



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



JOÃO PAULO SCHWARTZ

**AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA DA REABSORÇÃO RADICULAR APICAL E DAS
ALTERAÇÕES NO TECIDO PERIODONTAL DE SUPORTE INDUZIDAS PELO
APARELHO HERBST**

Araraquara

2014



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



JOÃO PAULO SCHWARTZ

**AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA DA REABSORÇÃO RADICULAR APICAL E DAS
ALTERAÇÕES NO TECIDO PERIODONTAL DE SUPORTE INDUZIDAS PELO
APARELHO HERBST**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas Área de Ortodontia, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista para obtenção do título de Mestre em Ciências Odontológicas.

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli

Araraquara

2014

Schwartz, João Paulo

Avaliação tomográfica da reabsorção radicular apical e das alterações no tecido periodontal de suporte induzidas pelo aparelho Herbst/ João Paulo Schwartz.-- Araraquara: [s.n.], 2014.

49 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli

1. Tomografia computadorizada de feixe cônico espiral 2. Avanço mandibular 3. Periodonto I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Disleide Silvia Valério Gounella, CRB-8/5629

Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Araraquara / UNESP

JOÃO PAULO SCHWARTZ

AVALIAÇÃO TOMOGRÁFICA DA REABSORÇÃO RADICULAR APICAL E DAS ALTERAÇÕES NO TECIDO PERIODONTAL DE SUPORTE INDUZIDAS PELO APARELHO HERBST

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Presidente e Orientador.....Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli
2º Examinador.....Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto
3º Examinador.....Profª. Dra. Daniela Gamba Garib Carreira

Araraquara, 16 de Maio de 2014.

DADOS CURRICULARES

JOÃO PAULO SCHWARTZ

NASCIMENTO: 18/12/1985 - Curitiba - Paraná

FILIAÇÃO: Humberto Osvaldo Schwartz

Norma Marli Dillenburg Schwartz

Formação Acadêmica

2003-2007: Graduação em Odontologia - Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG)

2010-2012: Especialização em Ortodontia - Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo (HRAC-USP)

2012-2014: Mestrado em Ciências Odontológicas, Área de Ortodontia - Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FOAr-UNESP)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais **Humberto** e **Norma** e ao meu irmão **Humberto**.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Araraquara da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (FOAr-UNESP), na pessoa da sua Diretora Profa. Dra. Andréia Affonso Barretto Montandon e Vice-Diretora Profa. Dra. Elaine Maria Sgavioli Massucato.

Ao coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Prof. Dr. Osmir Batista de Oliveira Junior e a todos os docentes do Curso de Pós-Graduação.

Aos docentes da Disciplina de Ortodontia, Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto, Prof. Dr. João Roberto Gonçalves, Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins, Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior, Prof. Dr. Maurício Tatsuei Sakima e em especial Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli.

Aos funcionários do Departamento de Clínica Infantil, da Seção de Pós-Graduação e aos colegas do Curso de Pós-graduação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e a todos aqueles que de uma forma ou de outra colaboraram para a execução deste trabalho.

Aos docentes da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), Prof. Dr. Ulisses Coelho, Prof. Dr. Emílgio Enrique Orellana Jimenez e em especial Profa. Dra. Elizabete Brasil dos Santos, Prof. Dr. Vitoldo Antônio Kozlowski Júnior e Prof. Dr. Joane Augusto de Souza Junior.

Aos funcionários e profissionais do Hospital de Reabilitação de Anomalias Craniofaciais da Universidade de São Paulo (HRAC-USP), em especial Prof. Omar Gabriel da Silva Filho e Profa. Dra. Daniela Gamba Garib Carreira.

Agradeço a toda minha família e amigos. Muito obrigado a todos.

“...if you want something in life, reach out and grab it”

Cristopher McCandless

Schwartz JP. Avaliação tomográfica da reabsorção radicular apical e das alterações no tecido periodontal de suporte induzidas pelo aparelho Herbst [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Unesp; 2014.

Resumo

Este estudo avaliou quantitativamente altura e espessura óssea alveolar nos incisivos centrais e laterais inferiores e reabsorção radicular apical em todas as raízes, após uso do aparelho Herbst. Amostra composta por 23 indivíduos brasileiros (11 gênero masculino e 12 gênero feminino), média de idade $15,76 \pm 1,75$, má oclusão Classe II divisão 1, tratados com Herbst. Tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) foram realizadas antes e após o tratamento com Herbst. A altura e a espessura óssea alveolar dos incisivos inferiores foram avaliadas. As espessuras ósseas vestibular (V), lingual (L) e total (T) foram mensuradas nos terços cervical (1), médio (2) e apical (3) dos incisivos inferiores. A reabsorção radicular apical foi determinada pelo método da navegação axial guiada nas imagens de TCFC. O Teste t de Student e o Teste T de Wilcoxon compararam as amostras dependentes nos casos paramétricos e não paramétricos, respectivamente. Os resultados foram considerados para um nível de significância de 5%. Os incisivos inferiores não apresentaram diferença estatística significativa para a altura óssea alveolar. A espessura óssea alveolar dos incisivos inferiores reduziu significativamente após o tratamento em V1, V2, V3, T1 e aumentou em L2. A reabsorção radicular apical foi detectada pela TCFC em 57,96% das 980 raízes avaliadas. A TCFC, por permitir a avaliação tridimensional das raízes dentárias, demonstrou que o aparelho Herbst induz reabsorção radicular apical suave, principalmente nos dentes de ancoragem, e o deslocamento dentário induzido por esse aparelho causa redução da espessura óssea alveolar vestibular nos incisivos inferiores.

Palavra-Chaves: Tomografia computadorizada de feixe cônico espiral; Avanço mandibular; Periodonto.

Schwartz JP. Tomography evaluation of apical root resorption and changes in periodontal tissue support induced by Herbst appliance [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Unesp; 2014.

Abstract

This study evaluated quantitatively, alveolar bone height and thickness in the central and lateral lower incisors and apical root resorption in all roots after using Herbst appliance. The sample comprised 23 patients (11 men, 12 women), mean ages 15.76 ± 1.75 years, presenting class II division 1, treated with Herbst appliance. Cone-beam computed tomography (CBCT) images were obtained before and after Herbst treatment. The vertical alveolar bone level and the alveolar bone thickness of lower incisors were assessed. Vestibular (V), lingual (L) and total (T) bone thicknesses were assessed at the crestal (1), midroot (2) and apical (3) levels of the lower incisors. The apical root resorption was determined using axial guided navigation of CBCT images. The Student's t-Test and Wilcoxon t-Test were used to compare dependent samples in parametric and non-parametric cases, respectively. The results were considered at a significance level of 5%. The lower incisors showed no statistical significance for the vertical alveolar bone level. The alveolar bone thickness of lower incisors significantly reduced after the treatment at V1, V2, V3, T1 and significantly increased at L2. Apical root resorption was detected by CBCT in 57.96% of 980 roots that underwent treatment. The CBCT, for allowing three-dimensional evaluation of dental roots, showed that Herbst appliance induces mild apical root resorption, mostly in the anchoring teeth, and the tooth movement induced by this appliance causes alveolar bone reduction on the vestibular side of lower incisors.

Keywords: Spiral cone-beam computed tomography; Mandibular advancement; Periodontium.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	11
3	PROPOSIÇÃO.....	19
4	MATERIAL E MÉTODO.....	20
5	RESULTADO.....	32
6	DISCUSSÃO.....	37
7	CONCLUSÃO.....	40
	REFERÊNCIAS.....	41
	APÊNDICE.....	47
	ANEXO 1.....	48
	ANEXO 2.....	49

INTRODUÇÃO

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é um método de diagnóstico surgido no final da década de 1990 que fornece imagens tridimensionais das estruturas do complexo craniofacial e permite a sua avaliação (De Vos et al.¹⁸, 2009).

A TCFC utiliza a radiação X e permite a obtenção da reprodução de uma secção do corpo humano em quaisquer uns dos três planos do espaço. Esses planos são utilizados como pontos de referência para descrever a posição e a direção das estruturas. Diferentemente das radiografias convencionais, que projetam em um só plano todas as estruturas radiografadas, a TCFC evidencia ainda as relações estruturais em profundidade do corpo humano (Garib et al.²⁷, 2007). A TCFC favorece a delimitação de irregularidades tridimensionalmente com uma definição admirável, principalmente dos tecidos mineralizados, e permite enxergar todas as estruturas em camadas (Parks⁵², 2000).

A relação de classe II é considerada a discrepância maxilomandibular mais frequente, sendo encontrada em uma porcentagem significativa da população (Ast et al.⁴, 1965; Silva Filho et al.⁶⁶, 1989; Martins et al.³⁹, 1998). A prática clínica e as pesquisas tem demonstrado que o aparelho Herbst é efetivo na correção da classe II em indivíduos com deficiência mandibular (Pancherz⁴⁸, 2000; Ruf, Pancherz⁵⁹, 2003). O aparelho Herbst estimula as estruturas da articulação temporomandibular com deposição óssea na região pósterio-superior do côndilo e remodelação da cavidade glenóide em crianças e adultos (Ruf, Pancherz⁵⁸, 1999).

Avaliações quantitativas da reabsorção radicular apical inflamatória e das alterações no osso alveolar ocasionadas pela movimentação dentária induzida são importantes e fazem parte das aplicações da TCFC (Lund et al.³⁶, 2012).

REVISÃO DA LITERATURA

Grande progresso no diagnóstico ocorreu com a introdução da tomografia computadorizada de feixe cônico no final da década de noventa, simultaneamente por Mozzo et al.⁴³ (1998) na Itália e Arai et al.³ (1999) no Japão. Isso gerou interesse na avaliação do complexo craniofacial por meio dessa nova técnica de imagem (De Vos et al.¹⁸, 2009).

A TCFC fornece imagens tridimensionais das estruturas do complexo craniofacial, com custo mais baixo, doses de radiação mais baixas, aquisição de imagem mais fácil, maior acurácia, redução de artefatos, tempo de escaneamento mais rápido e melhor custo-benefício que as tomografias computadorizadas convencionais usadas em Medicina (Scarfe et al.⁶³, 2006; Garib et al.²⁷, 2007; Scarfe, Farman⁶², 2008; Tyndall, Rathore⁷², 2008).

A reformatação em 3D promove infinitas perspectivas. Medidas craniométricas a partir da TCFC são ferramentas poderosas de diagnóstico com diversas vantagens, como uma avaliação volumétrica dos tecidos da cabeça, em tamanho real e sem nenhuma sobreposição de estruturas anatômicas, imitando a anatomia do corpo humano em forma de imagem (Garib et al.²⁷, 2007; Cavalcanti¹⁵, 2010).

Os atuais aparelhos de TCFC se assemelham aos aparelhos de radiografia panorâmica, sendo que, na maioria das vezes, o paciente é posicionado sentado. Esse aparelho possui dois componentes principais posicionados em extremos opostos da cabeça do paciente: a fonte ou tubo de raios X, responsável por emitir um feixe em forma de cone, e um detector de raios X. Este sistema realiza somente um giro de até 360 graus em torno da cabeça do paciente, a qual fica apoiada em um suporte para alterar sua posição. A cada grau, geralmente 1 grau, o aparelho adquire uma imagem base da cabeça do paciente, sob diferentes ângulos ou perspectivas. Ao final as imagens base são reformatadas, gerando uma imagem volumétrica tridimensional por meio de um software específico, através de um programa de algoritmos, instalado em um computador ligado ao tomógrafo. O exame tem duração de 10 a 70 segundos, uma volta completa do sistema, porém o tempo de exposição efetivo aos raios X fica entre 3 a 6 segundos (Garib et al.²⁷, 2007).

Os programas de TCFC permitem a reformatação dos corte multiplanares, processando imagens axiais, coronais, sagitais e parassagitais. Alguns programas ainda permitem as reformatações tridimensionais e réplicas de radiografias convencionais como a panorâmica e a telerradiografia em norma lateral e frontal (Cavalcanti¹⁵, 2010).

Com a rápida evolução dos aparelhos e softwares que utilizam a TCFC tornou-se necessário conhecer as novas características desse método diagnóstico. Com o advento da tomografia computadorizada, medidas mais reais puderam ser obtidas em uma reconstrução 3D. A imagem espacial das estruturas craniofaciais pode ser produzida e as estruturas internas serem observadas independentemente das estruturas externas (Fernandes et al.²³, 2010).

Para que a TCFC possa ser utilizada com segurança pelos profissionais é necessário à avaliação das medidas lineares quanto à precisão e acurácia. Uma medida é dita precisa, quando é reprodutível intra ou interexaminadores, isto é, cujos valores são semelhantes em cada medição. A precisão, também denominada reprodutibilidade, confiabilidade e consistência, é afetada pelo erro aleatório e quanto maior o erro, menos precisa é a medida (Accorsi¹, 2007).

A acurácia de uma medida é melhor avaliada quando comparada a uma técnica de referência já considerada acurada, padrão-ouro. A acurácia de uma variável é a sua capacidade de representar realmente o que deveria representar, ou seja, quando se aproxima do seu valor verdadeiro (Buschang et al.¹², 1987).

A espessura do osso alveolar, quando os valores são próximos ou menores que o tamanho do voxel da TCFC, foi estudada utilizando diferentes tomógrafos e demonstrou boa a excelente precisão (Razavi et al.⁵⁶, 2010; Sun et al.⁶⁹, 2011). Todavia, Sun et al.⁶⁹ (2011) encontraram que quando a espessura do osso alveolar é maior que o tamanho do voxel de 0,4 milímetros (mm), as mensurações são susceptíveis a serem superestimadas em 0,5 a 1mm e quando próxima ou menor que o tamanho do voxel tendem a ser subestimadas em 0,9 a 1,2mm. Os autores concluíram que a diminuição do tamanho do voxel de 0,4 para 0,25mm pode melhorar a acurácia dessas medidas quando se utiliza o tomógrafo iCAT (Imaging Science International, Hatled, Pa). Outro estudo comparou a precisão e a acurácia de dois tomógrafos (i-CAT NG® e Accuitomo 3D60 FPD®) com diferentes tamanhos de voxel 0,3 e 0,125mm (Razavi et al.⁵⁶, 2010). Concluiu-se que, com um tamanho de voxel menor, melhor acurácia é obtida quando pequenas distancias lineares, como osso alveolar, são avaliadas. Essa melhor acurácia não é creditada somente ao tamanho do voxel, o tomógrafo Accuitomo 3D60 FPD® apresenta melhor resolução de imagem, o que facilitou a mensuração do osso alveolar (Razavi et al.⁵⁶, 2010).

O comprimento das raízes dos dentes foi analisado na TCFC, quanto à acurácia e precisão, em três diferentes tamanhos de voxel (0,2, 0,3 e 0,4mm) utilizando o tomógrafo iCAT (Imaging Science International, Hatled, Pa) e o software Dolphin 10.5, Iaging Systems, Chatsworth, Calif). Compararam-se radiografias periapicais, as tomografias nos cortes

multiplanares e o tamanho real dos dentes medidos com paquímetro, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os tamanhos de voxel e as radiografias periapicais foram consideradas menos acuradas que as TCFC (Sherrard et al.⁶⁵, 2010).

A precisão e acurácia de medidas craniométricas lineares em TCFC, em cortes multiplanares, em telerradiografias e diretamente no crânio foram avaliadas (Gribel et al.²⁸, 2011). O tomógrafo iCAT (Imaging Science International, Hatled, Pa) e o software SimPlant Ortho 2.0 (Materialise Dental, Lueven, Belgium) foram utilizados. Ambos os métodos apresentaram alta precisão, porém, as mensurações nas TCFC, em um voxel de 0,3mm, são mais acuradas que as realizadas nas telerradiografias principalmente por não apresentarem alterações de magnificação (Gribel et al.²⁸, 2011).

Um estudo avaliou a precisão e a acurácia das medidas lineares na TCFC (i-CAT Classic, Imaging Science International), em cortes multiplanares no software Dolphin® 3D (V.10, Dolphin Imaging, Chatsworth, Calif), e diretamente no crânio (Brown et al.¹¹, 2009). Utilizaram tamanho de voxel 0,4mm, alterando o número de projeções base, variando o tempo de aquisição (10, 20 e 40 segundos). As medidas lineares em reformatações 3D apresentam precisão variável, porém, a redução do número de projeções da imagem não diminuiu a precisão e, além disso, expõe o paciente a menor dose de radiação. As imprecisões encontradas no estudo podem ser devido a não utilização de marcadores hiperdensos, gerando dificuldade de marcação dos pontos e não intrínsecos a TCFC (Brown et al.¹¹, 2009).

A acurácia de medidas lineares rotineiramente utilizadas nas análises cefalométricas foi avaliada por Strateman et al.⁶⁸ (2008), adquirindo imagens com dois tomógrafos diferentes: NewTomH QR DVT 9000 (Aperio Inc, Sarasota, FL, USA) e o Hitachi Mercuray (Hitachi Medico Technology, Tokyo Japão) e utilizaram o software Amira (Amira 3.1, Mercury Computer Systems GmbH, Berlim, Alemanha). Ambos o sistemas apresentaram alta acurácia em relação as medidas físicas.

A literatura demonstra grande variabilidade de resultados, os quais podem ser explicados pelas diferenças nos tomógrafos utilizados para a aquisição das imagens e nos softwares empregados na realização das mensurações. Cada tomógrafo apresenta características próprias quanto ao posicionamento do paciente, escaneamento, tempo de reconstrução, tipo de detector de imagem, campo de visão, resolução e dose de radiação (Berco et al.⁸, 2009).

O voxel é o volume total da área escaneada e apresenta um formato cilíndrico, de tamanho variável, de acordo com a marca do aparelho que pode ser considerado como pequenos cubos dispostos próximos uns dos outros (Damstra et al.¹⁷, 2010). Na TCFC o voxel

é isométrico, ou seja, apresenta altura, largura e profundidade de iguais dimensões (Farman, Scarfe²², 2006). Cada voxel tem um valor (brilho ou escala de cinza), que representa a densidade de raios X da estrutura correspondente (Cavalcanti¹⁵, 2010). A resolução do voxel pode influenciar na precisão das mensurações nos cortes multiplanares e principalmente na reformatação 3D.

O tamanho do voxel influencia em termos de qualidade, escaneamento e reformatações das imagens da TCFC (Kamburoğlu, Kursun³¹, 2010). A definição da imagem da TCFC está relacionada à espessura do voxel, menor unidade da imagem, quanto menor a espessura do voxel maior a definição da imagem, porém maior a dose de radiação emitida (Farman, Scarfe²², 2006). Reduzir a resolução do voxel, aumentando o tamanho do voxel, pode resultar em uma imagem de qualidade inferior e informações menos detalhadas da anatomia da região. A resolução espacial é menor quando o tempo de aquisição é mais rápido e um maior tamanho de voxel é utilizado (Ballrick et al.⁶, 2008). Obtém-se uma resolução mais nítida quando o escaneamento for mais lento e um menor tamanho de voxel for utilizado. Uma resolução maior necessita de um maior tempo de varredura, conseqüentemente expõem o paciente a uma dose de radiação mais elevada e há também aumento do risco de movimentação do paciente durante o exame (Damstra et al.¹⁷, 2010). Além disso, o princípio *as low as reasonably achievable* (ALARA) deve ser utilizado para prescrição da TCFC.

Estudos analisaram as possíveis alterações resultantes da variação do tamanho do voxel em relação à reabsorção interna (Kamburoğlu, Kursun³¹, 2010); espessura de tecido mole (Fourie et al.²⁵, 2010); reabsorção radicular externa (Liedke et al.³⁴, 2009; Sherrard et al.⁶⁵, 2010); alterações alveolares após expansão rápida da maxila (Sun et al.⁶⁹, 2011) e mensurações alveolares em modelos 3D com marcadores hiperdensos (Damstra et al.¹⁷, 2010). Estes artigos demonstram que melhorar a resolução, diminuindo o tamanho do voxel submilimetricamente, nem sempre aumenta a precisão e a acurácia das variáveis avaliadas. Entretanto, os estudos evidenciaram que a acurácia e a precisão pode ser influenciada se a estrutura de interesse apresentar uma dimensão muito pequena e a variação do tamanho do voxel for muito grande.

Liedke et al.³⁴ (2009) avaliou a influência dos diferentes tamanhos do voxel (0,2, 0,3 e 0,4mm) para diagnóstico da reabsorção externa. Demonstrou que independente do voxel utilizado, o diagnóstico foi o mesmo, porém, um tamanho menor do voxel facilita a identificação das alterações.

Alterações alveolares após a expansão rápida da maxila foram avaliadas em dois protocolos de voxel diferentes (0,25 e 0,4mm) e boa a excelente precisão foi encontrada em

ambos. Os autores concluíram que diminuir o tamanho do voxel de 0,4 para 0,25mm facilita a visualização e as mensurações (Sun et al.⁶⁹, 2011).

Patcas et al.⁵³ (2012) avaliou a acurácia da TCFC com diferentes resoluções do voxel (0,125 e 0,4mm) para mensuração do tecido ósseo na região dos incisivos inferiores. Não há diferença estatística significativa entre os dois protocolos de voxel avaliados, apesar de existir discrepância nas medidas de até 2,1mm. Deve-se utilizar um protocolo de tamanho do voxel customizado, de acordo com a área de interesse, pois até o voxel de 0,125mm pode não identificar o osso alveolar muito fino na região dos incisivos inferiores, ocorrendo o risco de superestimação das medidas dos defeitos ósseos (Patcas et al.⁵³, 2012).

Cada vez mais técnicas imaginológicas vêm sendo aplicadas no diagnóstico e plano de tratamento, assim como na avaliação dos efeitos de diversas terapias. Por isso, a TCFC tem se desenvolvido principalmente nas áreas de Implantodontia, Diagnóstico bucal, Cirurgia e Ortodontia.

As más oclusões do Padrão facial II se caracterizam pelo degrau sagital aumentado entre a maxila e mandíbula, ou seja, deficiência mandibular e/ou protrusão maxilar independente da relação molar que seus arcos dentários apresentem (Capelozza Filho¹³, 2004). Essa discrepância maxilomandibular é considerada a mais frequente na prática ortodôntica, sendo encontrada em uma porcentagem significativa da população (Ast et al.⁴, 1965; Silva Filho et al.⁶⁶, 1989; Martins et al.³⁹, 1998). A deficiência mandibular é a característica mais comum da relação de classe II (McNamara⁴⁰, 1981).

O aparelho Herbst desenvolvido pelo alemão Emil Herbst, inicialmente com o nome de Okklusionsscharnier ou Retentionsscharnier, foi apresentado pela primeira vez no 5º Congresso Internacional de Odontologia de Berlim em 1909. Em 1934 na revista Zahnärztliche Rundschau, Emil publicou três artigos relatando sua experiência com o aparelho. No mesmo periódico Martin Schwarz, de Viena na Áustria, publicou dois artigos criticando o aparelho Herbst, afirmando que o dispositivo poderia resultar em sobrecarga nos dentes de ancoragem com conseqüente dano ao periodonto (Pancherz⁴⁹, 2003). Com isso, poucos estudos sobre o aparelho Herbst foram realizados, e este caiu em desuso por muito tempo na literatura ortodôntica até ser redescoberto por Pancherz na década de 1970.

Em 1979, o sueco Hans Pancherz publicou um artigo chamando a atenção para a utilização do aparelho Herbst no tratamento da Classe II com deficiência mandibular (Pancherz⁴⁹, 2003). Desde então, o antigo aparelho Herbst foi reintroduzido na prática ortodôntica e várias pesquisas científicas têm sido realizadas no intuito de esclarecer os efeitos dentários e esqueléticos proporcionados por este aparelho.

O aparelho Herbst consiste em um mecanismo telescópico par, idealizado para manter a mandíbula protruída ininterruptamente. Uma vez adaptado o mecanismo telescópico tem a propriedade de arremeter o côndilo permanentemente para frente, em direção a eminência articular, e estabelecer uma articulação artificial entre a maxila e a mandíbula (Silva Filho et al.⁶⁷, 2007).

Por ser dento-suportado, o aparelho Herbst promove alterações dentoalveolares. Os seguintes estudos relatam a distalização dos molares superior: Pancherz⁴⁶ (1979); Pancherz⁴⁷ (1982); Pancherz, Hansen⁵⁰ (1986); McNamara et al.⁴¹ (1990); Objou, Pancherz⁴⁵ (1997); Ursi, McNamara⁷³ (1997); Croft et al.¹⁶ (1999). Para Valant, Sinclair⁷⁵ (1989), os molares mantêm a sua posição vertical. A intrusão de tais dentes é relatada por McNamara et al.⁴¹ (1990). Autores como Pancherz⁴⁶ (1979); Pancherz⁴⁷ (1982); Pancherz, Hansen⁵⁰ (1986); Valant, Sinclair⁷⁵ (1989); Ursi, McNamara⁷³ (1997); Croft et al.¹⁶ (1999); Dib¹⁹ (2007); Maia³⁸ (2007) entendem que os molares inferiores mesializaram após o tratamento. Os incisivos inferiores são vestibularizados e/ou protuídos, sendo essa movimentação relatada por estudos como os de Pancherz⁴⁶ (1979); Pancherz⁴⁷ (1982); Pancherz, Hansen⁵⁰ (1986); Valant, Sinclair⁷⁵ (1989); Objou, Pancherz⁴⁵ (1997); Ursi et al.⁷⁴ (1999); Schütz et al.⁶⁴ (2002); Weschler, Pancherz⁸¹ (2005); Dib¹⁹ (2007); von Bremen et al.⁷⁷ (2007); Barnett et al.⁷ (2008); El-Fateh, Ruf²⁰ (2011).

Nasiopoulos et al.⁴⁴ (2006) avaliou, por meio de radiografias periapicais, as alterações na morfologia da raízes dentárias dos pré-molares superiores e inferiores induzidas pelo aparelho Herbst. Não houve diferença estatística significativa na morfologia das raízes dos pré-molares superiores e inferiores antes e após o uso do aparelho Herbst. Porém, em relação aos pré-molares inferiores os primeiros apresentaram maior reabsorção radicular do que os segundos (Nasiopoulos et al.⁴⁴, 2006).

Kinzinger et al.³² (2011) avaliou, por meio de radiografias panorâmicas, a reabsorção radicular apical induzida pelo aparelho Herbst. O aparelho Herbst, por ser um dispositivo fixo e de uso contínuo, pode transmitir forças não fisiológicas aos dentes de ancoragem, expondo estes a um maior risco de reabsorção radicular apical, assim como aos outros dentes vizinhos aos de ancoragem, via oclusal ou contatos interproximais. Os dentes mais afetados pela reabsorção radicular apical induzida pelo aparelho Herbst foram os primeiros molares superiores e os primeiros pré-molares inferiores (Kinzinger et al.³², 2011).

A avaliação dos efeitos do tratamento ortodôntico nos estudos acima foi realizada pelo método tradicional por meio de telerradiografia, radiografia panorâmica e periapical. A tábua óssea vestibular e lingual não são estruturas adequadamente visualizadas em radiografias

bidimensionais convencionais, devido à sobreposição de imagens (Menezes et al.⁴², 2010; Fuhrmann et al.²⁶, 1997).

Movimentos dentários no sentido vestibulo-lingual podem causar deiscências ósseas, como documentado nos estudos em animais e humanos (Wennström et al.⁸⁰, 1987; Wehrbein et al.⁷⁹, 1996), constituindo uma preocupação quanto à integridade periodontal a longo prazo. Além disso, quanto maior a idade do paciente tratado com o aparelho Herbst, maior a inclinação dentária durante a movimentação ortodôntica o que aumenta o risco dos dentes se moverem para fora do processo alveolar, podendo reduzir a espessura do osso vestibular e predispor à recessão gengival (Ruf, Panchers⁵⁷, 1999). Avaliações quantitativas das alterações no osso alveolar, ocasionados pela movimentação dentária induzida, fazem parte das aplicações da TCFC (Paulsen et al.⁵⁴, 1995).

A reabsorção radicular apical inflamatória é um efeito colateral da movimentação dentária induzida causada pela resposta tecidual biológica, sendo esta correlação relatada na literatura, pela primeira vez, em 1914 (Lund et al.³⁷, 2012). É uma condição fisiológica ou patológica localizada, caracterizada pela perda da camada superficial de células que protegem a raiz dentária, associada com a perda de estrutura dentária causada por células clásticas (Estrela et al.²¹, 2009). O tratamento ortodôntico apresenta alguns fatores de risco como tempo de tratamento, direção do movimento, técnica ortodôntica, tipo e magnitude da força aplicada. A maioria dos estudos em ortodontia avalia a reabsorção radicular apical por meio de radiografias convencionais. Entretanto, as radiografias convencionais podem subestimar ou superestimar a quantidade de perda da estrutura radicular. A radiografia panorâmica superestima a reabsorção apical radicular em 20% em comparação a radiografia periapical, mas subestima quando comparada a microtomografia (Castro et al.¹⁴, 2013). As radiografias periapicais foram consideradas menos acuradas que as TCFC para avaliação do comprimento radicular (Sherrard et al.⁶⁵, 2010). A reabsorção radicular apical é uma alteração tridimensional que pode afetar a superfície radicular como um todo. O fato de a TCFC não apresentar distorções e reproduzir imagens individuais de cada raiz provem excelente possibilidade para avaliação da reabsorção radicular apical (Lund et al.³⁷, 2012).

Recentemente diversos pesquisadores dedicam-se ao estudo da reabsorção radicular apical e das alterações no osso alveolar induzidas pela movimentação ortodôntica por meio da TCFC com diferentes tamanhos do voxel (Lund et al.³⁵, 2010; Lee et al.³³, 2012; Lund et al.³⁶, 2012; Lund et al.³⁷, 2012; Castro et al.¹⁴, 2013; Yodthong et al.⁸³, 2013; Yu et al.⁸⁴, 2013).

O conhecimento das alterações do periodonto de suporte induzidas pelo aparelho Herbst é de suma importância e não há relatos na literatura de estudos utilizando a TCFC na sua avaliação. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a reabsorção radicular apical e as alterações no tecido periodontal de suporte induzidas pelo aparelho Herbst de forma tridimensional por meio da TCFC.

PROPOSIÇÃO

Este estudo objetivou avaliar quantitativamente, por meio de TCFC, a reabsorção radicular apical em todas as raízes e as alterações na altura e espessura óssea alveolar nos incisivos centrais e laterais inferiores induzidas pelo aparelho Herbst, em pacientes Padrão facial II com deficiência mandibular e má oclusão Classe II, divisão 1 de Angle.

MATERIAL E MÉTODO

Este estudo retrospectivo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Araraquara sob o número de processo 241/2012 (Anexo 1 e 2) e teve auxílio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), sob o número de processo 2010/17934-8 (Apêndice).

A amostra deste estudo foi composta por 23 indivíduos brasileiros leucodermas, Padrão facial II associado à deficiência mandibular e má oclusão Classe II, divisão 1 de Angle, média de idade $15,76 \pm 1,75$, sendo 11 do gênero masculino e 12 do gênero feminino.

Os critérios para inclusão na amostra são: Padrão facial II associado à deficiência mandibular; relação dentária Classe II, divisão 1 de Angle; presença de dentição permanente completa, exceto terceiros molares; ausência de apinhamento dentário severo nas arcadas dentária superior e inferior; ausência de problemas transversais; trespasse horizontal maior ou igual a 5 milímetros (mm).

Os critérios de exclusão da amostra são: pacientes portadores de síndromes de crescimento; tratamento ortodôntico prévio; padrão vertical extremo.

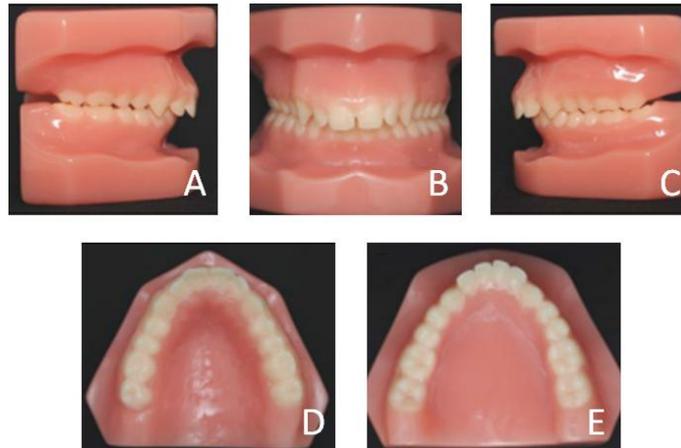
A análise facial subjetiva foi realizada clinicamente. Na análise facial foram observadas algumas características que ajudaram na determinação do Padrão facial II associado à deficiência mandibular: perfil convexo; ângulo nasolabial normal; lábio inferior evertido; sulco mento labial marcado; ângulo queixo pescoço aberto e linha queixo-pescoço diminuída (Capelozza Filho¹³, 2004), (Figura 1).

Figura 1 - Padrão facial II associado à deficiência mandibular. Fotografia perfil (A). Perfil aproximado (B).



A análise dentária foi realizada nos modelos de estudo, em que a Classe II, divisão 1 de Angle foi determinada pela posição sagital dos primeiros molares, dos caninos e pela sobressaliência igual ou maior a 5mm (Figura 2).

Figura 2 - Relação dentária de Classe II, divisão 1 de Angle. Vista lateral direita (A), esquerda (C) e frontal (B). Vista oclusal superior (D) e inferior (E).

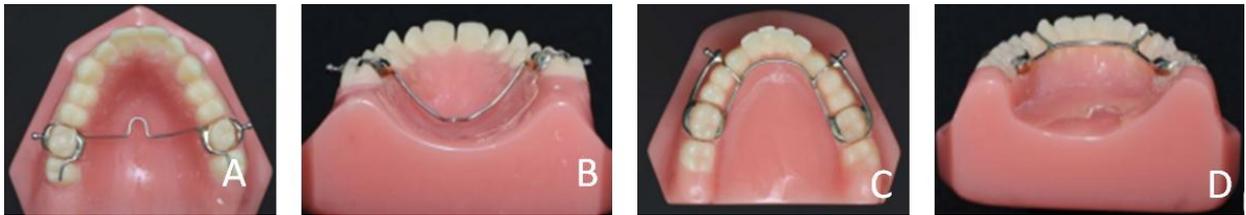


O sistema de ancoragem utilizado na arcada superior consistiu-se de bandas (Universal Morelli), nos primeiros molares superiores, unidas entre si pela barra transpalatina soldada, confeccionada com fio de aço 1,2mm (Dentaurum), afastada 2mm do palato (Figura 3). Uma extensão da barra transpalatina, fio de aço 1,2mm, dirigiu-se à oclusal do segundo molar.

O sistema de ancoragem utilizado na arcada inferior consistiu de bandas (Universal Morelli), nos primeiros molares inferiores, unidas entre si por um arco lingual de Nance modificado soldado, confeccionado com fio 1,2mm (Dentaurum), afastado 3mm da face lingual dos incisivos.

Um cantilever com fio duplo e extensão até a região dos caninos e pré-molares, confeccionado com fio de aço 1,2mm (Dentaurum), foi soldado na face vestibular das bandas dos primeiros molares inferiores. A união entre o cantilever e o arco lingual de Nance foi feita na distal dos caninos, utilizando fio 0,9mm (Dentaurum), para evitar interferências oclusais (Figura 3).

Figura 3 - Ancoragem. Vista oclusal superior (A) e inferior (C). Vista posterior superior (B) e inferior (D).



O mecanismo telescópico utilizado foi o modelo Flip-Lock Herbst[®] (Tp Orthodontics, Inc.) que é constituído pelos conectores, tubos e pistões (Figura 4).

Os conectores apresentam um formato esférico. São soldados na face vestibular das bandas dos primeiros molares superiores e no cantilever, na região dos caninos inferiores.

Os tubos determinam a quantidade do avanço mandibular. Cada tubo apresenta um encaixe, em forma de círculo, e marcadores, diferenciados por cores, sendo que o vermelho corresponde ao lado esquerdo e o verde ao direito. Os tubos são engatados aos conectores dos primeiros molares superiores.

Os pistões são adaptados ao comprimento dos tubos. Em cada pistão há um encaixe circular que se engata ao conector inferior. Os encaixes dos pistões também apresentam uma orientação correta, sendo que o pequeno círculo sobre o encaixe representa a superfície vestibular.

O avanço anterior da mandíbula com o aparelho de Herbst foi realizado conforme preconizado por Pancherz⁴⁷ (1982), ou seja, avanço mandibular único até obter uma relação de topo a topo dos incisivos (Figura 5).

Todos os pacientes foram tratados por dois profissionais previamente calibrados e utilizaram o aparelho Herbst bandado por 8 meses, seguindo o mesmo protocolo de tratamento. Para cimentação dos dispositivos foi utilizado cimento de ionômero de vidro fotopolimerizável (3M UnitekTM). A confecção dos aparelhos foi executada por um único protético.

Figura 4 - Componentes do sistema telescópico Flip-Lock Herbst® (Tp Orthodontics, Inc.).

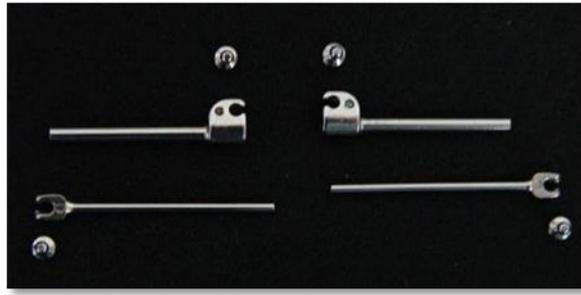


Figura 5 - Avanço mandibular com aparelho Herbst. Vista lateral direita (A), esquerda (C) e frontal (B).



A aquisição das TCFC foi realizada em dois tempos distintos: T0 - inicial, T1 - pós-tratamento de 8 meses com aparelho Herbst. Todos os exames de TCFC foram realizados em uma mesma clínica particular da cidade de Araraquara.

As TCFC foram obtidas por meio do tomógrafo i-CAT® Classic (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA), seguindo os seguintes protocolos: regime de trabalho de 120 quilovoltagem e 18,45 miliamperagem; campo de visão de 17 centímetros (cm) de diâmetro por 13,5cm de altura; tempo de exposição de 20 segundos; tamanho do voxel 0,4mm.

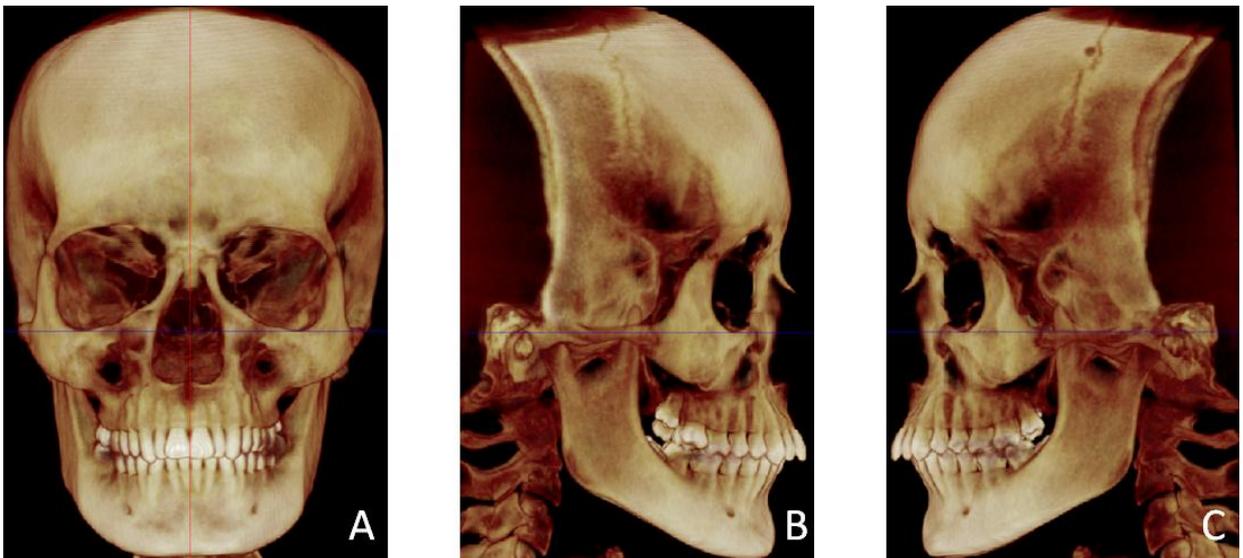
Para realização do exame tomográfico, os pacientes se posicionaram sentados, ocluindo em máxima intercuspidação habitual mantendo apenas um posicionador na testa para imobilizar a cabeça. Os dados foram exportados no formato digital image and communication in medicine (DICOM).

Os arquivos DICOM foram avaliados no programa Dolphin® Imaging (Dolphin Imaging and Management Solutions, Chatsworth, Calif., EUA), por meio da reconstrução multiplanar (axial, coronal e sagital) e da reconstrução bidimensional da telerradiografia em norma lateral.

As imagens foram padronizadas na reformatação tridimensional (3D), a qual permite a rotação e o deslocamento da imagem nos três planos do espaço: sagital, coronal e axial.

A orientação da posição da cabeça foi feita, primeiramente, na vista craniana coronal. A linha do plano sagital coincidindo com a linha média sagital da face e a linha do plano axial tangenciando a borda inferior da órbita direita e esquerda. Na vista craniana sagital direita e esquerda, o plano axial coincidindo com plano de Frankfurt (pório-orbitário), (Park et al.⁵¹, 2006; Ferreira et al.²⁴, 2010), (Figura 6).

Figura 6 - Padronização do posicionamento das imagens. Linha do plano sagital coincidente com a linha media sagital da face e linha do plano axial tangenciando a borda inferior da orbita direita e esquerda (A). Linha do plano axial coincidente com o Plano de Frankfurt (B, C).



As medidas cefalométricas utilizadas para avaliação das alterações dentárias e esqueléticas induzidas pelo aparelho Herbst estão no Quadro 1.

As definições dos pontos e medidas utilizados na mensuração da altura e espessura óssea alveolar nos incisivos centrais e laterais inferiores estão nos Quadros 2 e 3 (Figura 7).

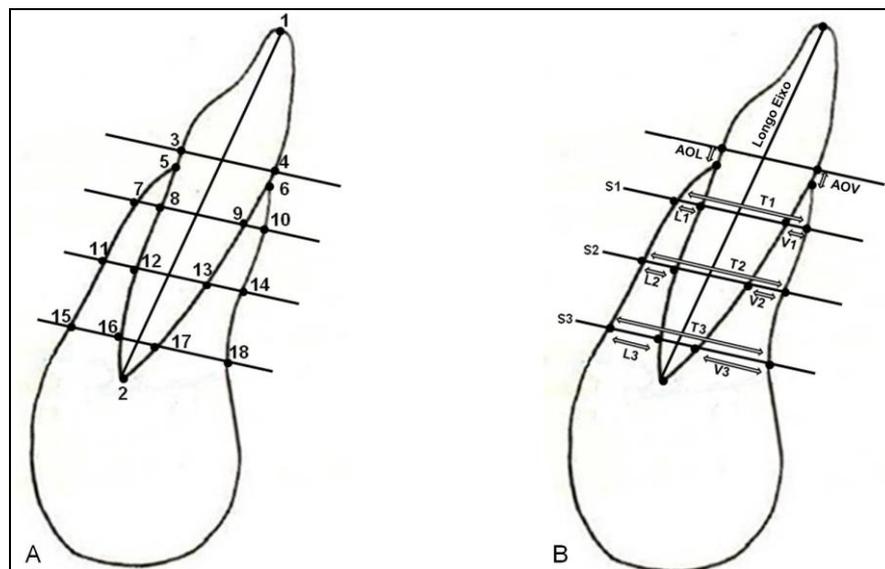
O plano coronal e o sagital foram ajustados para passarem pelo longo eixo do dente de interesse (centro da coroa ao ápice radicular), (Timock et al.⁷¹, 2011). Na vista sagital foi avaliada a altura da tábua óssea vestibular e lingual. A medida foi mensurada do ponto mais superior da crista óssea alveolar até a junção amelocementária (JAC), sendo uma linha paralela ao longo eixo do dente (Lee et al.³³, 2012), (Figura 8).

A espessura da tábua óssea vestibular, lingual e total foi avaliada em cada dente, no corte axial, em três posições diferentes (Yodthong et al.⁸³, 2013). Cada corte axial distanciou 3mm entre si, assim como da junção amelocementária, a qual serviu como referência, sendo estes três cortes demarcados na vista sagital de forma paralela a junção amelocementária (Figura 9). Foram demarcados os pontos mais vestibular e lingual da tábua óssea alveolar e da raiz dentária e foi mensurada a espessura óssea vestibular (ponto mais vestibular do osso até o mais vestibular da raiz), espessura óssea lingual (ponto mais lingual do osso até o mais lingual da raiz) e a espessura óssea total (ponto mais vestibular do osso até o mais lingual do osso) nos três cortes axiais, formando uma linha que passa pelo centro do dente (Figura 10 e 11).

Quadro 1 - Definições das medidas utilizadas para avaliação das alterações cefalométricas dentárias e esqueléticas.

Medidas	Definições
SNA	Posição maxilar em relação à base do crânio
SNB	Posição mandibular em relação à base do crânio
ANB	Relação maxilomandibular
WITS	Relação maxilomandibular
IMPA	Inclinação do incisivo inferior em relação ao plano mandibular
1.1	Ângulo interincisivos

Figura 7 - Pontos de referência (A) e medidas (B) utilizadas para mensuração da altura e espessura óssea alveolar.



Quadro 2 - Definições dos pontos de referência utilizados para mensuração da altura e espessura óssea alveolar.

Pontos	Definições
1	Borda incisal do incisivo inferior
2	Ápice radicular do incisivo inferior
3	JAC lingual
4	JAC vestibular
5	Crista óssea alveolar lingual
6	Crista óssea alveolar vestibular
7	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular cervical com a cortical lingual da sínfise
8	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular cervical com a superfície lingual da raiz dentária
9	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular cervical com a superfície vestibular da raiz dentária
10	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular cervical com a cortical vestibular da sínfise
11	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular médio com a cortical lingual da sínfise
12	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular médio com a superfície lingual da raiz dentária
13	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular médio com a superfície vestibular da raiz dentária
14	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular médio com a cortical vestibular da sínfise
15	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular apical com a cortical lingual da sínfise
16	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular apical com a superfície lingual da raiz dentária
17	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular apical com a superfície vestibular da raiz dentária
18	Intersecção da linha paralela a JAC no terço radicular apical com a cortical vestibular da sínfise

Quadro 3 - Definições das medidas utilizadas para mensuração da altura e espessura óssea alveolar.

Medidas	Definições
Altura óssea vestibular (AOV)	Distância entre os pontos 4 e 6 paralela ao longo eixo do incisivo
Altura óssea lingual (AOL)	Distância entre os pontos 3 e 5 paralela ao longo eixo do incisivo
Espessura óssea lingual terço cervical (L1)	Distância entre os pontos 7 e 8 paralela a JAC
Espessura óssea vestibular terço cervical (V1)	Distância entre os pontos 9 e 10 paralela a JAC
Espessura óssea total terço cervical (T1)	Distância entre os pontos 7 e 10 paralela a JAC
Espessura óssea lingual terço médio (L2)	Distância entre os pontos 11 e 12 paralela a JAC
Espessura óssea vestibular terço médio (V2)	Distância entre os pontos 13 e 14 paralela a JAC
Espessura óssea total terço médio (T2)	Distância entre os pontos 11 e 14 paralela a JAC
Espessura óssea lingual terço apical (L3)	Distância entre os pontos 15 e 16 paralela a JAC
Espessura óssea vestibular terço apical (V3)	Distância entre os pontos 17 e 18 paralela a JAC
Espessura óssea total terço apical (T3)	Distância entre os pontos 15 e 18 paralela a JAC
Longo Eixo	Distância entre os pontos 1 e 2

Figura 8 - Mensuração da altura óssea alveolar. Linha do plano coronal coincidente com o longo eixo do incisivo inferior na vista sagital (A). Linha do plano sagital coincidente com o longo eixo do incisivo inferior na vista coronal (B). Demarcação dos pontos de referência na face vestibular e lingual, JAC e crista óssea alveolar (C). Mensuração vestibular e lingual (D), paralelo ao longo eixo do incisivo inferior (E).

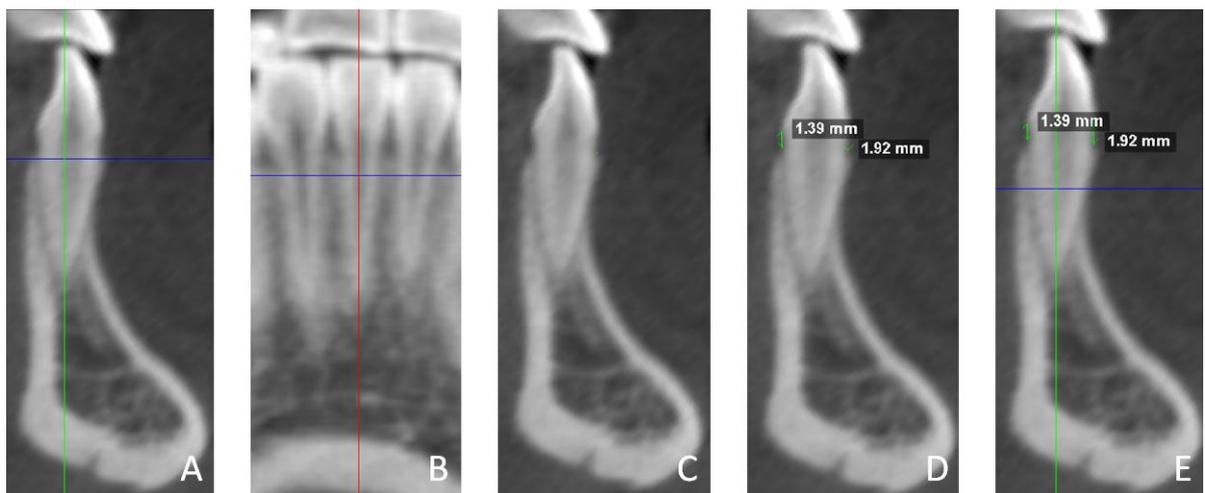


Figura 9 - Determinação dos cortes axiais para avaliação da espessura óssea alveolar. Linha do plano coronal coincidente com o longo eixo do incisivo inferior na vista sagital (A). Linha do plano sagital coincidente com o longo eixo do incisivo inferior na vista coronal (B). Linha do plano axial coincidente com a JAC vestibular e lingual (C). Determinação da distância entre os cortes axiais, paralelos a JAC (D e E).



Figura 10 - Mensuração da espessura óssea alveolar na vista axial. Linha do plano sagital no centro da raiz do incisivo inferior (A). Demarcação dos pontos de referência na face vestibular e lingual do osso alveolar e da raiz dentária (B). Mensuração da espessura óssea alveolar vestibular e lingual (C). Mensuração da espessura óssea alveolar total (D).

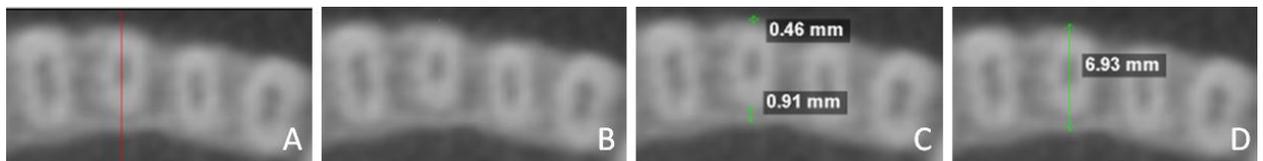


Figura 11 - Vista axial dos terços radiculares avaliados. Terço radicular cervical (A). Terço radicular médio (B). Terço radicular apical (C).



Todos os dentes superiores e inferiores, com exceção dos terceiros molares, foram mensurados quanto ao comprimento dentário, reabsorção radicular apical.

O plano coronal e o sagital foram ajustados para passarem pelo longo eixo do dente de interesse (centro da coroa ou ponta de cúspide ao ápice radicular) de acordo com a raiz do dente de interesse (Castro et al.¹⁴, 2013). A medida do comprimento dentário foi linear entre

dois pontos, um marcado no ápice radicular e outro na incisal ou ponta da cúspide do dente de interesse (Figura 12).

Para localização precisa do ápice radicular e da incisal ou ponta de cúspide, de acordo com o dente de interesse, foi utilizado o método denominado navegação axial guiada (NAG), o qual utiliza a movimentação do plano axial nas vistas coronal e sagital (Castro et al.¹⁴, 2013). O ponto de referência para demarcação do ápice, incisal ou ponta de cúspide é a intersecção entre os planos axial e sagital ou coronal (Figura 12).

Os pontos de referência para mensuração de cada dente foram: incisal até ápice radicular para os incisivos centrais e laterais (vista sagital); ponta da cúspide até o ápice radicular para os caninos (vista sagital); ponta da cúspide vestibular até o ápice radicular para os pré-molares unirradiculares (vista sagital); ponta da cúspide vestibular até o ápice da raiz vestibular para os pré-molares multirradiculares (vista sagital); ponta da cúspide palatina até o ápice da raiz palatina para os pré-molares multirradiculares (vista coronal); ponta da cúspide mesio-palatina até o ápice da raiz palatina no molar superior (vista coronal); ponta de cúspide mesio-vestibular até o ápice da raiz mesio-vestibular no molar superior (vista sagital); ponta de cúspide disto-vestibular até o ápice da raiz disto-vestibular no molar superior (vista sagital); ponta de cúspide mesio-vestibular até o ápice da raiz mesial no molar inferior (vista sagital); ponta de cúspide disto-vestibular até o ápice da raiz distal no molar inferior (vista sagital), (Figura 13).

Figura 12 - Navegação axial guiada. Vista axial identificando o ápice radicular do incisivo superior, como ponto de referência (A). Vista sagital identificando o ápice radicular na intersecção entre as linhas do plano coronal com a do axial (B). Vista coronal identificando o ápice radicular na intersecção entre as linhas do plano sagital com a do axial (C). Vista axial identificando a incisal do incisivo superior, como ponto de referência (F). Vista sagital identificando a incisal na intersecção entre as linhas do plano coronal com a do axial (G). Vista coronal identificando a incisal na intersecção entre as linhas do plano sagital com a do axial (H). Demarcação dos pontos e medida do comprimento dentário na vista coronal (D e E) e sagital (I e J).

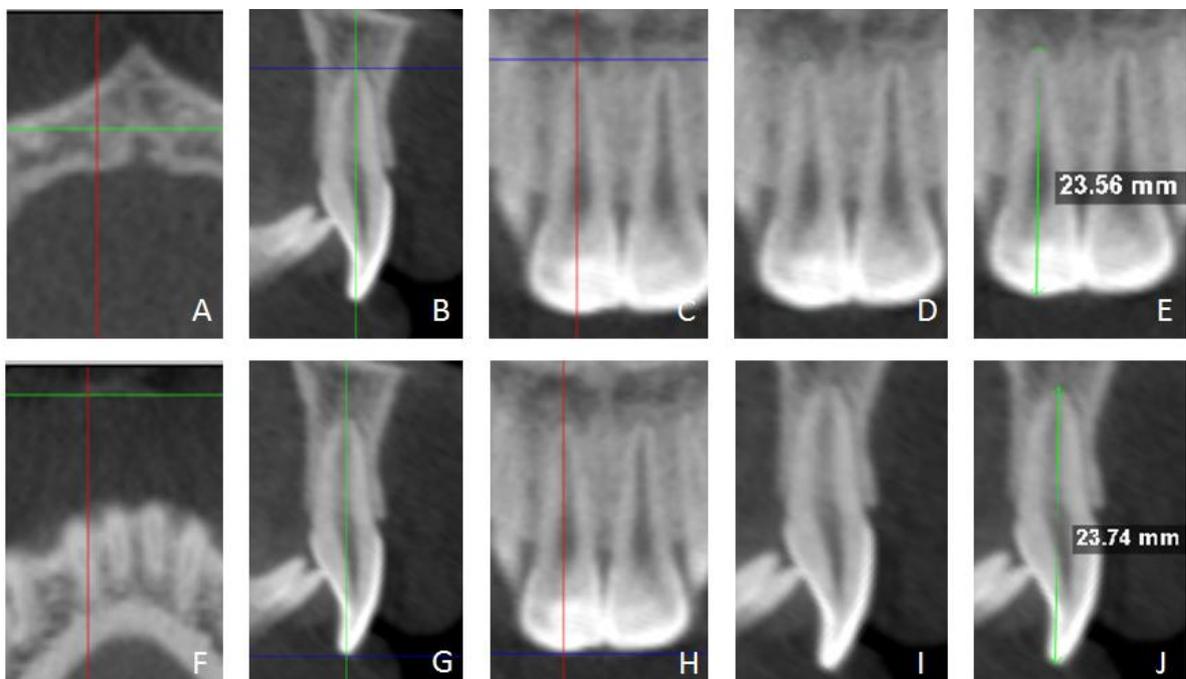
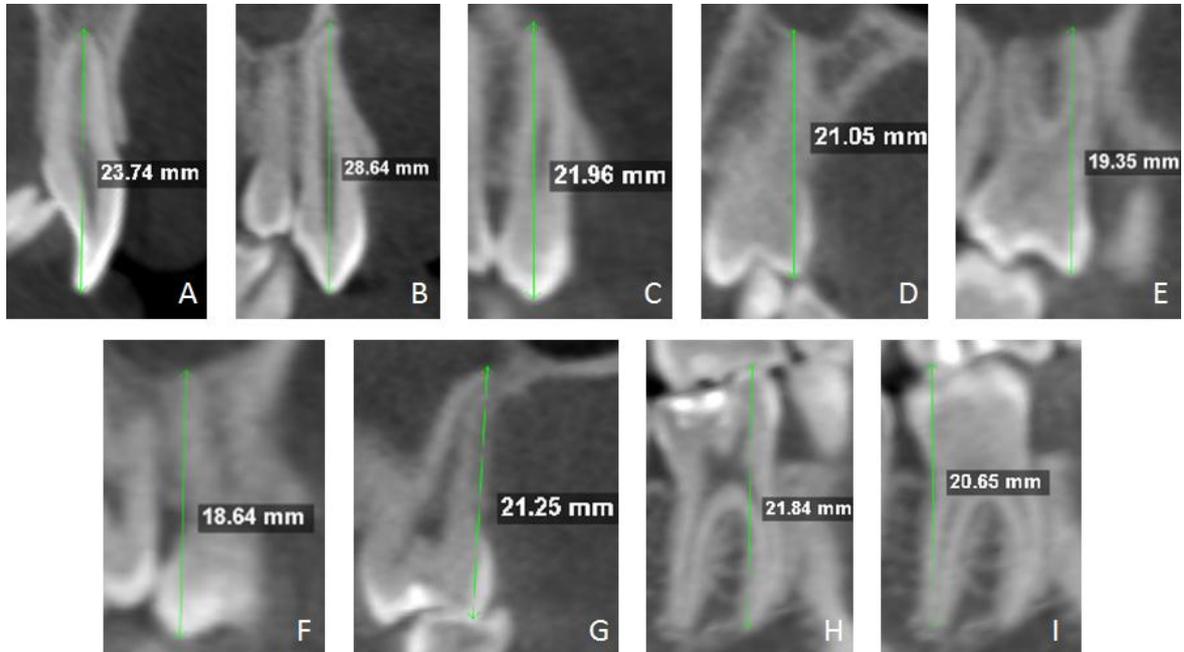


Figura 13 - Referências para mensuração do máximo comprimento dentário. Incisivos (A). Caninos (B). Pré-molares unirradiculares ou raiz vestibular (C), raiz palatina (D). Molar superior raiz mesio-vestibular (E), raiz disto-vestibular (F) e raiz palatina (G). Molar inferior raiz mesial (H), raiz distal (I).



Os dados coletados antes e após o tratamento com aparelho Herbst foram transferidos para o programa Microsoft Office Excel™ 2007.

As medidas lineares e angulares obtidas foram analisadas nos programas SPSS® (versão 16, SPSS, Chicago, III) e GraphPad Prism® (versão 5, GraphPad Prism, San Diego).

As medidas foram replicadas de forma aleatória após um período mínimo de 2 semanas, pelo mesmo examinador. O erro do método foi avaliado pelo Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI). O Teste Shapiro-Wilk foi utilizado para avaliar a distribuição normal. O Teste t de Student e o Teste T de Wilcoxon foram utilizados para comparação das amostras dependentes nos casos paramétricos e não paramétricos, respectivamente. Os coeficientes de correlação de Pearson e de Spearman foram calculados para avaliar a associação entre inclinação do incisivo e alteração óssea alveolar. O Teste Qui-Quadrado com correção de Yates' foi utilizado para avaliar a relação entre a reabsorção radicular apical e o gênero. Os resultados foram considerados para um nível de significância de 5%.

RESULTADO

Com relação à calibração, o erro sistemático intra-examinador demonstrou excelente concordância (CCI= 0,91). A Tabela 1 mostra a média e desvio padrão das medidas cefalométricas no T0 e T1. Diferenças significantes foram encontradas nas medidas SNB, ANB, WITS e IMPA, demonstrando as alterações induzidas pelo aparelho Herbst.

Tabela 1 - Média (), desvio padrão (DP) e nível de significância (P) das medidas cefalométricas, inicial (T0) e final (T1).

Medida	T0, ± DP	T1, ± DP	P Valor
SNA, °	81,69 ± 4,11	81,62 ± 3,81	0,836
SNB, °	77,66 ± 3,88	78,49 ± 3,66	0,027*
ANB, °	4,34 ± 2,16	3,47 ± 2,17	0,000***
WITS, mm	4,49 ± 2,76	3,47 ± 2,72	0,010*
IMPA, °	98,39 ± 7,00	103,00 ± 7,90	0,000***
1.1, °	116,60 ± 9,99	116,90 ± 9,07	0,805

* P <0,05; *** P <0,001.

A média e o desvio padrão da alteração óssea alveolar dos incisivos inferiores no T0 e T1 estão na Tabela 2. Não houve diferença estatística na altura da crista óssea alveolar vestibular e lingual dos incisivos inferiores durante o tratamento.

Houve diferença estatística significativa na espessura óssea alveolar vestibular e total no terço cervical radicular, ocorrendo diminuição das médias do T0 para o T1. A espessura óssea no terço médio radicular demonstrou diferença estatística significativa na lingual e na vestibular com aumento e diminuição das médias, respectivamente, durante o tratamento. No terço radicular apical a média da espessura óssea vestibular diminuiu apresentando diferença estatística significativa do T0 para o T1 (Tabela 2).

Não há correlação estatística significativa entre o grau de inclinação do incisivo inferior e a extensão da alteração óssea alveolar dos incisivos inferiores (Tabela 3).

Tabela 2 - Média (\bar{x}), desvio padrão (DP) e nível de significância (P) da altura e da espessura do osso alveolar dos quatro incisivos inferiores, inicial (T0) e final (T1).

Medida	T0, \bar{x} \pm DP	T1, \bar{x} \pm DP	P Valor
AOV, mm	1,41 \pm 0,43	1,54 \pm 0,53	0,090
AOL, mm	1,43 \pm 0,50	1,52 \pm 0,50	0,132
L1, mm	0,76 \pm 0,40	0,70 \pm 0,42	0,300
V1, mm	0,60 \pm 0,26	0,44 \pm 0,25	0,000***
T1, mm	7,03 \pm 0,73	6,90 \pm 0,74	0,010*
L2, mm	1,16 \pm 0,52	1,36 \pm 0,65	0,000***
V2, mm	0,78 \pm 0,42	0,60 \pm 0,40	0,000***
T2, mm	7,06 \pm 0,92	7,08 \pm 0,96	0,862
L3, mm	1,85 \pm 0,87	1,98 \pm 0,86	0,078
V3, mm	1,98 \pm 0,93	1,84 \pm 0,87	0,035*
T3, mm	7,66 \pm 1,35	7,69 \pm 1,35	0,705

* P <0,05; *** P <0,001.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação de Pearson e de Spearman entre a inclinação dos incisivos inferiores e a alteração óssea alveolar.

Variável	Correlação Pearson		Correlação Spearman	
	Coefficiente	P Valor	Coefficiente	P Valor
AOV, mm	0,209	0,337	0,208	0,339
AOL, mm	0,401	0,057	0,272	0,208
L1, mm	0,143	0,514	0,051	0,815
V1, mm	-0,314	0,143	-0,248	0,253
T1, mm	-0,085	0,698	-0,098	0,653
L2, mm	0,409	0,052	0,385	0,069
V2, mm	-0,157	0,474	0,036	0,868
T2, mm	0,141	0,519	0,226	0,297
L3, mm	-0,005	0,980	-0,227	0,296
V3, mm	0,168	0,441	0,189	0,385
T3, mm	0,313	0,145	0,360	0,360

A reabsorção radicular apical demonstrou diferença estatística significante na raiz mesio-vestibular do primeiro molar superior direito, raiz disto-vestibular do primeiro molar superior esquerdo, raiz disto-vestibular do segundo molar superior esquerdo, raiz do segundo pré-molar inferior esquerdo, raiz distal do primeiro molar inferior esquerdo, raiz mesial do primeiro molar inferior direito, raiz mesial do segundo molar inferior direito e raiz distal do segundo molar inferior direito (Tabela 4).

Todos os pacientes e 57,96% das 980 raízes apresentaram reabsorção radicular apical. A frequência da reabsorção em cada raiz de cada dente encontra-se na Tabela 5. A reabsorção radicular apical entre os gêneros não demonstrou significância estatística (Tabela 6).

Tabela 4 - Média (), desvio padrão (DP) e nível de significância (P) do comprimento radicular inicial (T0) e final (T1) em cada raiz dentária (em milímetros)^a.

Dente	Raiz	T0, ± DP	T1, ± DP	T1-T0	P Valor
11	U	23,92 ± 2,18	23,86 ± 2,24	-0,06	0,518
12	U	22,80 ± 2,15	22,68 ± 2,40	-0,12	0,355
13	U	26,94 ± 2,44	26,90 ± 2,51	-0,04	0,725
14	V	21,24 ± 1,62	21,15 ± 1,54	-0,09	0,586
14	P	19,68 ± 1,54	19,95 ± 1,64	0,27	0,308
15	V	20,96 ± 1,40	20,97 ± 1,53	0,01	0,968
15	P	19,82 ± 1,82	20,20 ± 1,77	0,38	0,068
16	MV	19,35 ± 1,55	19,09 ± 1,45	-0,26	0,009**
16	DV	19,02 ± 1,53	18,87 ± 1,47	-0,15	0,066
16	P	20,99 ± 1,34	20,91 ± 1,44	-0,08	0,446
17	MV	19,02 ± 1,66	18,86 ± 1,72	-0,16	0,195
17	DV	18,65 ± 1,38	18,41 ± 1,35	-0,34	0,117
17	P	20,39 ± 1,22	20,38 ± 1,24	-0,01	0,948
21	U	23,93 ± 1,92	24,19 ± 1,92	0,26	0,019
22	U	22,55 ± 2,32	22,67 ± 2,33	0,12	0,278
23	U	26,80 ± 2,41	26,73 ± 2,32	-0,07	0,727
24	V	21,29 ± 1,73	21,19 ± 1,83	-0,10	0,591
24	P	19,83 ± 1,82	19,81 ± 1,73	-0,02	0,924
25	V	21,46 ± 2,00	21,33 ± 1,63	-0,13	0,472
25	P	20,80 ± 1,52	20,81 ± 0,79	0,01	0,974
26	MV	19,37 ± 1,67	19,25 ± 1,86	-0,12	0,174
26	DV	18,87 ± 1,60	18,67 ± 1,68	-0,20	0,043*
26	P	21,22 ± 1,60	20,99 ± 1,58	-0,23	0,125
27	MV	19,17 ± 1,54	18,95 ± 1,32	-0,22	0,152
27	DV	18,81 ± 1,51	18,47 ± 1,37	-0,34	0,002**
27	P	20,30 ± 1,20	20,38 ± 1,32	0,08	0,585
31	U	21,19 ± 1,33	20,94 ± 1,28	-0,25	0,107
32	U	22,48 ± 1,53	22,24 ± 1,61	-0,24	0,174
33	U	25,48 ± 1,86	25,08 ± 1,92	-0,40	0,064
34	U	21,88 ± 1,81	21,78 ± 1,65	-0,10	0,526
35	U	22,20 ± 2,08	21,86 ± 2,12	-0,34	0,017*
36	M	20,65 ± 1,14	20,52 ± 1,57	-0,13	0,467
36	D	19,95 ± 1,31	19,66 ± 1,36	-0,29	0,028*
37	M	20,28 ± 1,43	20,12 ± 1,74	-0,16	0,337
37	D	19,46 ± 1,18	19,41 ± 1,56	-0,05	0,718
41	U	20,98 ± 1,52	20,88 ± 1,42	-0,10	0,518
42	U	22,31 ± 1,49	22,14 ± 1,48	-0,17	0,153
43	U	25,26 ± 2,05	25,25 ± 2,20	-0,01	0,929
44	U	21,97 ± 1,72	21,89 ± 1,87	-0,08	0,593
45	U	22,08 ± 1,94	21,84 ± 1,93	-0,24	0,079
46	M	20,94 ± 1,46	20,44 ± 1,39	-0,50	0,012*
46	D	19,92 ± 1,20	19,74 ± 1,30	-0,18	0,078
47	M	20,45 ± 1,18	20,05 ± 1,49	-0,40	0,011*
47	D	19,81 ± 1,31	19,47 ± 1,07	-0,34	0,013*

^a U, raiz unitária; V, raiz vestibular; P, raiz palatina; MV, raiz mesio-vestibular; DV, raiz disto-vestibular; M, raiz mesial; D, raiz distal.

* P <0,05; ** P <0,01.

Tabela 5 - Frequência absoluta e frequência em porcentagem (%) da reabsorção radicular apical^a.

Dente	Raiz	n	Frequência absoluta	Frequência, %
11	U	23	14	60,87
12	U	23	14	60,87
13	U	23	9	39,13
14	V	23	12	52,17
14	P	23	10	43,48
15	V	23	13	56,52
15	P	7	1	14,28
16	MV	23	14	60,87
16	DV	23	15	65,22
16	P	23	14	60,87
17	MV	23	13	56,52
17	DV	23	12	52,17
17	P	23	14	60,87
21	U	23	4	17,39
22	U	23	11	47,83
23	U	23	15	65,22
24	V	23	11	47,83
24	P	23	12	52,17
25	V	23	14	60,87
25	P	7	2	28,57
26	MV	23	16	69,57
26	DV	23	16	69,57
26	P	23	15	65,22
27	MV	23	13	56,52
27	DV	23	19	82,61
27	P	23	11	47,83
31	U	23	9	39,13
32	U	23	13	56,52
33	U	23	15	65,22
34	U	23	14	60,87
35	U	23	18	78,26
36	M	23	12	52,17
36	D	23	16	69,57
37	M	23	14	60,87
37	D	23	13	56,52
41	U	23	11	47,83
42	U	23	14	60,87
43	U	23	9	39,13
44	U	23	14	60,87
45	U	23	13	56,52
46	M	23	19	82,61
46	D	23	15	65,22
47	M	23	16	69,57
47	D	23	19	82,61
-	Total	980	568	57,96

^aU, raiz unitária; V, raiz vestibular; P, raiz palatina; MV, raiz mesio-vestibular; DV, raiz disto-vestibular; M, raiz mesial; D, raiz distal.

Tabela 6 - Frequência absoluta e frequência em porcentagem (%) da reabsorção radicular apical por gênero.

Gênero	Número raízes com reabsorção		Número raízes sem reabsorção		P Valor
	Frequência absoluta	Frequência, %	Frequência absoluta	Frequência, %	
Feminino	274	57,93	199	42,07	0,963
Masculino	294	57,99	213	42,01	-
Total	568	57,96	412	42,04	-

DISCUSSÃO

Este estudo avaliou a reabsorção radicular apical e as alterações no tecido periodontal de suporte induzidas pelo aparelho Herbst por meio da TCFC.

As medidas cefalométricas SNB, ANB, WITS e IMPA apresentaram diferenças estatística significativa, confirmando a efetividade do aparelho na correção da má oclusão de classe II divisão 1. Estes resultados são similares aos relatados na literatura (Pancherz⁵⁹, 1979; Pancherz⁴⁷, 1982; Pancherz, Hansen⁵⁰, 1986; Valant, Sinclair⁷⁵, 1989; Objou, Pancherz⁴⁵, 1997; Weschler, Pancherz⁸¹, 2005; von Bremen et al.⁷⁷, 2007; Barnett et al.⁷, 2008; El-Fateh, Ruf²⁰, 2011).

O suporte ósseo alveolar é essencial para estabilidade e saúde periodontal dos dentes. O posicionamento ideal dos incisivos inferiores é considerado quando o dente está localizado na porção medular do osso alveolar, em equilíbrio com a musculatura intraoral e extraoral (Sarikaya et al.⁶¹, 2002). A sínfise mandibular é a estrutura anatômica que limita o movimento ântero-posterior dos incisivos, apresenta espessura óssea fina e susceptível a problemas periodontais (Yamada et al.⁸², 2007).

A morfologia óssea alveolar deve ser considerada no tratamento com aparelho Herbst, pois a vestibularização e/ou protrusão dos incisivos inferiores pode causar perda óssea alveolar por vestibular. Estudos prévios demonstram que a excessiva inclinação dos incisivos para lingual ou vestibular deve ser evitada, prevenindo assim, a perda óssea alveolar e a consequente perda de suporte ósseo do dente (Wainwright⁷⁸, 1973; Ten Hoes, Mulie⁷⁰, 1976; Vardimon et al.⁷⁶, 1998).

A espessura óssea lingual no terço médio radicular aumentou de forma estatística significativa. A espessura óssea vestibular diminuiu de forma estatística significativa nos terços cervical, médio e apical. Mesmo com a utilização da ancoragem com arco lingual de Nance modificado para Herbst afastado da face lingual dos incisivos e apenas a barra transpalatina no arco superior, os incisivos inferiores movimentaram-se na direção vestibular de forma significativa. Houve diminuição estatística significativa da espessura óssea total no terço cervical. A alteração na espessura óssea total está relacionada à mudança na inclinação e na extensão da intrusão dos incisivos inferiores (Bimstein et al.⁹, 1990; Yodthong et al.⁸³, 2013).

Não há associação somente entre o movimento vestibular dos incisivos inferiores e a ocorrência da recessão gengival (Kalha³⁰, 2013). Deve-se atentar para alterações no periodonto como condição de saúde peridontal, quantidade de gengiva queratinizada,

problemas mucogengivais e hábitos deletérios como o fumo (Aziz, Flores-Mir⁵, 2011). A associação dessas condições periodontais pré ou pós-tratamento ortodôntico com a vestibularização e/ou protrusão dos incisivos inferiores pode resultar em recessão gengival.

Não houve correlação estatística significativa entre o grau de inclinação dos incisivos inferiores e a alteração óssea alveolar. A alteração óssea alveolar é considerada um fenômeno biomecânico influenciado por vários fatores como saúde periodontal, morfologia gengival, hábitos do paciente, entre outros (Helm, Petersen²⁹, 1989). Sendo assim, existe a possibilidade da alteração óssea alveolar não estar diretamente correlacionado com o grau de inclinação do incisivo.

Os resultados deste estudo demonstram que a espessura óssea alveolar deve ser avaliada de forma individual na região dos incisivos inferiores e que o paciente deve ser informado das alterações ósseas induzidas pelo aparelho Herbst.

A acurácia da TCFC com diferentes resoluções do voxel (0,125 e 0,4mm) para mensuração do tecido ósseo na região dos incisivos inferiores foi avaliada e não há diferença estatística significativa entre os dois protocolos de voxel avaliados (Patcas et al.⁵³, 2012). Todavia, quando a espessura do osso alveolar é maior que o tamanho do voxel (0,4mm), as mensurações são susceptíveis a serem superestimadas e quando próxima ou menor que o tamanho do voxel tendem a ser subestimadas (Sun et al.⁶⁹, 2011). Novos estudos devem ser realizados com outros protocolos de aquisição da imagem tomográfica (menor tamanho do voxel, menor campo de visão, maior resolução espacial e menor ruído de dispersão da radiação) e com observações a longo prazo da remodelação óssea alveolar após o término do tratamento.

Imagens de TCFC foram utilizadas para analisar um total de 980 raízes, sendo que dessas 568 (57,96%) apresentaram reabsorção após o tratamento com aparelho Herbst. Segundo Sameshima, Asgarifar⁶⁰ (2001), Apajalahti, Peltola² (2007) as radiografias bidimensionais demonstram uma alta frequência da reabsorção radicular apical após o tratamento ortodôntico. Como não há relatos na literatura da avaliação da reabsorção induzida pelo aparelho Herbst por meio da TCFC, não há parâmetros para comparação. No entanto, sabemos que a TCFC proporciona uma análise mais acurada dos resultados do tratamento (Lund et al.³⁵, 2010).

Com relação à reabsorção radicular apical não houve diferença estatística significativa entre os gêneros, o que está em concordância com os relatos da literatura (Blake et al.¹⁰, 1995; Apajalahti, Peltola², 2007). Houve diferença estatística significativa na raiz mesio-vestibular do primeiro molar superior direito, raiz disto-vestibular do primeiro molar superior esquerdo,

raiz disto-vestibular do segundo molar superior esquerdo, raiz do segundo pré-molar inferior esquerdo, raiz distal do primeiro molar inferior esquerdo, raiz mesial do primeiro molar inferior direito, raiz mesial do segundo molar inferior direito e raiz distal do segundo molar inferior direito. A utilização do arco lingual de Nance modificado para Herbst afastado da face lingual dos incisivos e da barra transpalatina no arco superior pode ter favorecido a ocorrência da reabsorção apical radicular suave nos dentes de ancoragem.

Tais reabsorções podem ser justificadas pelo fato do aparelho Herbst ser um dispositivo fixo e de uso contínuo, que pode transmitir forças não fisiológicas aos dentes de ancoragem, expondo esses a um maior risco de reabsorção radicular apical, assim como os dentes vizinhos, via oclusal ou contatos interproximais (Kinzinger et al³², 2011). Segundo Nasiopoulos et al⁴⁴ (2006) não houve diferença estatística significativa na morfologia das raízes após o uso do aparelho Herbst, porém, em relação aos pré-molares inferiores os primeiros apresentaram maior reabsorção radicular do que os segundos.

Em relação à aquisição da imagem tomográfica, a acurácia da TCFC com diferentes resoluções do voxel (0,2 e 0,4mm) para mensuração linear da reabsorção radicular apical foi avaliada e não há diferença estatística significativa entre os dois protocolos de voxel e ambos são mais acurados que a radiografia periapical para quantificação da reabsorção (Ponder et al⁵⁵, 2013). Novos estudos devem ser realizados com outros protocolos de aquisição da imagem tomográfica (menor tamanho do voxel, menor campo de visão, maior resolução espacial e menor ruído de dispersão da radiação) e com variações nas formas de ancoragem do aparelho Herbst, fator o qual pode influenciar na distribuição da força ortodôntica aos dentes de ancoragem, assim como aos dentes vizinhos.

CONCLUSÃO

De acordo com os resultados deste estudo, a avaliação tridimensional por meio da TCFC demonstrou que o aparelho Herbst causa redução da espessura óssea alveolar vestibular nos incisivos inferiores e induz reabsorção radicular apical suave, principalmente nos dentes de ancoragem.

REFERÊNCIAS*

1. Accorsi M. Comparação de grandezas cefalométricas obtidas por meio de telerradiografias e tomografias computadorizadas multislice em crânios secos humanos [dissertação de mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2007.
2. Apajalahti S, Peltola JS. Apical root resorption after orthodontic treatment -- a retrospective study. *Eur J Orthod*. 2007; 29(4): 408-12.
3. Arai Y, Tammissalo E, Iwai K, Hashimoto K, Shinoda K. Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol*. 1999; 28(4): 245-8.
4. Ast DB, Carlos JP, Cons NC. The prevalence and characteristics of malocclusion among Senior High School Students in Upstate New York. *Am J Orthod*. 1965; 51(6): 437-45.
5. Aziz T, Flores-Mir C. A systematic review of the association between appliance-induced labial movement of mandibular incisors and gingival recession. *Aust Orthod J*. 2011; 27(1): 33-9.
6. Ballrick JW, Palomo JM, Ruch E, Amberman BD, Hans MG. Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008; 134(4): 573-82.
7. Barnett GA, Higgins DW, Major PW, Flores-Mir C. Immediate skeletal and dentoalveolar effects of the crown- or banded type Herbst appliance on Class II division 1 malocclusion. *Angle Orthod*. 2008; 78(2): 361-9.
8. Berco M, Rigali PH Jr, Miner RM, DeLuca S, Anderson NK, Will LA. Accuracy and reliability of linear cephalometric measurements from cone-beam computed tomography scans of a dry human skull. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2009; 136(1): 17.e1-9; discussion 17-8.
9. Bimstein E, Crevoisier RA, King DL. Changes in the morphology of the buccal alveolar bone of protruded mandibular permanent incisors secondary to orthodontic alignment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1990; 97(5): 427-30.
10. Blake M, Woodside DG, Pharoah MJ. A radiographic comparison of apical root resorption after orthodontic treatment with the edgewise and Speed appliances. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995; 108(1): 76-84.
11. Brown AA, Scarfe WC, Scheetz JP, Silveira AM, Farman AG. Linear accuracy of cone beam CT derived 3D images. *Angle Orthod*. 2009; 79(1): 150-7.
12. Buschang PH, Tanguay R, Demirjian A. Cephalometric reliability. A full ANOVA model for the estimation of true and error variance. *Angle Orthod*. 1987; 57(2): 168-75.
13. Capelozza Filho L. Diagnóstico em ortodontia. Maringá: Dental Press; 2004.

* De acordo com o manual da FOAr/UNESP, adaptadas das normas Vancouver. Disponível no site: [HTTP://www.foar.unesp.br/#1/biblioteca/manual](http://www.foar.unesp.br/#1/biblioteca/manual)

14. Castro IO, Alencar AH, Valladares-Neto J, Estrela C. Apical root resorption due to orthodontic treatment detected by cone beam computed tomography. *Angle Orthod.* 2013; 83(2): 196-203.
15. Cavalcanti MG. Tomografia computadorizada por feixe cônico ao alcance do cirurgião-dentista. São Paulo: Santos; 2010.
16. Croft RS, Buschang PH, English JD, Meyer R. A cephalometric and tomographic evaluation of Herbst treatment in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 116(4): 435-43.
17. Damstra J, Fourie Z, Huddleston Slater JJ, Ren Y. Accuracy of linear measurements from cone-beam computed tomography-derived surface models of different voxel sizes. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137(1): 16.e1-6; discussion 16-7.
18. De Vos W, Casselman J, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2009; 38(6): 609-25.
19. Dib LPS. Avaliação cefalométrica das alterações dentárias e esqueléticas induzidas pelo uso do aparelho de Herbst no tratamento da má oclusão de classe II, divisão 1ª de Angle - estudo longitudinal [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Unesp; 2007.
20. El-Fateh T, Ruf S. Herbst treatment with mandibular cast splints--revisited. *Herbst treatment with mandibular cast splints--revisited. Angle Orthod.* 2011; 81(5): 820-7.
21. Estrela C, Bueno MR, De Alencar AH, Mattar R, Valladares Neto J, Azevedo BC et al. Method to evaluate inflammatory root resorption by using cone beam computed tomography. *J Endod.* 2009; 35(11): 1491-7.
22. Farman AG, Scarfe WC. Development of imaging selection criteria and procedures should precede cephalometric assessment with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 130(2): 257-65.
23. Fernandes TMF, Poleti ML, Henriques JFC, Garib DG. Cefalometria em 3D. In: Lubiana N, Garib, DG, Silva Filho OG. *Pro-Odonto ortodontia: programa de atualização em ortodontia.* Porto Alegre: ABO/artmed/Panamericana; 2010. p. 9-60.
24. Ferreira MC, Garib DG, Cotrim-Ferreira F. Padronização de um método de mensuração das tábuas ósseas vestibular e lingual dos maxilares na tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone Beam). *Dental Press J Orthod.* 2010; 15(1): 49.e1-7.
25. Fourie Z, Damstra J, Gerrits PO, Ren Y. Accuracy and reliability of facial soft tissue depth measurements using cone beam computer tomography. *Forensic Sci Int.* 2010; 199(1-3): 9-14.
26. Fuhrmann RA, Bucker A, Diedrich PR. Furcation involvement: comparison of dental radiographs and HR-CT-slices in human specimens. *J Periodontal Res.* 1997; 32(5): 409-18.
27. Garib DG, Raymundo Jr R, Raymundo MV, Raymundo DV, Ferreira SN. Tomografia computadorizada de feixe cônico (Cone Beam): entendendo este novo método de diagnóstico por imagem com promissora aplicabilidade na ortodontia. *Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial.* 2007; 2(12): 139-56.

28. Gribel BF, Gribel MN, Frazão DC, McNamara JA Jr, Manzi FR. Accuracy and reliability of craniometric measurements on lateral cephalometry and 3D measurements on CBCT scans. *Angle Orthod.* 2011; 81(1): 26-35.
29. Helm S, Petersen PE. Causal relation between malocclusion and periodontal health. *Acta Odontol Scand.* 1989; 47(4): 223-8.
30. Kalha A. Gingival recession and labial movement of lower incisors. *Evid Based Dent.* 2013; 14(1): 21-2.
31. Kamburoğlu K, Kursun S. A comparison of the diagnostic accuracy of CBCT images of different voxel resolutions used to detect simulated small internal resorption cavities. *Int Endod J.* 2010; 43(9): 798-807.
32. Kinzinger GS, Savvaidis S, Gross U, Gülden N, Ludwig B, Lisson J. Effects of class II treatment with a banded Herbst appliance on root lengths in the posterior dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139(4): 465-9.
33. Lee KM, Kim YI, Park SB, Son WS. Alveolar bone loss around lower incisors during surgical orthodontic treatment in mandibular prognathism. *Angle Orthod.* 2012; 82(4): 637-44.
34. Liedke GS, da Silveira HE, da Silveira HL, Dutra V, de Figueiredo JA. Influence of voxel size in the diagnostic ability of cone beam tomography to evaluate simulated external root resorption. *J Endod.* 2009; 35(2): 233-5.
35. Lund H, Gröndahl K, Gröndahl HG. Cone beam computed tomography for assessment of root length and marginal bone level during orthodontic treatment. *Angle Orthod.* 2010; 80(3): 466-73.
36. Lund H, Gröndahl K, Gröndahl HG. Cone beam computed tomography evaluations of marginal alveolar bone before and after orthodontic treatment combined with premolar extractions. *Eur J Oral Sci.* 2012; 120(3): 201-11.
37. Lund H, Gröndahl K, Hansen K, Gröndahl HG. Apical root resorption during orthodontic treatment. A prospective study using cone beam CT. *Angle Orthod.* 2012; 82(3): 480-7.
38. Maia SA. Avaliação dos efeitos do aparelho Herbst splint metálico, no tratamento da má oclusão Classe II divisão 1, após o surto de crescimento pubertário [dissertação de mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Unesp; 2007.
39. Martins JCR, Sinimbu CMB, Dinelli TCS, Martins LPM, Raveli DB. Prevalência da má oclusão em pré-escolares de Araraquara: relação da dentição decídua com hábitos e nível sócio Econômico. *Rev Dent Press Ortodon Ortopedi Facial.* 1998; 3(6): 35-43.
40. McNamara JA Jr. Components of class II malocclusion in children 8-10 years of age. *Angle Orthod.* 1981; 51(3): 177-202.
41. McNamara JA Jr, Howe RP, Dischinger TG. A comparison of the Herbst and Fränkel appliances in the treatment of class II malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1990; 98(2): 134-44.
42. Menezes CC, Janson G, Massaro CS, Cambiaghi L, Garib DG. Reprodutibilidade das mensurações da espessura sãs tábuas ósseas na tomografia computadorizada Cone-Beam utilizando diferentes protocolos de aquisição de imagem. *Dental Press J Orthod.* 2010; 15(5): 143-9.

43. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. *Eur Radiol.* 1998; 8(9): 1558-64.
44. Nasiopoulos AT, Athanasiou AE, Papadopoulos MA, Kolokithas G, Ioannidou I. Premolar root changes following treatment with the banded herbst appliance. *J Orofac Orthop.* 2006; 67(4): 261-71.
45. Obijou C, Pancherz H. Herbst appliance treatment of Class II, division 2 malocclusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 112(3): 287-91.
46. Pancherz H. Treatment of class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. A cephalometric investigation. *Am J Orthod.* 1979; 76(4): 423-42.
47. Pancherz H. The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment. A cephalometric investigation. *Am J Orthod.* 1982; 82(2): 104-13.
48. Pancherz H. Dentofacial orthopedics or orthognathic surgery: is it a matter of age? *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000; 117(5): 571-4.
49. Pancherz H. History, background, and development of the Herbst appliance. *Semin Orthod.* 2003; 9(1): 3-11.
50. Pancherz H, Hansen K. Occlusal changes during and after Herbst treatment: a cephalometric investigation. *Eur J Orthod.* 1986; 8(4): 215-28.
51. Park SH, Yu HS, Kim KD, Lee KJ, Baik HS. A proposal for a new analysis of craniofacial morphology by 3-dimensional computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006; 129(5): 600.e23-34.
52. Parks ET. Computed tomography applications for dentistry. *Dent Clin North Am.* 2000; 44(2): 371-94.
53. Patcas R, Müller L, Ullrich O, Peltomäki T. Accuracy of cone-beam computed tomography at different resolutions assessed on the bony covering of the mandibular anterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2012; 141(1): 41-50.
54. Paulsen HU, Karle A, Bakke M, Herskind A. CT-scanning and radiographic analysis of temporomandibular joints and cephalometric analysis in a case of Herbst treatment in late puberty. *Eur J Orthod.* 1995; 17(3): 165-75.
55. Ponder SN, Benavides E, Kapila S, Hatch NE. Quantification of external root resorption by low- vs high-resolution cone-beam computed tomography and periapical radiography: A volumetric and linear analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2013; 143(1): 77-91.
56. Razavi T, Palmer RM, Davies J, Wilson R, Palmer PJ. Accuracy of measuring the cortical bone thickness adjacent to dental implants using cone beam computed tomography. *Clin Oral Implants Res.* 2010; 21(7): 718-25.
57. Ruf S, Pancherz H. Dentoskeletal effects and facial profile changes in young adults treated with the Herbst appliance. *Angle Orthod.* 1999; 69(3): 239-46.
58. Ruf S, Pancherz H. Temporomandibular joint remodeling in adolescents and young adults during Herbst treatment: a prospective longitudinal magnetic resonance imaging and cephalometric radiographic investigation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 115(6): 607-18.

59. Ruf S, Pancherz H. When is the ideal period for Herbst therapy—early or late? *Semin Orthod.* 2003; 9(1): 47-56.
60. Sameshima GT, Asgarifar KO. Assessment of root resorption and root shape: periapical vs panoramic films. *Angle Orthod.* 2001; 71(3): 185-9.
61. Sarikaya S, Haydar B, Ciğer S, Ariyürek M. Changes in alveolar bone thickness due to retraction of anterior teeth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002; 122(1): 15-26.
62. Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin North Am.* 2008; 52(4): 707-30.
63. Scarfe WC, Farman AG, Sukovic P. Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc.* 2006; 72(1): 75-80.
64. Schütz TCB, Vigorito JW, Dominguez-Rodriguez GC. Avaliação cefalométrico-radiográfica das modificações dento - alveolares decorrentes do tratamento com o aparelho de herbst em adolescents com maloclusão de classe II, divisão 1ª de Angle - Parte I. *Ortodontia.* 2002; 35(4): 22-34.
65. Sherrard JF, Rossouw PE, Benson BW, Carrillo R, Buschang PH. Accuracy and reliability of tooth and root lengths measured on cone-beam computed tomographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010; 137(4 Suppl): S100-8.
66. Silva Filho OG, Freitas SF, Cavassan AO. Prevalência de oclusão normal e má oclusão na dentadura mista em escolares da cidade de Bauru (São Paulo). *Rev Assoc Paul Cir Dent.* 1989; 43(6): 287-90.
67. Silva Filho OG, Capelozza Filho L, Crosara KTB, Ozawa TO. Avaliação cefalométrica dos efeitos do aparelho Herbst no tratamento da deficiência mandibular na dentadura permanente. *Rev Dent Press Ortodont Ortopedi Facial.* 2007; 12(6): 101-18.
68. Stratemann SA, Huang JC, Maki K, Miller AJ, Hatcher DC. Comparison of cone beam computed tomography imaging with physical measures. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37(2): 80-93.
69. Sun Z, Smith T, Kortam S, Kim DG, Tee BC, Fields H. Effect of bone thickness on alveolar bone-height measurements from cone-beam computed tomography images. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 139(2): e117-27.
70. Ten Hoeve A, Mulie RM. The effect of antero-postero incisor repositioning on the palatal cortex as studied with laminagraphy. *J Clin Orthod.* 1976; 10(11): 804-22.
71. Timock AM, Cook V, McDonald T, Leo MC, Crowe J, Benninger BL et al. Accuracy and reliability of buccal bone height and thickness measurements from cone-beam computed tomography imaging. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011; 140(5): 734-44.
72. Tyndall DA, Rathore S. Cone-beam CT diagnostic applications: caries, periodontal bone assessment, and endodontic applications. *Dent Clin North Am.* 2008; 52(4): 825-41.
73. Ursi W, Mcnamara JA Jr. Crescimento craniofacial em pacientes apresentando maloclusão de classe II e oclusão normal entre 10 anos e os 12 anos de idade. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar.* 1997; 2(5): 49-59.

74. Ursi W, McNamara JÁ Jr, Martins, DR. Alteração clínica da face em crescimento: uma comparação cefalométrica entre os aparelhos extrabucal cervical, Fränkel e Herbst, no tratamento das classes II. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Maxilar*. 1999; 4(5): 77-108.
75. Valant JR, Sinclair PM. Treatment effects of the Herbst appliance. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1989; 95(2): 138-47.
76. Vardimon AD, Oren E, Ben-Bassat Y. Cortical bone remodeling/tooth movement ratio during maxillary incisor retraction with tip versus torque movements. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1998; 114(5): 520-9.
77. von Bremen J, Pancherz H, Ruf S. Reduced mandibular cast splints an alternative in Herbst therapy? A prospective multicentre study. *Eur J Orthod*. 2007; 29(6): 609-13.
78. Wainwright WM. Faciolingual tooth movement: its influence on the root and cortical plate. *Am J Orthod*. 1973; 64(3): 278-302.
79. Wehrbein H, Bauer W, Diedrich P. Mandibular incisors, alveolar bone, and symphysis after orthodontic treatment. A retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996; 110(3): 239-46.
80. Wennström JL, Lindhe J, Sinclair F, Thilander B. Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. *J Clin Periodontol*. 1987; 14(3): 121-9.
81. Weschler D, Pancherz H. Efficiency of three mandibular anchorage forms in Herbst treatment: a cephalometric investigation. *Angle Orthod*. 2005; 75(1): 23-7.
82. Yamada C, Kitai N, Kakimoto N, Murakami S, Furukawa S, Takada K. Spatial relationships between the mandibular central incisor and associated alveolar bone in adults with mandibular prognathism. *Angle Orthod*. 2007; 77(5): 766-72.
83. Yodthong N, Charoemratrote C, Leethanakul C. Factors related to alveolar bone thickness during upper incisor retraction. *Angle Orthod*. 2013; 83(3): 394-401.
84. Yu J, Shu K, Tsai M, Hsu J, Chang H, Tung K. A cone-beam computed tomography study of orthodontic apical root resorption. *J Dent Sci*. 2013; 8(1): 74-9.

APÊNDICE

Auxílio FAPESP nº Processo: 2010/17934-8.

ANEXO 1

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA

Comitê de Ética em Pesquisa

Certificado

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado "*ESTUDO PROSPECTIVO TOMOGRÁFICO (CBCT) E RADIOGRÁFICO DE INDIVÍDUOS CLASSE II DIVISÃO 1ª DE ANGLE, TRATADOS COM APARELHO DE HERBST, APÓS SURTO DE CRESCIMENTO PUBERAL*", sob o protocolo nº 62/10, de responsabilidade do Pesquisador (a) *DIRCEU ARRABOÏE RAVELI* está de acordo com a Resolução 196/96 de Conselho Nacional de Saúde/MS, de 10/10/96, tendo sido aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa-FOAr, com validade de 2 (dois) anos, quando será avaliada o relatório final da pesquisa.

Certify that the research project titled "*PROSPECTIVE TOMOGRAPHY (CBCT) RADIOGRAPHIC STUDY OF INDIVIDUALS CLASS II DIVISION 1 MALOCCLUSION, TREATED WITH HERBST APPLIANCE AFTER GROWTH SPURT*", protocol number 62/10, under Dr. *DIRCEU ARRABOÏE RAVELI* responsibility, is under the terms of Conselho Nacional de Saúde/MS resolution # 196/96, published on May 10, 1996. This research has been approved by Research Ethic Committee, FOAr-UNESP. Approval is granted for 2(two) year when the final review of this study will occur.

Araraquara, 8 de fevereiro de 2011.

MMSN
Prof. Dr. *Maurício Maurício de Aguiar*
Coordenador

ANEXO 2



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE ARARAQUARA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA EM SERES HUMANOS

Rua Humaitá, 1680 - 14801-903 Araraquara-SP - FONE: 0xx16 33016432 - FAX: 0xx16 33016433

Araraquara, 11 de dezembro de 2012.

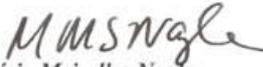
Ofício CEP-FO/Car. nº 241/2012

Prezado Senhor:

O CEP, em reunião hoje realizada, procedeu a análise do Relatório Parcial do projeto de pesquisa nº 62/10 intitulado ***“ESTUDO PROSPECTIVO TOMOGRÁFICO (CBCT) E RADIOGRÁFICO DE INDIVÍDUOS CLASSE II DIVISÃO 1ª DE ANGLE, TRATADOS COM APARELHO DE HERBST, APÓS SURTO DE CRESCIMENTO PUBERAL”***, de sua responsabilidade e, considerou-o APROVADO, bem como sua solicitação de prorrogação no prazo, alteração na metodologia da pesquisa e no quadro de pesquisadores, incluindo os alunos de pós-graduação DANIELA CRISTINA KAMEYAMA e JOÃO PAULO SCHWARTZ.

Lembramos que o próximo relatório deste projeto deverá ser apresentado em **NOVEMBRO/2013**.

Atenciosamente


Prof. Dr. Maurício Meirelles Nagle
Coordenador do CEP-FO/Car.

Ilmo. Sr.
Prof. Dr. DIRCEU BARNABÉ RAVELI
DD. Pesquisador Responsável

Autorizo a reprodução deste trabalho
(Direitos de publicação reservado ao autor)
Araraquara, 16 de Maio de 2014.

JOÃO PAULO SCHWARTZ