

# AValiação por meio de tomografia de feixe cônico da ação do ultrassom pulsado de baixa intensidade sobre reabsorções radiculares induzidas ortodonticamente

ASSESSMENT, BY CONE BEAM COMPUTERIZED TOMOGRAPHY, OF LOW-INTENSITY PULSED ULTRASOUND ACTION ON ORTHODONTICALLY INDUCED ROOT RESORPTION

CÉLIA ALCANTARA CUNHA LIMA<sup>1\*</sup>, LEONARDO ALCANTARA CUNHA LIMA<sup>2</sup>, FRANCISCO CARLOS GROppo<sup>3</sup>, JULIANA CAMA RAMACCIATO<sup>4</sup>, VINÍCIUS ALCANTARA CUNHA LIMA<sup>5</sup>, GUILHERME ALCANTARA CUNHA LIMA<sup>4</sup>

1. Professora Doutora - Departamento de Ortodontia do Centro Universitário Fluminense-UNIFLU Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil; 2. Professor Doutor- Centro Universitário Fluminense UNIFLU, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil; 3. Doutor – Professor Titular da FOP UNICAMP; 4. Doutora - PhD – Professora do Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic; 5. Professor Mestrando - Departamento de Ortodontia - Centro Universitário Fluminense UNIFLU, Campos dos Goytacazes (RJ), Brasil; 6. Professor Mestre – Departamento de Clínica Médica da Faculdade de Medicina de Campos, Campos dos Goytacazes (RJ) Brasil.

Rua Gil de Góes, 426 - Centro, Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil. CEP: 28035642. Brasil. [c.alima@bol.com.br](mailto:c.alima@bol.com.br)

Recebido em 15/07/2014. Aceito para publicação em 24/07/2014

## RESUMO

Reabsorções radiculares (RR) são intercorrências preocupantes no tratamento ortodôntico. De aparecimento incontrolável e gravidade progressiva, podem comprometer a permanência do dente na arcada, em condições extremas. O ultrassom pulsado de baixa intensidade com frequência de 3 MHz atinge tecidos superficiais, como as raízes dos dentes, produzindo estimulação da cicatrização, por efeito de cavitação ou micromassagem. Pesquisas prévias mostraram a ação destas ondas sobre a consolidação de fraturas ósseas, estimulação da formação do tecido dentário e reparo de reabsorções radiculares. Neste trabalho foram medidos, em cortes trans-axiais vestibulo-palatinos de tomografia computadorizada de feixe cônico tomados a 0,5 mm aquém do vértice, os ápices dos primeiros pré-molares superiores de 15 indivíduos com necessidade de exodontia destes dentes no plano de tratamento ortodôntico. O movimento de intrusão foi realizado com a instalação de arco *utilidade*, e colocação de elástico em cadeia unindo os bráquetes, colados por vestibular, ao arco. A distensão do elástico foi feita até que se pudesse aferir força de 50 g. Foram aplicadas sessões de ultrassom pulsado de baixa intensidade de 10 minutos de duração no lado direito, imediatamente após a primeira ativação, e aos três, seis e nove dias após o início da movimentação. Nestas ocasiões também foi reavaliada a força, mantida em 50 g por meio de reativação dos elásticos, nos dois lados, tratado e controle. Aos 30 dias após a primeira ativação foram feitas novas tomografias e novas medidas efetuadas. A análise estatística mostrou que não houve diferença significativa (teste t pareado,  $p =$

0,1316) entre as medidas iniciais e finais das raízes vestibulares dos dentes submetidos ao tratamento. As medidas finais das raízes vestibulares dos dentes controle foram significativamente menores (teste t pareado,  $p = 0,0455$ ) que as iniciais, sugerindo que o ultrassom pulsado de baixa intensidade foi eficaz em preservar o tamanho da raiz.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ultrassom, reabsorção radicular, tomografia.

## ABSTRACT

Root resorption (RR) are worrisome complications in orthodontic treatment. Uncontrollable onset and progressive severity, can compromise the permanence of the tooth in the arch, in extreme conditions. The pulsed low intensity ultrasound with a frequency of 3MHz reaches superficial tissues such as tooth roots, producing stimulation of wound healing, the effect of cavitation or micromassage. Previous research showed the action of these waves on the consolidation of bone fractures, stimulation of the formation of dental tissue repair and root resorption. This work were measured in bucco-palatal trans-axial CT cone beam taken 0.5 mm below the apex, the apices of the premolars first in 15 individuals in need of extraction of these teeth in orthodontic treatment planning. The intrusion movement was accomplished with the installation of utility arch, and placement of elastic chain attaching the brackets glued buccally, archery. A strain of the elastic was taken

until it could assess under 50 g. Pulsed low intensity ultrasound of 10 minute sessions were applied on the right side immediately after the first activation, and three sixes -nine days after the start of movement. These occasions was also reassessed the strength, maintained in 50 g through reactivation of elastic on both sides, treated and control. 30 days after the first activation and new scans made new measurements were made. Statistical analysis showed no significant difference (paired t test,  $p = 0.1316$ ) between the initial and final measures of the buccal roots of the teeth undergoing treatment. The final steps of the control buccal roots of teeth were significantly lower (paired t-test,  $p = 0.0455$ ) the initial, suggesting that low-intensity pulsed ultrasound was effective in maintaining the size of the root.

**KEYWORDS:** Ultrasound, Root resorption, CT.

## 1. INTRODUÇÃO

Reabsorções radiculares (RR) estão sempre presentes no tratamento ortodôntico. São de aparecimento insidioso<sup>1</sup> e de etiologia múltipla<sup>2</sup>, frequentemente desconhecida da maioria dos cirurgiões-dentistas, mesmo especialistas. A quantidade de cimento e de dentina perdidos pode causar perda do elemento dentário, levando a situações delicadas na relação entre o profissional e o paciente. Ultrassom (US) são ondas acústicas<sup>3</sup> e constitui um método físico capaz de produzir alterações nos tecidos vivos<sup>4</sup>. A piezoelectricidade do tecido ósseo<sup>5</sup> e do cimento<sup>6,7</sup>, torna possível a utilização de métodos físicos, como US, vibrações mecânicas e campos elétricos, para estimular a produção de osso<sup>8</sup> e de cimento<sup>7</sup>. Ultrassom pulsado de baixa intensidade (LIPUS) produz alterações no osso condilar e na cartilagem, com repercussão no crescimento mandibular em animais jovens<sup>9,10,11</sup>, na formação e erupção dentária de animais adultos, e na consolidação de fraturas<sup>13</sup> e, na cementogênese de reparação, comprovada por exames histológicos<sup>7</sup> e na aceleração da produção de osso durante a movimentação dentária induzida<sup>14,15</sup>. Seu uso está indicado como coadjuvante no tratamento da osteoporose, associado ao tratamento farmacológico convencional<sup>8</sup>.

Neste trabalho avaliou-se, por meio de tomografia computadorizada cone-beam (CTBC), a ação do LIPUS sobre as raízes de dentes sob movimento de intrusão com força contínua. Foi adotado um período experimental de 30 dias, à semelhança de trabalhos de vários autores<sup>7,10,16</sup>, que comprovaram o potencial de estimulação da cicatrização por este método terapêutico, neste período. A consolidação do conhecimento da ação do LIPUS sobre as RR representa um importante passo, pela possibilidade de se evitar ou mesmo minimizar esta intercorrência no tratamento ortodôntico.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Após aprovação do Projeto de Pesquisa pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Centro de Pesquisas Odontológicas São Leopoldo Mandic foram colhidas as assinaturas dos responsáveis e dos menores participantes da pesquisa, no termo de consentimento livre e esclarecido. Recrutaram-se dezenove indivíduos com necessidade de tratamento ortodôntico inscritos na clínica de pós-graduação do curso de Odontologia do Centro Universitário Fluminense UNIFLU, na cidade de Campos dos Goytacazes RJ, sendo 11 do gênero feminino e oito do gênero masculino. Participaram da amostra pacientes com necessidade de exodontia dos primeiros pré-molares superiores no plano de tratamento ortodôntico, idade entre 12 e 19 anos e que demonstraram atitudes mental e social adequadas para o entendimento das instruções quanto aos prazos para exames, cumprimento de horários e cuidado com a higiene bucal e com a aparatologia ortodôntica, bem como a compreensão da explicação sobre a ação do US ao qual seriam submetidos e da quantidade de radiação X das tomografias.

Após esta fase, os participantes foram submetidos ao exame de CTBC para registro das medidas das raízes vestibulares dos dentes 14 e 24, tomadas a 0,5mm aquém do vértice dos ápices, no sentido vestibulo-palatino. Posteriormente foram excluídos da pesquisa três indivíduos por faltas às consultas e um outro, por apresentar apicogênese incompleta nestes dentes. Desta forma, a amostra passou a ter quinze indivíduos, 10 do gênero masculino e cinco do gênero feminino. Foi utilizado o método experimental baseado em registros tomográficos pré-teste e pós-teste. O teste propriamente dito consistiu na aplicação do LIPUS durante a movimentação ortodôntica, imediatamente após ativação do aparelho ortodôntico e aos três, seis e nove dias, num grupo onde foi utilizado cada indivíduo como seu próprio controle.

A montagem da aparatologia foi feita com braquetes Straight Wire Capelloza padrão I Abzil, fios Orthometric, elásticos em cadeia e modular Morelli (Figura 1). A força dispensada pelo elástico em cadeia foi aferida por meio do dinamômetro Zeusan, a irradiação feita por meio do aparelho de US marca KLD Biosistemas modelo AVATAR II, de 3 MHz e o veículo para acoplamento, o gel indicado pelo fabricante do US.

Os exames tomográficos foram realizados com o tomógrafo volumétrico i-CAT KAVO Cone Beam Volumetric Tomography System 120 kVp / 18,45  $\mu$ As FOV (field of the view) = 6 cm (colimação) tempo de exposição: 20 segundos, voxel = 0,30 mm (Figura 1).

As raízes vestibulares dos pré molares superiores dos lados direito e esquerdo foram medidas antes da movimentação ortodôntica por meio de tomografia computadorizada volumétrica, tomógrafo Kavo, software i-Cat

Vision, em cortes trans-axiais vestibulo-palatinos de 1mm de espessura, efetuados a 0,5 mm aquém do vértice apical.



**Figura 1.** Tomógrafo volumétrico Icat KAVO.



**Figura 2.** Aparatologia ortodôntica para intrusão de pré-molares superiores.

A comparação das medidas (correlação intraclasse – ICC) tomadas inicialmente e novamente após 15 dias mostrou que houve replicabilidade excelente (ICC= 0,9994,  $p < 0,0001$ ), indicando que não houve influência do operador nos resultados.

O aparelho para a intrusão dos pré-molares foi instalado e consistiu de bandas nos primeiros molares e braquetes nos pré-molares e, nos indivíduos que não possuíam apinhamento severo, foi montado todo o aparelho superior e construído um arco tipo utilidade de Ricketts semelhante ao utilizado por Han *et al.* (2005)<sup>17</sup>. Nesses em que o apinhamento não permitiu a instalação do arco contínuo foi colocado arco segmentado com o mesmo objetivo, isto é, fornecer apoio para a colocação do elástico em cadeia unindo os pré-molares ao loop, para que se produzisse força de intrusão, aferida através do dinamômetro Zeusan (Figura 2). Imediatamente após a primeira ativação do aparelho ortodôntico e ao terceiro, sexto e nono dias após a primeira ativação foram proce-

didadas novas ativações, com o objetivo de manter a força de intrusão constante de 50g, tendo sido também aplicado o LIPUS (US KLD Biosistemas modelo AVATAR II, intensidade de 3 W/cm<sup>2</sup> modo pulsado com forma de pulso retangular, frequência de 16Hz, ciclo ativo de trabalho de 10%, transdutor com área efetiva de radiação de 1cm<sup>2</sup> e cabeçote transdutor com área de emissão de 5 cm<sup>2</sup>, 3 MHz, durante 10 minutos, apenas sobre as raízes dos pré-molares superiores do lado direito de cada indivíduo participante da pesquisa, ficando os contralaterais esquerdos sem irradiação, tendo sido utilizado como controle.

### Técnica de aplicação do LIPUS

Antes da aplicação ultrassônica o aparelho AVATAR II foi aferida e verificada a efetiva emissão de ondas, submergindo-se o cabeçote do transdutor num copo transparente com água e observando-se a vibração quando o aparelho foi ligado. As aplicações foram feitas sobre a pele da face, onde havia sido previamente aplicado álcool a 70 % para remoção da oleosidade, seguida da aplicação do gel para US preconizado pelo fabricante do AVATAR II. Foi aplicada força contínua de 50 g para intrusão dos pré-molares tanto no lado experimental quanto no lado controle, avaliada e mantida aos três, seis e nove dias. Imediatamente após a primeira ativação e após cada uma delas aplicou-se o LIPUS aos primeiros pré-molares superiores do lado direito (tratado). O transdutor foi sempre movimentado ligeiramente, tendo sido deslizado sobre o gel, de forma a assegurar perfeita transmissão da energia ultrassônica. O período de cada sessão de irradiação foi de 10 minutos (Figura 3).



**Figura 3.** Ultrassom Avatar II e sua aplicação.

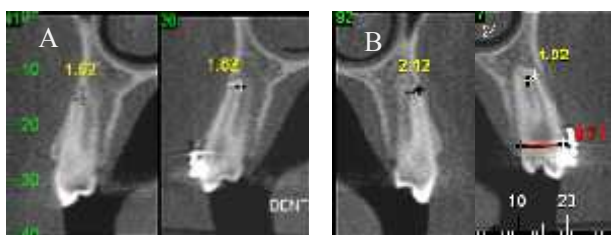
### Avaliação tomográfica final dos pacientes

Trinta dias após a primeira ativação e também da primeira sessão de aplicação de LIPUS foram realizados novos exames de CTBC. As novas medidas obtidas foram comparadas às primeiras e submetidas a testes estatísticos.

### Análise estatística

A replicabilidade das medidas realizadas pelo opera-

dor foi feita utilizando o teste de correlação intraclassa (ICC). Para verificar a homocedasticidade das variâncias e a distribuição dos dados foram utilizados os testes de Bartlett e de Kolmogorov & Smirnov. O teste t de Student (pareado) foi utilizado para avaliar as medidas inicial e final dos dentes submetidos ao tratamento. Além disso, a correlação entre os valores foi feita pelo teste de correlação de Pearson. O nível de significância para todos os testes foi de 5 %, sendo que o software estatístico empregado foi o BioEstat 5.0.



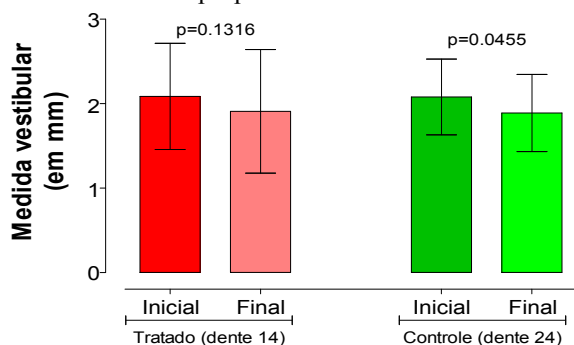
**Figura 4.** Tomografias computadorizadas cone-beam, cortes transaxiais vestibulo-palatinos tomados a 0,5 mm aquém do vértice apical. A – dente 14; B – dente 24.

O teste de Bartlett mostrou que os dados apresentaram variâncias homogêneas ( $p = 0,6301$ ), sendo que o teste de Kolmogorov & Smirnov mostrou distribuição normal ( $p > 0,10$ ). Desta forma, os dados puderam ser submetidos a análises paramétricas.

A comparação das medidas (correlação intraclassa – ICC) tomadas inicialmente e novamente após 15 dias mostrou que houve replicabilidade excelente (ICC = 0,9994,  $p < 0,0001$ ), indicando que não houve influência do operador nos resultados (Figura 4).

### 3. RESULTADOS

Foi possível observar que houve boa correlação ( $rP > 0,7$ ) entre as medidas iniciais e finais, tanto para o grupo controle ( $rP = 0,7240$ ,  $p = 0,0023$ ) quanto para o tratado ( $rP = 0,8146$ ,  $p = 0,0002$ ), indicando que a redução da raiz vestibular foi proporcional ao seu tamanho inicial.



**Figura 5.** Medida obtida para as raízes vestibulares submetidas ou não ao tratamento.

Como pode ser observado na Figura 5, não houve

diferenças estatisticamente significativas (teste t pareado,  $p = 0,1316$ ) entre as medidas iniciais e finais dos dentes submetidos ao tratamento. Entretanto, a medida final dos dentes controle foram significativamente menores (teste t pareado,  $p = 0,0455$ ) que as iniciais, sugerindo que o tratamento com o LIPUS minimizou a RR causada pelo movimento de intrusão

### 4. DISCUSSÃO

Neste trabalho aprofundou-se o conhecimento sobre a efetividade da ação estimulante do LIPUS sobre a RR induzida por movimentação ortodôntica. Foi aplicada força contínua de 50g para intrusão de pré-molares nos lados direito (experimental) e esquerdo (controle). Após cada ativação (imediatamente depois da montagem e aos três, seis e nove dias) foram feitas aplicações do LIPUS sobre as raízes dos pré-molares superiores direitos, com o objetivo de avaliar a ação destas ondas sobre o reparo das RR induzidas pela movimentação ortodôntica. Os pré-molares superiores esquerdos foram igualmente movimentados, porém não receberam irradiação. A avaliação foi feita por CTBC, comparando-se as medidas vestibulo-palatinas, tomadas a 0,5mm aquém dos vértices apicais, antes e depois das ativações e das irradiações.

O uso de corrente elétrica para estimular sistemas biológicos tem recebido atenção na medicina e na odontologia<sup>4</sup>. O cimento possui piezoelectricidade<sup>6</sup> e esta propriedade possibilita que responda à exposição ao LIPUS com produção de reparo. A piezoelectricidade do tecido ósseo viabiliza o uso de métodos físicos como vibrações mecânicas, US ou campos elétricos para estimular a produção de osso<sup>5,8</sup> e para consolidar fraturas<sup>18</sup>.

Foram demonstrados a formação dentária durante a osteodistração<sup>7</sup>, a aceleração da remodelação óssea durante a movimentação ortodôntica<sup>15,19</sup>, o efeito sobre a consolidação de fraturas ósseas<sup>5</sup>, o estímulo do crescimento da mandíbula em animais<sup>9,10,11</sup> e a potencialização da cicatrização de tecidos moles<sup>20-23</sup>. O LIPUS reduz o tempo de reparo de fraturas<sup>5,16</sup> e aumenta a massa óssea<sup>5,8</sup>. Embora estejam claros estes efeitos, sua aplicação é restrita a pequenas regiões do corpo, o que tem limitado seu uso em doenças ósseas metabólicas tais como a osteoporose<sup>8</sup>. A corrente elétrica potencializa a movimentação ortodôntica<sup>24</sup>. A estimulação bioelétrica do osso leva à proliferação de células competentes osteogenicamente<sup>18</sup> e ao aumento de suas propriedades de diferenciação, com modificações em seus produtos específicos e consequente mudança no tecido<sup>25</sup>. A aplicação de um campo eletromagnético pulsado aumenta o ritmo, a quantidade de movimentação ortodôntica, de osso e de matriz óssea<sup>15,18,19,24</sup>.

O US são ondas mecânicas que transmitem energia através da matéria. É a energia acústica com frequência maior que a percebida pelo ouvido humano, situada

acima de 20 KHz. A faixa de frequência de US compreendida entre 20 Hz a 20 KHz é audível para humanos, e a situada entre cinco a 20 MHz, utilizada para diagnóstico por imagem. Em terapêutica, ondas entre 0,7 a 3 MHz são utilizadas, em emissão contínua ou pulsada<sup>26,27</sup>. Propagam-se de modo contínuo, sem interrupção da onda com deposição de energia nos tecidos irradiados ou de modo pulsado, onde ocorrem interrupções regulares de energia. Os modos contínuo e pulsado têm propriedades biofísicas diferentes. No uso terapêutico geralmente são utilizados US de 1 e 3 MHz<sup>28,29</sup>.

Reabsorção radicular é um efeito adverso na movimentação dentária<sup>7</sup>, frequentemente observada no tratamento ortodôntico<sup>2,30</sup>. Tem início no periodonto e está presente mesmo quando a força é descontinuada ou reduzida<sup>31</sup>. Presente em todos os tipos de movimentação<sup>17</sup> ocorre com maior frequência e amplitude no movimento de intrusão<sup>17,33</sup>. Forças mais leves produzem maior movimentação e menor índice de RR. A profundidade das crateras de reabsorção está correlacionada à magnitude da força<sup>33</sup>. Existe associação entre RR e remoção ativa de tecido necrótico hialinizado<sup>34,35</sup> e o primeiro sinal de reabsorção é a penetração de células da periferia do tecido necrótico, onde células mononucleadas semelhantes aos fibroblastos começaram a remoção da superfície do pré-cimento e do cimento. A RR abaixo da zona hialinizada ocorre numa fase posterior, na qual as células multinucleadas estão envolvidas na remoção do tecido necrótico do LP e na reabsorção da camada externa do cimento. Aos nove dias de movimentação os achados microscópicos destacam as RR, que estão mais exuberantes e bem demarcadas<sup>35</sup>. É necessária a eliminação da camada de cementoblastos da superfície da raiz e a exposição da camada mineralizada para que a RR tenha início. Se os cementoblastos adjacentes não repuserem a camada perdida, células fagocitárias podem ser atraídas, e a RR instalada<sup>36</sup>.

A perda de substância radicular durante a movimentação dentária induzida, a RR, coexiste com o reparo<sup>31</sup>, porém a maior quantidade de perda de cimento que acontece em alguns casos, compromete a estabilidade do dente na arcada e constitui um aspecto preocupante no exercício da Ortodontia.

O período para irradiação adotado nesta pesquisa, imediatamente após ativação e aos três, seis e nove dias, foi escolhido considerando-se que a RR é sempre precedida pela hialinização e que as RR foram claramente visíveis no período de nove dias<sup>35</sup>.

Medidas de CBCT feitas antes e 30 dias após o início da movimentação mostraram ter havido menor incidência de RR nas raízes vestibulares de pré-molares tratados com LIPUS, que não apresentaram variação significativa entre as medidas tomográficas iniciais e finais, enquanto foi observada variação estatisticamente significativa das medidas iniciais e finais das raízes vestibulares dos

pré-molares do lado não tratado. Estes resultados sugeriram que o LIPUS tem ação de estimulação da cementogênese de reparação da RR, na presença de força ortodôntica contínua. Resultados semelhantes foram relatados na literatura, como o aumento da atividade de reparo e hiperementose em trabalho por comprovação por meio de avaliação histológica<sup>7</sup>.

O LIPUS possui ação sobre o reparo das RR na movimentação dentária induzida, entretanto pesquisas futuras são necessárias para o estabelecimento de um protocolo que inclua o tempo de aplicação e a periodicidade compatíveis com a rotina clínica do ortodontista e pode representar a abertura de novas perspectivas para a prática da Ortodontia, com a minimização ou até eliminação da possibilidade de perda de raízes dentárias durante o tratamento ortodôntico.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho concluiu-se que a movimentação ortodôntica produziu RR nas raízes vestibulares de 14 dos 15 dentes movimentados, num período experimental de 30 dias, classificadas como escore 1 – reabsorção leve<sup>37</sup>.

Medidas finais menores que as iniciais, em cortes trans-axiais véstíbulo-palatinos de CTBC tomados a 0,5mm aquém dos ápices, indicaram que a RR não aconteceu apenas em sentido longitudinal; como as raízes dos dentes são conóides, evidenciou-se que as reabsorções ocorreram também em sentido transversal.

Os resultados estatísticos da comparação entre as medidas de CTBC dos ápices dos dentes tratados e controle sugeriram que o tratamento com o LIPUS foi eficaz em preservar o tamanho da raiz.

## REFERÊNCIAS

- [1]. Werhbein H, Fuhrmann RAW, Diedrich PR. Human histologic tissue response after long-term orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentof Orthop*. 1995; 107(4):360-71.
- [2]. Santos ECA, Lara TS, Arantes FM, Coclete GA, Silva RS. Análise radiográfica computadorizada da reabsorção radicular apical após a utilização de duas mecânicas ortodônticas. *Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial*. 2007; 12(1):48-55.
- [3]. O'Brien Jr WD. Ultrasound-biophysics mechanisms. *Prog Biophys Mol Biol*. 2007; 93(1-3):212-55.
- [4]. Bassett CA. Pulsed electromagnetic fields: a new method to modify cell behavior in calcified and noncalcified tissues. *Calcif Tissue Int*. 1982; 34(1):1-8.
- [5]. Lirani AP, Lazaretti-Castro M. Evidências da ação de agentes físicos sobre o metabolismo do tecido ósseo e seus potenciais usos clínicos. *Arq Bras Endocrinol Metab*. 2005; 49(6):891-6.
- [6]. Marino AA, Gross BD. Piezoelectricity in cementum, dentine and bone. *Arch Oral Biol*. 1989; 34(7):507-9.
- [7]. El-Bialy T, El-Shamy I, Graber T M. Repair of orthodontically induced root resorption by ultrasound in humans. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2004;126(2):186-93.

- [8]. Lirani-Galvão AP, Lazaretti-Castro M. Physical approach for prevention and treatment of osteoporosis. *Arq Bras Endocrinol Metabol*. 2010; 54(2):171-8.
- [9]. El-Bialy TH, El-Moneim Zaki A, Evans CA. Effects of ultrasound of rabbit mandibular incisors formation and eruption after mandibular osteodistraktion. *Am J Orthod Dentofac*. 2003; 124(4):427-34.
- [10]. El-Bialy TH, Hasan A, Albaghdadi T, Fouad H, Mainani AR. Growth modification of the mandible with ultrasound in baboons: a preliminary report. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006; 130(4):435.e7-14.
- [11]. Oyonarte R, Zárate M, Rodrigues F. Low-intensity pulsed ultrasound stimulation of condilar growth in rats. *Angle Orthod*. 2009; 79(5):964-70.
- [12]. El-Bialy T, El-Shamy I, Graber TM. Growth Modification of the Rabbit Mandible Using Therapeutic Ultrasound: Is it Possible to Enhance Functional Appliance Results? *Angle Orthod*. 2003; 73(6):631-9.
- [13]. Chan CW, Qin L, Lee KM, Zhang M, Cheng JC, Leung KS. Low intensity pulsed ultrasound accelerated bone remodeling during consolidation stage of distraction osteogenesis *J Orthop Res*. 2006; 24(2):263-70.
- [14]. Gandini Júnior LG. Avaliação histológica do periodonto de sustentação do molar de rato submetido à movimentação ortodôntica, sob ação do ultrassom [dissertação]. Araraquara: Universidade Estadual Paulista; 1993.
- [15]. Prieto MGL, Dainesi EA, Kawauchi MY. O uso do ultrassom na movimentação dentária induzida. *Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial*. 2005; 10(5):83-98.
- [16]. Chan CW, Qin L, Lee MK, Cheung WH, Cheng JCY, Leung KS. Dose-dependent effect of low-intensity pulsed ultrasound on callus formation during rapid distraction osteogenesis. *J Orthop Res*. 2006; 24(11):2072-9.
- [17]. Han G, Huang S, Von den Hoff JW, Zeng X, Kuijpers-Jagtman AM. Root Resorption after Orthodontic Intrusion and Extrusion An Intraindividual Study. *Angle Orthod*. 2005; 75(6):912-8.
- [18]. Xavier CAM, Duarte LR. Estimulação ultra-sônica do calo ósseo: Aplicação clínica. *Rev Bras Ortop*. 1983; 18(3):73-80.
- [19]. Stark TM, Sinclair PM. Effect of pulsed electromagnetic fields on orthodontic tooth movement. *Am J Orthod*. 1987; 91(2):91-104.
- [20]. Young SR, Dyson M. Effect of therapeutic ultrasound on the healing of full-thickness excised skin lesions. *Ultrasonics*. 1990; 28(3):175-80.
- [21]. Bassoli AD. Avaliação dos efeitos do ultrassom pulsado de baixa intensidade na regeneração de músculos esqueléticos com vistas à aplicabilidade em clínica fisioterapêutica [dissertação]. São Carlos: Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo; 2001.
- [22]. Crisci AR, Ferreira AL. Low intensity pulsed ultrasound accelerates the regeneration of the sciatic nerve after neurotomy in rats. *Ultrasound Med Biol*. 2002; 28(10):1335-41.
- [23]. Mendonça AC, Ferreira AS, Barbieri CH, Thomazine JA, Mazzer N. Efeitos do ultrassom pulsado de baixa intensidade sobre a cicatrização por segunda intenção de lesões cutâneas totais em ratos. *Acta Ortop Bras*. 2006; 14(6):152-7.
- [24]. Davidovitch Z, Finkelson MD, Steigman S, Shanfeld JL, Montgomery PC, Korostoff E. Electric currents, bone remodeling, and orthodontic tooth movement. II Increase in rate of tooth movement and periodontal cyclic nucleotide levels by combined force and electric current. *Am J Orthod*. 1980; 77(1):33-47.
- [25]. Norton LA, Hanley KJ, Turkewics J. Bioelectric perturbations effect in bone. *Angle Orthod*. 1984; 54(1):73-87.
- [26]. Fuirini Junior N, Longo GJ. Ultrassom. KLD Biosistemas e equipamentos eletrônicos Ltda.; 1996.
- [27]. Fuirini Junior, Longo GJ. Ultrassom: guia didático. Amparo: KLD Bios. Equip. Eletr Ltda; 2002:1-57.
- [28]. Haar G. Basic physics of therapeutic ultrasound. *Physioterapy*. 1987;73:110-3.
- [29]. McDiarmid T, Burns PN. Clinical applications of therapeutic ultrasound. *Physiotherapy*. 1987; 73(4):155-62.
- [30]. Ramirez-Echave JI, Bushang PH, Carrilo R, Rossouw PE, Nagy WW, Opperman LA. Histologic evaluation of root response to intrusion in mandibular teeth in beagle dogs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011; 139(1):60-9.
- [31]. Cheng LL, Türk T, Elekdağ-Türk S, Jones AS, Yu Y, Darendeliler MA. Repair of root resorption 4 and 8 weeks after application of continuous light and heavy forces on premolars for 4 weeks: A histology study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010; 138(6):727-34.
- [32]. Haar G. Review therapeutic ultrasound. *Eur J Ultrasound*. 1999;9:3-9.
- [33]. Gonzales C, Hotokezaka H, Yoshimatsu M, Yozgatian JH, Darendeliler MA, Yoshida N. Force magnitud and duration effects on amount of tooth movement and root resorption in the rat molar. *Angle Orthod*. 2008; 78(3):502-9.
- [34]. Reitan K. Some factors determining the evaluation of forces in orthodontics. *Am J Orthod*. 1957; 43(1):32-45.
- [35]. Fracalossi ACC, Santamaria Júnior M, Consolaro MFMO, Consolaro A. Movimentação dentária experimental em murinos: períodos de observação e planos de cortes microscópicos. *Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial*. 2009;14(1):143-57.
- [36]. Consolaro A. Genético e hereditário versus reabsorção dentária: cuidados interpretativos são importantes. *Rev Clin Ortodon Dental Press*. 2003; 2(4):100.
- [37]. Levander E, Malmgren O. Evaluation of the risk of root resorption during orthodontic treatment: a study of upper incisors. *Eur J Orthod*. 1988; 10(1):30-8.

