCICOS ESPECÍFICOS: UNA REVISIÓN DE LITERATURA

### PULP TISSUE REACTIONS TO SPECIFIC ORTHODONTIC MOVEMENTS: A LITERATURE REVIEW

Paula Quintero Builes,<sup>1</sup> Eliana Yepes Chamorro,<sup>2</sup> Jaime Rendón<sup>3</sup>

#### R E S U M E N

El movimiento dental durante el tratamiento ortodóncico puede generar una respuesta inflamatoria o degenerativa en el tejido pulpar. Cuando este tejido es expuesto a carga mecánica con diferente magnitud, frecuencia, y duración, expresa cambios macroscópicos y microscópicos por inducción de alteraciones circulatorias y vasculares. Sin embargo, en la mayoría de los casos el tejido pulpar tiende a recuperarse manteniendo su estructura y función. Por ello se ha sugerido que la injuria producida a la pulpa por las fuerzas ortodóncicas es permanente, y que el tejido pulpar eventualmente podría perder su vitalidad, a pesar de pocos estudios que niegan esta correlación. Esta inconsistencia en la literatura probablemente es el resultado de interpretaciones no válidas. De acuerdo con lo anterior, el objetivo de esta revisión de literatura realizada en la Universidad Cooperativa de Colombia en el 2010 fue entender cómo la patología pulpar puede ocurrir en respuesta a movimientos dentales ortodóncicos inducidos terapéuticamente y saber si dichos efectos son transitorios o permanentes.

**Palabras clave:** fuerza extrusiva ortodóncica, fuerza intrusiva ortodóncica, histología pulpar, tasa de respiración pulpar, tejido pulpar humano.

#### A B S T R A C T

A dental movement during an orthodontic treatment may generate an inflammatory or degenerative response on pulp tissue. As this tissue exposed to a mechanical load under different magnitude, frequency and length, it expresses both macroscopic and microscopic changes by induction of circulatory and vascular changes. However, most cases the pulp tissue has a tendency to recover itself keeping its structure and function. It has therefore been suggested that injury upon pulp produced by orthodontic forces is permanent, and the pulp tissue may eventually lose its vitality, although few researches refuse this correlation. This inconsistency in the literature is probably a result of invalid interpretations. To that extent the purpose of this literature review carried out at Universidad Cooperativa de Colombia in 2010 is to understand how the pulp disease may occur in response to therapeutically orthodontic tooth movements and whether these effects are temporary or permanent.

**Keywords:** extrusive/intrusive orthodontic forces, pulp histology, pulp respiration rate, human pulp tissue.

Cómo citar este artículo: Quintero Builes Paula, Yepes Chamorro Eliana, Rendón Jaime. Reacciones del tejido pulpar a movimientos ortodóncicos específicos. Revista Nacional de Odontología. 2011; 7(13): 54-60.

<sup>1</sup> Odontóloga de la Universidad de Antioquia. Residente de segundo año de la especialización en Clínica Ortodoncia, de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Envigado. Correo electrónico: paula.quintero@campusucc.edu.co.

<sup>2</sup> Odontóloga de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Envigado. Residente de segundo año de la Especialización en Clínica Ortodoncia de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Envigado. Correo electrónico: eliana.yepes@campusucc.edu.co.

<sup>3</sup> Endodoncista del ces. Candidato a Magíster en Microbiología y Bioanálisis de la Universidad de Antioquia. Docente de pregrado y posgrado de la Universidad Cooperativa de Colombia, sede Envigado, Facultad de Odontología, y de la Universidad de Antioquia. Correo electrónico: jaime.rendon@campusucc.edu.co

## Introducción

La respuesta del tejido pulpar al tratamiento ortodónico ha sido un tema de particular interés en años recientes.<sup>1</sup> Sin embargo, no hay un consenso en la literatura respecto a las consecuencias del movimiento ortodónico sobre el tejido pulpar. Varios grupos de investigación han descrito afecciones que van desde el estasis vascular circulatorio hasta la necrosis del tejido pulpar.<sup>1</sup> Otros autores han reportado un incremento significativo en los vasos sanguíneos pulpares funcionales y en los factores de crecimiento angiogénicos.<sup>2</sup>

La pulpa dental se encuentra encerrada en un medio rígido y su supervivencia depende de los vasos sanguíneos que acceden al interior del diente a través del foramen apical. Como consecuencia de un inusual ambiente, cambios en el flujo sanguíneo pulpar o en la presión del tejido vascular, pueden tener varias implicaciones para la salud de la pulpa dental.<sup>3</sup>

Entender los efectos de las fuerzas ortodónicas sobre el tejido pulpar es de particular importancia, especialmente debido a que las alteraciones en la tasa de respiración, la obliteración pulpar por formación de dentina secundaria, la reabsorción radicular interna y la necrosis pulpar, son efectos que han sido asociados con el tratamiento ortodónico.<sup>4</sup>

Numerosos estudios han demostrado que la aplicación de fuerzas ortodónicas pueden llevar a reacciones pulpares significativas, como hiperemia, diapedesis, marginación de células blancas, estasis, formación de vacuolas en la capa odontoblástica, formación quística y hemorragias.<sup>5,6</sup>

Algunos investigadores muestran que los principales cambios pulpares a la aplicación de fuerzas intrusivas incluyen vacuolización del tejido pulpar, disturbios en la circulación, congestión y hemorragias.<sup>7</sup> Adicional a éste, Konno *et al.* mostraron que los cambios histológicos durante la intrusión de molares con un anclaje esquelético en perros son reversibles.<sup>8</sup> En 1996, Brodin *et al.* concluyeron que la intrusión ortodónica de incisivos laterales humanos con 2N de fuerza ocasionó una reducción temporal en el flujo sanguíneo pulpar, mientras que la extrusión no tuvo efectos sobre el flujo sanguíneo pulpar.<sup>9</sup>

Por ello, esta revisión tiene como propósito describir los cambios pulpares inducidos durante los movimientos

ortodónicos, en relación con la magnitud y dirección de la fuerza aplicada, determinando si dichos cambios serán transitorios o no en el tejido pulpar.

## Cambios generales en el tejido pulpar como respuesta al movimiento ortodónico

El daño permanente de los tejidos pulpares durante los movimientos ortodónicos ha sido controversial.<sup>2</sup> Labart<sup>10</sup> reporta que se presenta un incremento en la tasa de respiración pulpar durante los movimientos.<sup>10</sup> Hamersky y Unsterseher, por el contrario, reportan una disminución en dicha tasa de respiración pulpar.<sup>11</sup> Mostafa (1991) reportan dilatación y congestión de vasos sanguíneos. Nixon (1993), Derringer y Linden (1996) reportan incremento en vasos funcionales (angiogénesis),<sup>12</sup> y Derringer (2004) identificó factores de crecimiento angiogénicos específicos en el tejido pulpar en respuesta a la aplicación de fuerzas ortodónicas.<sup>2</sup>

Clínicamente los cambios que se presentan son sensaciones alteradas a los estímulos, de manera que los movimientos ortodónicos tienen impacto directo sobre el metabolismo del tejido pulpar, especialmente sobre los odontoblastos en el caso de dientes totalmente formados y sobre la vaina epitelial radicular de Hertwing, en el caso de dientes en formación.<sup>13</sup> Los cambios pulpares y sus consecuencias parecen ser proporcionalmente más severos con grandes fuerzas ortodónicas.<sup>1</sup>

Oppenheim reportó algunos signos de degeneración pulpar severa en humanos usando aparatología de expansión labiolingual. Estos resultados se centraron en la falta de circulación colateral al tejido pulpar durante el movimiento dental, siendo éste el principal factor etiológico para la degeneración pulpar. Por tanto, recomienda el uso de fuerzas intermitentes para reducir el daño al tejido y proporcionar tiempo para la posible reparación.<sup>14</sup>

Tschamer<sup>15</sup> notó que algunos de los odontoblastos se degeneran mientras que otras células pulpares se atrofian cuando se activa la aparatología en pacientes en adolescencia tardía; estudios previos y recientes que evalúan la respuesta pulpar al movimiento dental soportan estos resultados (Skillen y Reitan,<sup>16</sup> Oppenheim,<sup>14</sup> Aisenberg (1948),<sup>17</sup> Stenvik y Mjör (1970),<sup>7</sup> Guevara *et al.*<sup>18</sup>)

Taintor y Shalla encontraron que, bajo condiciones normales, la tasa de respiración de las células pulpares

corresponde al grado de actividad dentinogénica; por tanto, cuanto mayor sea la actividad, mayor es la tasa de respiración del tejido.<sup>19</sup>

Hamersky *et al.*, usando métodos de radioespirometría, demostraron un promedio de depresión en la respiración pulpar del 27,4% cuando el diente estaba bajo movimiento ortodónico, lo cual fue significativo; además de esto, cuando la edad incrementa, la cantidad relativa de depresión en la tasa de respiración pulpar también incrementa, lo cual indica una relación entre el efecto biológico de una fuerza ortodónica y la madurez del diente: a mayor actividad dentinogénica y mayor tamaño del foramen apical, más efectos perjudiciales hacia el tejido pulpar.<sup>20, 21</sup>

Cambios angiogénicos relacionados con el movimiento ortodónico también han sido reportados. La angiogénesis es la formación de nuevas estructuras capilares que llevan, en última instancia, a la organización de grandes estructuras por un proceso de neovascularización.<sup>22, 23</sup> Kvinnsland *et al.*,<sup>24</sup> usando microesferas fluorescentes, notaron un incremento sustancial en el flujo sanguíneo en el tejido pulpar en molares de ratas. El incremento en la aplicación de la fuerza resultó en un incremento en el flujo sanguíneo.<sup>24</sup> McDonald y Pittford, empleando flujometría con láser doppler, evaluaron el flujo sanguíneo pulpar de caninos maxilares permanentes antes, durante y después de la aplicación de 50 g/f. En sus resultados reportan que durante el movimiento dental hay una fase de hiperemia reactiva pulpar, en la cual la perfusión de los tejidos mejora gracias a la neovascularización; el flujo sanguíneo retorna a la normalidad a las 72 horas, y este periodo ha sido considerado insignificante con respecto al daño a largo plazo para el tejido pulpar.<sup>25, 26</sup>

Derringer *et al.*,<sup>12</sup> en sus resultados, reportan no sólo la presencia significativa de angiogénesis en la pulpa, sino también factores de crecimiento necesarios para su desarrollo. Entre los factores de crecimiento se encuentran el factor de crecimiento derivado de plaquetas (PDGF), el factor de crecimiento epidermal (EGF) y el factor de crecimiento transformante beta (TGF- $\beta$ ).<sup>27</sup>

El EGF se ha encontrado en el tejido pulpar promoviendo angiogénesis; además se ha observado en el fluido crevicular de dientes con ortodoncia y se encuentra disminuido en ligamento periodontal en

áreas de cicatrización.<sup>28</sup> La liberación de EGF, seguida de aplicación de fuerzas ortodónicas, es importante en la respuesta angiogénica pulpar.<sup>28</sup>

La respuesta neural que involucra la liberación de neurotransmisores específicos también ha sido valorada durante el movimiento dental ortodónico. Los estudios buscan descubrir los verdaderos eventos metabólicos involucrados en la transmisión de la información nociceptiva. Es así como ante la aplicación de movimientos experimentales, las fibras nociceptoras reaccionan con la liberación de neuropéptidos, entre los que se encuentra el péptido relacionado con el gen de la calcitonina (CGRP),<sup>29</sup> la sustancia P,<sup>30</sup> la neurokinina A y el péptido intestinal vasoactivo.<sup>31, 32</sup> Una vez que éstos se liberan pueden actuar como vasodilatadores o vasoconstrictores neurogénicos, de manera que es posible establecer su gran importancia en la regulación del flujo sanguíneo de la pulpa y el tejido periodontal.<sup>32</sup> Sin embargo, de acuerdo con Bunner y Johnson, las alteraciones en los axones intrapulpares son mínimas y no progresivas cuando se realizan movimientos dentales conservadores con fuerzas ligeras.<sup>33</sup>

Una vez descritos los cambios que pueden darse en general en el tejido pulpar frente a un movimiento dental ortodónico, puede concluirse que cambios degenerativos dependen de la magnitud de la fuerza, sabiendo que fuerzas leves producen cambios reversibles sobre el tejido pulpar y que además permiten un adecuado periodo de reparación. Respecto a la edad, dientes con formación radicular completa son más susceptibles a cambios irreversibles pulpares, lo cual está directamente relacionado con el tamaño del foramen apical, el cual en pacientes jóvenes es de mayor tamaño permitiendo una mejor nutrición vascular y una mejor respuesta ante las injurias.

En ápices abiertos, la posibilidad de entrada de grandes vasos y el incremento en la cantidad de tejido conectivo ayudan a minimizar la depresión en el fluido sanguíneo durante la aplicación de fuerzas ortodónicas.<sup>33</sup> La aplicación de fuerzas ortodónicas puede producir diferentes reacciones a nivel vascular, celular y nervioso, como ya se mencionó, las cuales, en condiciones normales, no deben presentar efectos más allá de una leve inflamación del tejido pulpar.

## Reacciones pulpaes frente a movimientos ortodóncicos específicos

Es importante saber que acorde con la magnitud de la fuerza aplicada sobre el diente, será la respuesta del tejido pulpar, siendo estas reacciones pulpaes representadas desde una pulpitis reversible hasta una necrosis pulpar.

A continuación se describen las reacciones del tejido pulpar a movimientos ortodóncicos específicos como la intrusión y la extrusión, que buscan identificar qué tipo de movimiento está más asociado con el incremento del riesgo de daño al tejido pulpar.

## Cambios pulpaes frente a movimientos ortodóncicos intrusivos

De todos los posibles vectores de fuerza que se pueden aplicar durante un tratamiento ortodóncico, el movimiento intrusivo es el que genera mayor impacto sobre la región apical del diente, debido a que éste puede generar el movimiento del ápice dental hacia la base del hueso alveolar y producir la compresión de los vasos sanguíneos que penetran por el foramen apical, llegando a ocasionar la desvitalización de los diferentes elementos celulares del tejido pulpar.<sup>4</sup>

Algunos investigadores han demostrado que los cambios pulpaes principales, seguidos de la aplicación de fuerzas intrusivas, incluyen: vacuolización del tejido pulpar, disturbios circulatorios, congestión de vasos sanguíneos, hemorragias, fibrosis y hialinización.<sup>34, 35</sup>

El estudio realizado por Stenvik y Mjör,<sup>7</sup> en el cual la aplicación de fuerzas intrusivas se encontraba en un rango de 35 a 250 g por 4 a 35 días, demostró que a nivel histológico se produce una separación de los odontoblastos de las paredes dentinales, siendo esto mucho más severo en dientes con ápice completamente formado; esto sugiere que en estos dientes se desarrolla una gran alteración a nivel circulatorio por este tipo de movimiento al momento de exceder el límite de compresión a nivel del ligamento periodontal. Los principales cambios pulpaes hallados en dicho estudio fueron la vacuolización del tejido pulpar y disturbios en la circulación pulpar lo cual coincide con los hallazgos de otros autores.<sup>2-4</sup>

Guevara *et al.*<sup>18</sup> reportaron que la integridad normal del sistema microvascular pulpar puede ser vulnerable

a las fuerzas ortodóncicas intrusivas por varias razones: variaciones anatómicas como circulación accesoria a nivel del ligamento periodontal, variaciones asociadas a la raíz, como su forma, pues se ha encontrado que una estructura curva de la raíz altera la dirección de la fuerza aplicada, lo cual incide de manera directa sobre la circulación pulpar.<sup>35, 36</sup>

A pesar de todo, el ligamento periodontal tiene la propiedad mecánica de resistir las fuerzas de desplazamiento, gracias a la disposición de las fibras colágenas y a su capacidad para mantenerse rígidas mientras que la fuerza aplicada sea leve y ligera. Sin embargo, cuando la aplicación de la fuerza es prolongada pero a su vez es leve, las propiedades viscoelásticas de las fibras del ligamento periodontal comienzan a ser mayores, logrando amortiguar la compresión producida al tejido.<sup>35</sup>

La medida promedio entre el ancho del ligamento periodontal y el ápice dental se encuentra entre 0,18 mm y 0,21 mm; esto quiere decir que una compresión de un tercio o menos de su capacidad es el ideal que debe cumplirse cuando se realizan movimientos de tipo intrusivo. Aunque también debe considerarse el estado del ligamento periodontal cuando se realiza este tipo de movimientos, ya que un periodonto disminuido presenta menor capacidad de resistencia a la compresión.<sup>37</sup>

La sobrecompresión de los tejidos pulpaes puede generar isquemia, interrupción de la nutrición y muerte celular con la casi inevitable formación de una zona necrótica o hialina.<sup>38, 39</sup>

Yuki Sano *et al.*<sup>40</sup> examinaron el efecto de las fuerzas intrusivas sobre el flujo sanguíneo pulpar en incisivos permanentes de humanos empleando flujo-metría con láser doppler antes, durante y después de remover la ortodoncia. Ellos encontraron que el flujo sanguíneo basal disminuyó significativamente durante el periodo de aplicación de una fuerza continua (6 días consecutivos), recobrando valores normales después de remover la ortodoncia.

Los cambios histológicos y en el flujo sanguíneo en la pulpa son reversibles aun con una intrusión radical de molares, según lo reportado por Konno *et al.*, quienes encuentran en su estudio que la intrusión molar extrema sólo causa ligeros cambios degenerativos en la

pulpa, seguidos por reparación cuando se liberaron las fuerzas.<sup>8,41</sup> Esto está asociado a diferentes factores, entre los cuales puede primar el tamaño del diente, ya que no es lo mismo aplicar fuerzas intrusivas a nivel de un diente anterior que a nivel de un diente posterior, pues el volumen radicular varía y, como es obvio, también el de sus estructuras de sostén sobre las cuales incide la fuerza; tener un mayor volumen permitirá una mejor amortiguación de la fuerza disminuyendo la compresión ocasionada a los vasos sanguíneos y el impacto sobre la región apical. Resulta interesante analizar dicha afirmación, dado que hay un mayor consenso cuando se habla de fuerzas de intrusión leves y ligeras, las cuales permiten la reparación del tejido pulpar según lo reportado por diferentes autores.<sup>35, 37-40</sup>

La lesión que se produce sobre las fibras nerviosas periféricas, una vez que se aplican movimientos ortodóncicos de intrusión, es de tipo degenerativa, debido a que los estímulos de compresión o aplastamiento producen básicamente una degeneración mielínica (desmielinización) de las fibras, las cuales se disuelven y forman acúmulos grasos que son eliminados a través de los macrófagos como productos de desecho, efectos que se darán cuando las fuerzas sobrepasen los límites fisiológicos.<sup>22</sup>

Algunas razones que justifican que las fuerzas intrusivas no incrementan el riesgo de daño pulpar pueden ser: un desplazamiento apical insuficiente del diente debido a la naturaleza de corta duración de la aplicación de la fuerza, lo que limita la compresión del paquete vasculonervioso;<sup>42</sup> las fibras colágenas del ligamento periodontal están orientadas para resistir fuerzas intrusivas y cuando la aplicación de dicha fuerza es prolongada, las propiedades viscoelásticas de las fibras colágenas son más predominantes.<sup>43, 44</sup>

### **Cambios pulpares frente a movimientos ortodóncicos extrusivos**

Por otra parte, cuando se realizan movimientos ortodóncicos extrusivos, los cambios que pueden observarse van desde la degeneración de la capa odontoblástica por alteraciones a nivel circulatorio, vacuolización del tejido pulpar, edema con congestión de los vasos pulpares y necrosis pulpar.<sup>44</sup> Al respecto, Mostafa *et al.*<sup>45</sup> demostraron que la aplicación de fuerzas extrusivas

sobre premolares superiores produce una marcada vacuolización del tejido pulpar, edema con congestión de los vasos pulpares y una severa degeneración odontoblástica, que se hace mucho más obvia con el paso del tiempo, hasta finalmente observar cambios fibróticos en el tejido pulpar alrededor de las cuatro semanas de aplicación de dichas fuerzas.<sup>45</sup>

Estos resultados, por tanto, confirman que el cambio degenerativo que ocurre de manera temprana durante el movimiento extrusivo es la vacuolización del tejido por debajo de la zona odontoblástica debido a los daños a nivel vascular, siendo ésta más pronunciada a nivel coronal que radicular.<sup>46</sup>

Datos histológicos revelan que las fuerzas extrusivas aplicadas por 10 a 40 días utilizando aparatología ortodóncica con una técnica seccional o segmentada, con una fuerza inicial de 75 g no causan cambios patológicos en el tejido pulpar.<sup>45, 47</sup>

Sin embargo, Reitan reportó que la fuerza extrusiva para adultos debe estar entre 25 a 30 g para prevenir el daño al tejido pulpar.<sup>39</sup> Mientras que Proffit considera que un rango de fuerza entre 50-75 g es la magnitud óptima de fuerza para la extrusión.<sup>46</sup>

Hamersky, Weimer y Taintor reportaron una depresión de las células pulpares, relacionada con la disminución de sus capacidades, que contribuye con las alteraciones a nivel vascular, aunque cabe anotar que la severidad de la reacción depende, por tanto, de la magnitud de la fuerza aplicada y de su duración.<sup>21</sup>

### **Duración de los efectos**

La duración de estos cambios patológicos es controversial, Oppenheim,<sup>14</sup> Butcher y Taylor,<sup>48-49</sup> obtuvieron resultados contradictorios variando desde una degeneración reversible a una degeneración irreversible y, finalmente, una necrosis del tejido pulpar después del tratamiento ortodóncico. Se ha reportado que inicialmente aparecen cambios fibróticos cuatro semanas después de la activación de la aparatología ortodóncica. Stenvik y Mjör<sup>7</sup> mostraron signos de cicatrización en un estudio a largo plazo con fuerzas intrusivas. Se conoce que las propiedades reparativas de la pulpa son extensas; sin embargo, el límite de tolerancia varía de una persona a otra.<sup>49-50</sup> Entonces, se recomiendan estudios adicionales para dar conclusiones más definitivas.

## Conclusiones

- El efecto del daño al tejido pulpar depende de la magnitud, la dirección y la duración de la fuerza aplicada.<sup>50</sup>
- La falta de circulación colateral al tejido pulpar durante el movimiento dental es el principal factor etiológico para la degeneración pulpar. Por tanto, se recomienda el uso de fuerzas leves para reducir el riesgo de daño al tejido y proporcionar tiempo para la posible reparación.
- Cambios degenerativos en la pulpa deben esperarse al aplicar una fuerza ortodóncica sobre el diente, lo cual es seguido por la reparación si la fuerza se mantiene dentro de los límites fisiológicos.
- La aplicación de fuerzas ortodóncicas puede producir diferentes reacciones a nivel vascular, celular y nervioso, tal como se mencionó, las cuales en condiciones normales no deben presentar efectos más allá de una leve inflamación del tejido pulpar.

## Referencias

1. Hamilton RS, Gutmann JL. Endodontic-orthodontic relationships: a review of integrated treatment planning challenges. *Int Endod J*. 1999; 32: 343-60.
2. Veberiene R, Smaliene D, Danielyte J, Toleikis A, Dagys A, Machiulskiene V. Effects of intrusive force on selected determinants of pulp vitality. *Angle Orthod*. 2009 Nov; 79(6): 1114-8.
3. Barat A, Ramazanzadeh. Histological changes in human dental pulp following application of intrusive and extrusive orthodontic forces. *Journal of Oral Science*. 2009; 51(1): 109-15.
4. Barwick PJ, Ramsay DS. Effect of brief intrusive force on human pulpal blood flow. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1996; 110: 273-9.
5. Anstending HS, Kronman JH. A Histological study of pulpar reaction to orthodontic tooth movement in dogs. *Angle Orthod*. 1972; 42(1): 50-5.
6. Krishnan V, Davidovitch Z. Cellular, molecular and tissue-level reactions to orthodontic force. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2006; 460: 1-460e. 32.
7. Stenvik, I.A. Mjör. Pulp and dentine reactions to experimental tooth intrusion: A histological study of the initial changes. *American Journal of Orthodontics*. 1970 April; 57(4): 370-85 A.
8. Konno Y, *et al*. Morphologic and hemodynamic analysis of dental pulp in dogs after molar intrusion with the skeletal anchorage system. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 2007 Aug.; 132(2): 199-207.
9. Brodin P, Linge L, Aars H. Instant assessment of pulpar blood flow after orthodontic force application. *J Orofac Orthop*. 1996; 57: 306-9.
10. Labart WA, Taintor JF, Dyer JK, Weimer AD. The effect of orthodontic forces on pulp respiration in the rat incisor. *Journal of Endodontics*. 1980; 6: 724-7.
11. Unterseher RE, Nieberg LG, Weimer AD, Kyer JK. The response of human pulp tissue after orthodontic force application. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1987; 92: 220-4.
12. Derringer KA, Jagers DC, Linden RWA. Angiogenesis in human dental pulp following orthodontic tooth movement. *Journal of Dental Research*. 1999; 32: 1.761-1.766.
13. Cohen S. Burns R. *Vías de la Pulpa*. Octava Edición. Madrid: Elsevier Science. 2002.
14. Oppenheim A. Human tissue response to orthodontic intervention. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*. 1942; 28: 263-301.
15. Tschamer H. The histology of pulpal tissue after-orthodontic treatment with activators during late adolescence. *Zahnärztliche Praxis*. 1974; 25: 530-1.
16. Skillen WG, Reitan K. Tissue changes following rotation of teeth in the dog. *Angle Orthodontist*. 1940; 10: 140-7.
17. Aisenberg MS. The tissue and changes involved in orthodontic tooth movements. *American Journal of Orthodontics*. 1948; 34: 854-9.
18. Guevara MJ, McClugage SG, Clark JS. Response of the pulpal microvascular system to intrusive orthodontic forces. *Journal of Dental Research*. 1977; 56: 243.
19. Taintor JF, Shalla C. Comparison of respiration rates in different zones of rat incisor pulp. *Journal of Dentistry*. 1978; 6: 63-70.
20. Hamersky PA *et al*. The effect of orthodontics force application on the pulpal tissue respiration rate in the human premolar. *Ajodo*. 1980; 77: 368-78.
21. Hamersky PA, Weimer AD, Taintor JF. The effect of orthodontic force application on the pulpal tissue respiration rate in the human premolar. *American Journal of Orthodontics*. 1980; 77: 368-78.
22. Polverini PJ. The pathophysiology of angiogenesis. *Critical Reviews in Oral Biology and Medicine*. 1995; 6: 230-47.

23. Davidovitch Z. Cell biology associated with orthodontic tooth movement p. 259-78. In: Berkovitz BKB, Mosham BJ, Newman HN (Eds.) *The Periodontal Ligament in Health and Disease*. London: Mosby; 1995.
24. Kvinnsland S, Heyeras K. Effect of experimental tooth movement on periodontal and pulpal blood flow. *Eur J Orthod*. 1989.
25. McDonald F, Pittford T. Blood flow changes in permanent maxillary canines during retraction. *Eur J Orthod*. 1994.
26. Popp TW, Artun J, Linge L. Pulpal response to orthodontic tooth movement in adolescents: a radiographic study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1992; 101: 228-33.
27. Derringer, K. Angiogenic growth factors released in human dental pulp following orthodontic force. *Archives of Oral Biology*. 2003; 48: 285-291.
28. Vandevska-Radunovic. Effect of experimental tooth movement on nerve fibres immunoreactive to calcitonin gene-related peptide, protein gene product 9.5, and blood vessels density and distribution in rats. *European Journal of Orthodontics*. 1997; 19: 517-29.
29. Kvinnsland I, Kvinnsland S. Changes in CGRP immunoreactive nerve fibers during experimental tooth movement in rats. *European Journal of Orthodontics*. 1990; 12: 320-9.
30. Nicolay OF, Davidovitch A, Shanfeld JL, Alley K. Substance P immunoreactivity in periodontal tissues during orthodontic tooth movement. *Bone and Mineral*. 1990; 11: 19-29.
31. Hargreaves, K. Pharmacology of peripheral neuropeptide and inflammatory mediator release. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol*. 1994; 78(4): 503-10.
32. Nixon CE, Saviano JA, King GJ. Histomorphometric Study of Dental Pulp during Orthodontic Tooth Movement. *J Endodon*. 1993; 19(1): 13-6.
33. Bunner M, Johnson D. Quantitative assessment of trapulpal axon response to orthodontic movement. *American Journal of Orthodontics*. 1982; 82: 244-50.
34. Kim S. Microcirculation in the dental pulp. p. 52-74. In: Spangberg LSW. (Ed.) *Experimental endodontics*. Boca Raton, Florida: CRC Press; 1990.
35. Guevara MJ, McClugage Jr. Effects of Intrusive Forces upon the Microvasculature of the Dental Pulp. *Ajodo*. 1980 April; 50(2): 129.
36. Dermaut LR, De Munk A. Apical root resorption of upper incisors caused by intrusive tooth movement: a radiographic study. *Am J Orthod*. 1986; 90: 321-6.
37. Bauss O, Johannes R, Reza SK, Stavros K. Influence of orthodontic intrusion on pulpal vitality of previously traumatized maxillary permanent incisors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008 Jul; 134(1): 12-7.
38. Reitan K. Principios y reacciones biomecánicas. En: Graber. *Ortodoncia. Principios, generalidades y técnicas*. 2da Edición. Buenos Aires: Panamericana. 1999.
39. Reitan K. The initial reaction incident to orthodontic tooth movement as related to the influence of function. *Acta Odontológica Escandinávica*. 1951; 9: 1-240.
40. Yuki S *et al*. The effect of continuous intrusive force on human pulpal blood flow. *Eur J Orthod*. 2002; 159-66.
41. Ramsay DS, Martitlen SS. Reliability of pulpal blood flow measurements utilizing laser-Doppler flowmetry. *J Dent Res*. 1991; 70: 1427-30.
42. Wong VS, Freer TJ, Joseph BK, Daley TJ. Tooth movement and vascularity of the dental pulp: a pilot study. *Aust Orthod. J*. 1999; 15: 246-50.
43. Raiden G, Missana L, Santamaria de Torres E. Pulpal response to intrusive orthodontic forces. *Acta Odontol Latinoam*. 1998; 11: 49-54.
44. Sübay RK, Kaya H, Tarim B, Sübay A, Cox CF. Response of human pulpal tissue to orthodontic extrusive applications. *Journal of Endodontics*. 2001; 27(8): 508-11.
45. Mostafa YA, Iskander KG, El-Mangoury NH. Iatrogenic pulpal reactions to orthodontic extrusion. *Am J Orthod Dentofac Orthop*. 1991; 99: 30-4.
46. Proffit, W. *Ortodoncia contemporánea. Teoría y práctica*. Tercera edición. Editorial Mosby; 2001.
47. Yamaguchi, K. The effects of orthodontic mechanics on the dental pulp. *Seminars in Orthodontics*, 2007.
48. Butcher EO, Taylor AC. The effects of denervation and ischemia upon the teeth of the monkey. *J Dent Res*. 1951; 30: 265-75.
49. Butcher EO, Taylor AC. The vascularity of the incisor pulp of the monkey and its alteration by tooth retraction. *J Dent Res*. 1952; 31: 239-47.
50. Pierce A. Pulpal Injury: Pathology, Diagnosis and Periodontal Reactions. *Australian Endodontic Journal*. 1998 August; 24(2).