

Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Centro de Ciências da Saúde

Faculdade de Odontologia

ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DA EXPANSÃO RÁPIDA
DA MAXILA APÓS USO DO APARELHO TIPO HAAS E HYRAX POR
MEIO DE TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO

Estela Maris Jurach

CD, MO

Tese submetida ao corpo docente da Faculdade de
Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro -
UFRJ, como parte dos requisitos, para a obtenção do Título
de Doutor em Odontologia (Ortodontia).

Rio de Janeiro

2011

**ESTUDO COMPARATIVO DOS EFEITOS DA EXPANSÃO RÁPIDA DA
MAXILA APÓS O USO DO APARELHO TIPO HAAS E HYRAX POR MEIO DE
TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA DE FEIXE CÔNICO**

ESTELA MARIS JURACH, CD, MO

Orientador: Prof^a. Dr^a. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima

**Tese submetida ao corpo docente da Faculdade de
Odontologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro -
UFRJ, como parte dos requisitos para obtenção do Título
de Doutor em Odontologia (Ortodontia).**

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira
Ruellas, CD,MO,D

Prof^a. Dr^a. Matilde da Cunha
Gonçalves Nojima, CD, MO,D

Prof^a. Dr^a. Ana Maria Bolognese,
CD,MO,D

Prof^a. Dr^a. Marcia Tereza de Oliveira
Caetano, CD,MO,D

Prof. Dr. Renésio Armindo Grehs, CD,MO,D

Rio de Janeiro

2011

Ficha Catalográfica

JURACH, Estela Maris

Estudo comparativo dos efeitos da expansão rápida da maxila após o uso do aparelho tipo Haas e Hyrax por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2011.

xxviii, 124 f.

Tese: Doutorado em Odontologia (Ortodontia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia, 2011.

- 1. Expansão rápida da maxila 2. Tomografia computadorizada**
- 3. Alterações esqueléticas 4. Alterações dentoalveolares**
- 5. Teses**

I Título

II Tese (Doutorado – UFRJ/Faculdade de Odontologia)

Ao meu filho, Gabriel, que, desde que nasceu, serve como estímulo, inspiração e que, todos os dias, me ensina algo; ao meu marido, Gustavo, que sempre me apoiou e me concedeu suporte para que esse trabalho pudesse ser concluído; aos meus pais, Suelly e Eduílio, pela vida e pelo exemplo que me deram, e aos meus irmãos que sempre me estimularam a crescer. Dedico a todos vocês que amo muito!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pelas oportunidades, pelas pessoas que colocou em meu caminho, pela força que sempre tive para continuar.

À coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Odontologia da UFRJ, **Prof^a. Dr^a. Margareth Maria Gomes de Souza**, pela dedicação e pelo compromisso com a formação de novos doutores.

À **Prof^a. Dr^a. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima**, de forma especial, pela amizade, dedicação, orientação e pelo apoio para a realização desta tese; muito obrigada à sua família que, muitas vezes, ficou ausente por dedicar-se a minha causa.

Aos professores do Departamento de Ortodontia, **Prof^a. Dr^a. Ana Maria Bolognese**, **Dr. Lincoln Nojima**, **Prof. Dr. Antônio Carlos de Oliveira Ruellas**, **Eduardo Franzotti Sant' Anna**, **Prof^a. Dr^a. Mônica Tirre de Souza Araújo**, pelo apoio, pelos ensinamentos, pela amizade e pelo exemplo de dedicação ao ensino e à pesquisa.

Aos professores da disciplina de Ortodontia da Universidade Federal de Santa Maria que me substituíram, permitindo que eu pudesse afastar-me para a realização do doutorado: **Renésio Armindo Grehs** e **Vilmar Antonio Ferrazzo**.

Aos funcionários do departamento: **Valtencir**, **Robson**, **Mônica**, **Vanilda**, **Fernandinha** e **Diane**.

Aos meus colegas de doutorado, **Hugo Caracas**, **José Vinicius Bolognesi Maciel** , pelo apoio e incentivo; de forma especial, José **Columbano Neto** e **Camilo Aquino Melgaço** pela amizade, pelo apoio e pela dedicação na realização e na conclusão da tese,

A minha mãe, **Suely** que sempre esteve presente nas horas que mais precisei; dando-me apoio; ao **Gustavo** e ao **Gabriel** por entenderem a necessidade da minha ausência junto a eles para poder concluir a tese.

À **FAPERJ**, pelos recursos fornecidos para a obtenção do programa DOLPHIN

À **CAPES**, pela bolsa de estudos concedida.

Muito obrigada!!

RESUMO

JURACH, Estela Maris. **Estudo comparativo dos efeitos da expansão rápida da maxila após o uso do aparelho tipo Haas e Hyrax por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico.** Orientadora: **Dr^a. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima.** Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2011. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). xxviii, 124 f.

Os objetivos deste estudo foram verificar o comportamento esquelético, dentário e das corticais ósseas vestibulares e palatinas dos dentes de suportes de indivíduos tratados com expansão rápida da maxila (ERM), utilizando-se aparelhos tipo Haas e Hyrax. Trinta e dois indivíduos em fase de crescimento, com maturação das vértebras cervicais no estágio CS3, foram divididos, de forma randomizada, em dois grupos: Grupo 1 (um), com 16 indivíduos submetidos à ERM com aparelho tipo Haas e, Grupo 2 (dois), formado por 16 indivíduos submetidos à ERM com aparelho tipo Hyrax. Ambos os grupos seguiram o mesmo protocolo de ativação: $\frac{1}{4}$ de volta pela manhã e $\frac{1}{4}$ à noite, até a expansão necessária. Os dispositivos foram mantidos em boca pelo período de seis meses para contenção. A comparação entre os grupos Haas e Hyrax foi realizada em três tempos experimentais: inicial (T1), pós-ERM (T2) e após seis meses de

contenção (T3), por meio da análise de tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC). Todas as variáveis foram submetidas à análise estatística por meio de Teste t de Student, bem como à comparação dos intervalos (T2-T1, T3-T1, T3-T2). A comparação dos desfechos entre os diferentes tempos experimentais foi avaliada para cada grupo, isoladamente, por meio de Test t para amostras pareadas ($\alpha=0,05$). Na comparação do efeito do tratamento ortopédico entre os grupos, não houve diferenças estatísticas quanto à abertura da sutura palatina mediana, largura maxilar óssea, largura da fossa nasal, bem como na comparação da movimentação dentária de incisivos centrais, primeiros pré-molares e primeiros molares superiores. A sutura palatina mediana abriu de forma paralela no sentido vertical e no sentido ântero-posterior nos dois grupos. Houve maior aumento da largura alveolar maxilar lingual no período de contenção na região dos primeiros molares e primeiros pré-molares no grupo que utilizou aparelho tipo Haas. No final do tratamento esta diferença permaneceu apenas na região dos primeiros molares sendo estatisticamente significativa. A largura alveolar maxilar vestibular não apresentou diferença estatística entre os grupos nos intervalos avaliados. O aparelho tipo Hyrax ofereceu maior perda da tábua óssea vestibular dos dentes de suporte e, em contrapartida, apresentou, no período após seis meses de contenção, maior espessura da tábua óssea palatina. Em relação às corticais alveolares vestibulares, verificou-se que seis meses de contenção são insuficientes para que aconteça o retorno às suas dimensões originais.

SUMMARY

JURACH, Estela Maris. **Estudo comparativo dos efeitos da expansão rápida da maxila após o uso do aparelho tipo Haas e Hyrax por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico**. Orientadora: **Dr^a. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima**. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2011. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). xxviii, 124 f.

This study evaluated skeletal and dental changes, as well as changes in buccal and palatal cortical bones of anchorage teeth, in individuals treated with rapid maxillary expansion (RME) using Haas and Hyrax expanders. Thirty-two growing individuals with cervical vertebrae in maturation stage CS3 were randomly divided into two groups: Group 1, 16 individuals that underwent RME using a Haas expander; and Group 2, 16 individuals treated with Hyrax expanders. Both groups followed the same activation schedule, $\frac{1}{4}$ of a turn in the morning and $\frac{1}{4}$ at night until the necessary expansion was achieved. After expansion, the expanders were kept in the mouth for 6 months for retention. The Haas and Hyrax groups were compared using cone beam computed tomography (CBCT) at 3 time points: baseline (T1), after RME (T2) and after 6 months of retention (T3). All the variables, as well as comparisons between time points (T2-T1, T3-T1, T3-T2), were analyzed statistically using the Student *t* test. The comparison of outcomes

at different time points was evaluated for each group separately using a *t* test for paired samples ($\alpha=0.05$). The comparison of orthopedic outcomes between groups did not reveal any statistically significant differences in midpalatal suture opening, maxillary bone width, nasal fossa width or movement of maxillary central incisors, first premolars or upper first molars. The opening of the midpalatal suture was parallel vertically and anteroposteriorly in the two groups. A higher increase in maxillary lingual alveolar width was observed during the retention period at the premolars and first molar regions in the Haas group. At the end of the treatment, this difference, which was statistically significant, remained only at the first molar region. Maxillary buccal alveolar width showed no statistical difference between the two groups at the different time points. The Hyrax expander generated greater buccal bone plate loss at the level of the anchorage teeth; in contrast, the thickness of the lingual bone plate was greater after 6 months of retention. The evaluation of the buccal alveolar bone revealed that 6 months of retention was not enough to regain the original dimension of cortical bone.

RESUMEN

JURACH, Estela Maris. **Estudo comparativo dos efeitos da expansão rápida da maxila após o uso do aparelho tipo Haas e Hyrax por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico**. Orientadora: **Dr^a. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima**. Rio de Janeiro: UFRJ/Faculdade de Odontologia, 2011. Tese (Doutorado em Odontologia – Ortodontia). xxviii, 124 f.

Los objetivos de este estudio fueron verificar el comportamiento esquelético, dentario y de las corticales vestibulares y palatinas de los dientes de anclaje de individuos tratados con expansión rápida del maxilar (ERM), utilizándose aparatos de expansión tipo Haas y tipo Hyrax. Treinta y dos individuos en fase de crecimiento, con madurez de las vértebras cervicales en el estadio CS3, fueron divididos, aleatoriamente, en dos grupos: Grupo 1, con 16 individuos sometidos a la ERM con aparato tipo Haas, y Grupo 2, formado por 16 individuos sometidos a la ERM con aparato tipo Hyrax. Ambos grupos siguieron el mismo protocolo de activación: $\frac{1}{4}$ de vuelta por la mañana y $\frac{1}{4}$ por la noche, hasta lograrse la expansión necesaria. Se mantuvieron los dispositivos en la cavidad bucal durante un período de seis meses para contención. Se hizo la comparación entre los grupos Haas y Hyrax en 3 tiempos experimentales: inicial (T1), post ERM (T2) y tras 6 meses de contención (T3), mediante el análisis de tomografías computarizadas de haz cónico (TCHC). Todas las variables fueron sometidas al análisis estadístico por medio de la prueba t de Student, bien como a la comparación de las variables (T2-T1, T3-T1, T3-T2). La comparación de los resultados entre los diferentes tiempos experimentales fue evaluada para cada grupo, aisladamente, por medio de la prueba t para muestras pareadas ($\alpha=0,05$).

En la comparación del efecto del tratamiento ortopédico entre los grupos, no hubo diferencias estadísticas cuanto a la abertura de la sutura media palatina, anchura maxilar ósea, anchura de la fosa nasal, bien como al movimiento dentario de incisivos centrales, primeros premolares y primeros molares superiores. La sutura media palatina se abrió de forma paralela, en las direcciones vertical y anteroposterior, en los dos grupos. Hubo un mayor aumento en la anchura alveolar maxilar lingual durante el periodo de contención en la región de primeros molares y primeros premolares en el grupo Haas. Al final del tratamiento, esta diferencia se mantuvo apenas en la región de los primeros molares, siendo estadísticamente significativa. La anchura alveolar maxilar vestibular no presentó diferencia estadística entre los grupos en los intervalos de tiempo evaluados. El aparato tipo Hyrax proporcionó una mayor pérdida de la tabla ósea vestibular de los dientes de anclaje y, en contrapartida, presentó, en el período después de 6 meses de contención, mayor espesura de la tabla ósea palatina. En relación a las corticales alveolares vestibulares, se comprobó que 6 meses de contención son insuficientes para el retorno a las dimensiones originales.

LISTA DE FIGURAS

DELINEAMENTO DA PESQUISA

Quadro 1 - Dados básicos da coleta da casuística.	6
Quadro 2 - Caracterização da casuística.	7
Figura 1 - Representação esquemática dos estágios de maturação das vértebras cervicais segundo Baccetti <i>et al.</i> (2005).	15
Figura 2 - Imagem digital da cabeça orientada de acordo com os planos axial (azul), coronal (verde) e sagital (vermelho) utilizados (Software Dolphin Imaging® versão 11.5).....	15
Figura 3 - Imagem do volume e RMPs. A Corte Coronal; B Corte Sagital; C Corte Axial; D Reconstrução em 3D. (Fonte: Dissertação UFRJ 2010 - Carolina Baratieri (orientador: Lincoln Issamu Nojima) - Estudo tomográfico da expansão rápida da maxila na maloclusão de Classe II, divisao 1).....	16
Figura 4 - Imagem das RMPs do <i>Software Dolphin®</i> , função <i>Measurement</i> ilustrando metodologia para avaliação da sutura palatina mediana. A Corte coronal passando pela espinha nasal posterior com os pontos (1, 2, 3, 4) e planos axial e sagital passando pelo ponto1; B Corte sagital com a identificação de espinha nasal posterior	

(ENP), planos axial e coronal passando sobre o ponto 1;
C Corte axial passando pelo assoalho da fossa nasal e plano sagital sobre o ponto 1; **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul). 19

Quadro 3 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da sutura palatina mediana na análise tomográfica..... 19

Figura 5 - Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Mesurement*, com a metodologia para localização do ápice radicular do incisivo central superior esquerdo. **A** corte coronal com o ponto Ice (Ar) localizado na intersecção do plano axial e sagital; **B** corte sagital onde o ponto Ice (Ar) está representado pela intersecção dos planos axial e coronal; **C** corte axial e o ponto Ice (ar) está representado pela intersecção dos planos coronal e plano sagital passando sobre o ápice do incisivo central superior esquerdo;. **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul)..... 20

Figura 6 - Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* com a metodologia para localização do ponto de referência na junção cimento-esmalte do incisivo central permanente superior esquerdo. **A** Corte coronal, ilustrando plano sagital posicionado na junção cimento-esmalte do incisivo central superior esquerdo;

ponto Ice (jce) localizado na intersecção do plano sagital com o axial; B Corte sagital tangenciando a mesial do dente 21 mostrando plano axial sobre a junção cimento-esmalte e plano coronal passando no meio do dente no sentido vestíbulo-lingual; C Corte axial, confirmando a localização dos pontos nos dentes 11-Icd (jce) e 21-Ice (jce)(intersecção do plano sagital com o coronal) e medição da distância linear entre ambos; D Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul).	21
Quadro 4 - Definição dos pontos para avaliação da distância entre incisivos centrais superiores na análise tomográfica.	21
Quadro 5 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da distância entre incisivos centrais superiores na análise tomográfica.	22
Figura 7 - Imagem de reconstrução multiplanar (RMP) do <i>Software Dolphin®</i> , função <i>Mesurement</i> ilustrando metodologia para avaliação da largura maxilar esquelética e largura da fossa nasal: A Corte coronal passando pelo processo zigomático da maxila com a identificação do plano sagital passando sobre o ponto FnE localizada a 10mm acima do plano da largura maxilar esquelética (MxD-MxE) localizado sobre o plano axial, que passa pela borda mais superior da concavidade do osso maxilar, caracterizada pela junção da maxila com o processo zigomático da	

maxila. Identificação dos pontos MxD, MxE, FnD e FnE; **B** Corte sagital passando na porção mais externa da fossa nasal esquerda com a localização do ponto (FnE) sobre o plano coronal e plano axial sobre a junção da maxila com o processo zigomático da maxila; **C** Corte axial passando pelo ponto mais profundo do contorno do processo zigomático da maxila, com a marcação bilateral dos pontos MxD e MxE onde passa o plano coronal; **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul) (*Software Dolphin Imaging® 11.0*)..... 23

Quadro 6 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da largura maxilar esquelética e largura da fossa nasal na análise tomográfica. 23

Figura 8 - Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* ilustrando metodologia para localização da trifurcação dos primeiros molares: **A** Corte coronal com a identificação do plano sagital (linha vermelha) e do plano axial (linha azul), o qual passa sobre a trifurcação dos elementos dentários 26; **B** Corte sagital com a identificação do plano axial e plano coronal que passam entre as raízes méso-vestibular e disto-vestibular do elemento 26, na altura da furca; **C** Corte axial confirmando a localização do plano coronal e do plano sagital sobre a trifurcação do primeiro molar permanente;

D Reconstrução em 3D plano coronal (linha verde) passando entre as raízes mésio vestibular e disto-vestibular do primeiro molar permanente..... 25

Figura 9 - Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* ilustrando metodologia para demarcação dos pontos para avaliação da largura maxilar alveolar. A Corte coronal com a identificação do plano sagital (linha vermelha) e do plano axial (linha azul), o qual passa sobre o ponto Mav/26; localização dos pontos Mav/16, Map/16, Map/26 B – corte sagital confirmando o ponto Mav/26 – intersecção do plano coronal (verde) com o axial (azul) C Corte axial confirmando a localização do ponto Mav/26 intersecção dos planos coronal e sagital; D Reconstrução em 3D. Plano sagital; plano coronal (linha verde). 25

Quadro 7 - Definição dos pontos utilizados para avaliação da largura maxilar alveolar na análise tomográfica. 26

Quadro 8 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da largura maxilar alveolar na análise tomográfica. 26

Figura 10 - Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* ilustrando metodologia para avaliação da largura maxilar dentária. A Localização do ponto AP no ápice da raiz palatina dos primeiros molares permanentes superiores esquerdo (AP/26)-intersecção do plano sagital(linha vermelha) com o planoaxial (linha azul), no corte coronal; B. Ponto AP/26 localizado na intersecção

do plano coronal(verde) com axial (azul); C Ponto AP/26 localizado no corte axial-intersecção do plano coronal (verde) com o plano sagital (vermelho); D. Reconstrução em 3D evidenciando o plano coronal (verde) passando sobre a raiz palatina do primeiro molar superior esquerdo.....	28
Quadro 9 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da largura maxilar dentária na análise tomográfica.	29
Quadro 10 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da largura maxilar dentária na análise tomográfica.	30
Quadro 11 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da angulação alveolar dos primeiros molares permanentes superiores na análise tomográfica.	31
Quadro 12 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da inclinação dos primeiros molares permanentes superiores na análise tomográfica.	32
Figura 11 - Imagem das RMPs do <i>Software Dolphin®</i> , função <i>Measurement</i> ilustrando metodologia para localização tridimensional utilizada na avaliação das corticais ósseas dos primeiros molares permanentes superiores: A Corte coronal identificando o plano axial passando sobre a trifurcação das raízes de 16 e 26 e plano sagital passando sobre a cortical alveolar vestibular na altura da raiz disto-vestibular do 26; B e C Corte sagital e axial respectivamente confirmando a localização do ponto sobre a cortical alveolar vestibular na altura da raiz disto-	

vestibular do 26; D Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul).	33
Quadro 13 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da espessura das corticais ósseas dos primeiros molares permanentes na análise tomográfica.	34
Quadro 14 - Definição das medidas utilizadas para avaliação da espessura das corticais ósseas dos primeiros pré-molares na análise tomográfica.	35

ARTIGO 1

Figure 1 - Multiplanar reconstruction images (MPR) to measure the width of the midpalatal suture opening. Width of the midpalatal suture in the PNS region at the level of the nasal fossa between points 1 and 2 (PNS-NF). Width of the midpalatal suture in the PNS region, at the level of the HP, between points 3 and 4 (PNS-HP). Width of the midpalatal suture in the anterior nasal spine region at the level of the nasal fossa between points 5 and 6 (ANS-NF). Width of the midpalatal suture in the anterior nasal spine region at the level of the hard palate between points 7 and 8 (ANS-HP). A. Coronal slice intersecting PNS; B. Sagittal slice and identification of PNS; C. Coronal slice intersecting ANS; D. Sagittal slice and identification of ANS (Dolphin Imaging® 11.0).	44
--	----

Figure 2 - Multiplanar reconstruction images (MPR) to measure the distance between maxillary central incisors at the level of the root apices (CIIr-CII(ra)) and the cemento enamel junction (CIIr-CII(cej)): A and B. Coronal and sagittal slices illustrate the location of root apex of tooth # 21 (CII(ra)) (blue arrow); C. Coronal slice shows the location of the cemento enamel junction of teeth # 11 and #21 (CIIr-CII(cej)) (red arrows); D. Axial slice shows CII(cej) of tooth # 21 using the axial and coronal planes (red arrow) (Dolphin Imaging® 11.0). 45

Figure 3 - Multiplanar reconstructions images (MPR) illustrate method to measure width of maxillary bone and width of nasal fossa: A. Coronal slice intersecting the maxillary zygomatic process and identification of the sagittal plane intersecting NfL at 10 mm above the plane of the maxillary bone width (MxR-MxL) located over the axial plane, which intersects the upper edge of the maxillary bone concavity, characterized by the junction of the maxilla and the zygomatic process. Identification of MxR, MxL, NfR and NfL; B Sagittal slice and identification of axial and coronal planes that intersect the most external portion of the left nasal fossa; C. Axial slice illustrates coronal plane intersecting the deepest point of the outline of zygomatic process, with bilateral marks of points MxR and MxL and the sagittal plane; D. 3-D reconstruction. Sagittal plane

(red line); coronal plane (green line); axial plane (blue line)
 (Dolphin Imaging® 11.0). 46

ARTIGO 2

Figure 1 - Multiplanar reconstruction (MPR) produced by Dolphin® software using Measurement tool illustrates method to identify points to measure maxillary alveolar width. A. Coronal slice shows sagittal plane (red line) and axial plane (blue line), which crosses MB/26 point; identification of MB/16, ML/16 and ML/26; B. Sagittal slice confirms MB/26 – intersection of coronal (green) and axial (blue) planes; C. Axial slice confirms MB/26 – intersection of coronal and sagittal planes; D. 3-D reconstruction. Sagittal plane; Coronal plane (green line). 64

Figure 2 - Multiplanar reconstruction (MPR) produced by Dolphin® software using *Measurement* tool illustrates method to measure maxillary dental width. A. Identification of AP point at lingual root apex of permanent left maxillary first molars (AP/26) – intersection of sagittal (red line) and axial (blue line) planes on coronal slice; B. AP/26 at intersection of coronal (green) and axial (blue) planes; C. AP/26 on axial slice - intersection of coronal (green) and sagittal (red) planes; D. 3-D reconstruction shows coronal plane (green) crossing lingual root of left maxillary first molar..... 65

ARTIGO 3

Figure 1 - Multiplanar reconstruction images on the Dolphin® software, Measurement function, showing the methodology used to locate the trifurcation of first molars. A) Coronal view showing the sagittal plane (red line) and the axial plane (blue line) crossing the trifurcation of tooth # 16 (yellow arrow), B) Sagittal view showing the axial and coronal planes, positioned between the mesiobuccal and distobuccal roots of tooth # 16, at the level of the furcation (yellow arrow); C) Axial view confirming location of the coronal and sagittal planes on the trifurcation of the permanent first molar (yellow arrow); D) 3D reconstruction, front view. 84

Figure 2 - Measurement of cortical bone of maxillary first permanent molars. MBCBT = cortical bone thickness of mesiobuccal root: distance from external edge of buccal cortical bone to center of buccal surface of mesiobuccal root of first permanent molar in both sides (16/MBCBT and 26/MBCBT); DBCBT = cortical bone thickness of distobuccal root: distance from external edge of buccal cortical bone to center of buccal surface of distobuccal root of first permanent molar in both sides (16/DBCBT and 26/DBCBT); LCBT = cortical bone thickness of lingual root: distance from external edge of lingual cortical bone

to center of lingual surface of lingual root of maxillary first
permanent molar (16/LCBT and 26/LCBT)..... 85

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

Table I. Baseline data of dentoskeletal structures in the Haas and Hyrax groups before treatment (T1).....	47
Table II. Comparison of absolute changes in midpalatal suture and adjacent skeletal structures between baseline (T1), immediately after expansion (T2) and after retention (T3) for Haas and Hyrax groups.....	48
Table III. Comparison of transverse variations (Δ) between groups at periods after RME (T2) and at baseline; after retention (T3) and after RME (T2); and after retention (T3) and at baseline (T1).....	49

ARTIGO 2

Table I. Points and definitions used in the study.	64
Table II. Basic sample data.	67
Table III. Means and standard deviations at T1, T2 and T3 and p values of differences between T1xT2, T2xT3 and T1xT3 in the Haas and Hyrax groups.	68

Table IV. Mean values and standard deviations of treatment effects (Δ) at intervals: T2-T1, T3-T1 and T3-T2 in Haas and Hyrax groups and the comparison between them.	69
--	----

ARTIGO 3

Table I. Comparison of baseline data for cortical bone thickness between Haas and Hyrax groups before treatment (T1).....	86
Table II. Comparisons of transverse measures between periods after RME (T2) and at baseline; after retention (T3) and after RME (T2); and between after retention (T3) and at baseline (T1).....	87
Table III. Comparison of bone thickness changes/variations (Δ) between Haas and Hyrax groups, after RME (T2-T1), after retention (T3-T2) and after retention in relation to baseline (T3-T1).....	88

LISTA DE SIGLAS

°	Graus
3D	Reconstrução volumétrica tridimensional
ALV (ALV)	Alveolar (<i>alveolar</i>)
AR (RP)	Ápice radicular (<i>root apices</i>)
C	Vértebra cervical
D (R)	Direito (<i>right</i>)
DICOM	<i>Digital Imaging and Communication in Medicine</i> (Imagem digital e comunicação na Medicina)
E (L)	Esquerdo (<i>left</i>)
EC (CS)	Estágio cervical (<i>cervical stage</i>)
ECODV (DBCBT)	Espessura da cortical alveolar da raiz disto- vestibular (<i>cortical bone thickness of distobuccal root</i>)
ECOMV (MBCBT)	Espessura da cortical alveolar da raiz mesio- vestibular (<i>cortical bone thickness of mesiobuccal root</i>)
ECOP (LCBT)	Espessura da cortical alveolar da raiz palatina (<i>cortical bone thickness of lingual root</i>)
ENA (ANS)	Espinha nasal anterior (<i>anterior nasal spine</i>)
ENP (PNS)	Espinha nasal posterior (<i>posterior nasal spine</i>)
ERM (RME)	Expansão rápida da maxila (<i>Rapid maxillary expansion</i>)
Fn (Nf)	Fossa Nasal (<i>nasal fossa</i>)

FOV	Campo de visão (<i>Field of view</i>)
IESC	Instituto de Estudos em Saúde Coletiva
INC (TIP)	Inclinação (<i>tipping</i>)
JCE (Cej)	Junção cimento esmalte (<i>Cementenamel junctions</i>)
Kv	Quilovoltagem
Ma (Ma)	Maxilar alveolar (<i>maxillary alveolar</i>)
mA	Miliamperagem
mm	Milímetro
Mx (Mx)	Maxila (<i>maxilla</i>)
N	Násio
OrD	Orbital direito
OrE	Orbital esquerdo
P (L)	Palatino (<i>lingual</i>)
PD (HD)	Palato duro (<i>hard palate</i>)
PoD	Pório direito
PoE	Pório esquerdo
RMP (MPR)	Reconstruções multiplanares (<i>multiplanar reconstruction</i>)
SC(CG)	Sulco central (<i>central groove</i>)
T1	Tempo 1 (inicial)
T2	Tempo 2 (imediatamente após a ativação do parafuso)
T3	Tempo 3 (pós-contenção)
TC	Tomografia computadorizada
TCFC (CBCT)	Tomografia computadorizada de feixe cônico (<i>Cone beam computed tomography</i>)
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
V (B)	Vestibular(<i>buccal</i>)

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	1
2 PROPOSIÇÃO	4
3 DELINEAMENTO DA PESQUISA	5
3.1 Caracterização da casuística	5
3.2 Protocolo para expansão rápida da maxila	7
3.3 Etapas laboratoriais de confecção dos aparelhos tipo Haas e aparelhos tipo Hyrax	8
3.3.1 Confecção do Aparelho tipo Haas	9
3.3.2 Confecção do Aparelho tipo Hyrax	10
3.4 Protocolo de instalação e ativação para ERM	10
3.5 Obtenção das tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC)	12
3.6 Metodologia para avaliação da idade esquelética	13
3.7 Metodologia para avaliação das imagens tomográficas	15
3.7.1 Pontos para localização dos planos de referência	16
3.7.2 Planos de referência	17
3.7.3 Avaliação da Sutura Palatina Mediana	17

3.7.4 Avaliação da distância entre incisivos centrais superiores.....	20
3.7.5 Avaliação da largura maxilar esquelética e largura da fossa nasal	22
3.7.6 Avaliação da largura maxilar alveolar.....	24
3.7.7 Avaliação da largura maxilar dentária	27
3.7.8 Avaliação da angulação alveolar e inclinação dentária dos primeiros molares permanentes superiores.....	30
3.7.9 Avaliação da espessura das corticais ósseas	32
3.8 Análise estatística.....	35
4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	37
4.1 ARTIGO 1.....	37
4.2 ARTIGO 2.....	37
4.3 ARTIGO 3.....	38
5 DISCUSSÃO.....	98
6 CONCLUSÃO	109
7 RECOMENDAÇÕES.....	113
8 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	114
9 ANEXOS 118	
ANEXO I.....	119
ANEXO II.....	122
ANEXO III.....	123

1 INTRODUÇÃO

A expansão rápida da maxila (ERM) tem como objetivo principal o aumento da largura transversa do arco dental maxilar e da base apical com o mínimo de movimento dentário dentro do osso alveolar (HAAS, 1961; HAAS, 1965). Essa modalidade é indicada em pacientes que possuem deficiência de dimensão transversa da maxila e apresentam crescimento ósseo, sem fechamento das suturas (HAAS, 1965; MELSEN, 1975; WERTZ e DRESKIN, 1977; HAAS, 1980). O diagnóstico deste problema exige a coleta adequada de dados no sentido de estabelecer o programa terapêutico eficaz e evitar o desenvolvimento de consequências desfavoráveis à saúde bucal (HAAS, 1965; 1980; McNAMARA, 2000). A deficiência transversa da maxila pode levar a desvios funcionais da mandíbula e consequente crescimento assimétrico, comprometimento da estética do sorriso, respostas periodontais adversas e alterações funcionais decorrentes da constrição maxilar (FARRET *et al.*, 1998; LIMA *et al.*, 2005).

A expansão rápida da maxila caracteriza-se por utilizar forças de magnitude elevada com o intuito de obter resposta esquelética máxima, através da abertura da sutura palatina mediana, com movimento dentário mínimo. Dentre os aparelhos expansores, os mais utilizados para obtenção de resposta ortopédica são os disjuntores tipo Haas e Hyrax. A principal diferença entre ambos consiste na presença de um bloco acrílico, apoiado sobre as paredes

laterais do palato, nos disjuntores de Haas. A sua função é aumentar a ancoragem para potencializar o efeito ortopédico, além de proporcionar melhor distribuição das forças produzidas durante a expansão, de maneira a não sobrecarregar dentes de ancoragem e corticais ósseas vestibulares correspondentes. O bloco de acrílico nos disjuntores de Haas também seria útil durante a fase de contenção, atuando como anteparo, para evitar a recidiva da região dentoalveolar (HAAS, 1970). O disjuntor tipo Hyrax, por não possuir a porção de acrílico, apresenta a vantagem de ser mais higiênico e, desse modo, evitaria irritações na mucosa palatina decorrentes da impacção alimentar (BIEDERMAN, 1968).

A força distribuída na expansão rápida da maxila produz áreas de compressão no ligamento periodontal dos dentes de suporte (CAVALCANTI *et al.*, 1999). A absorção óssea alveolar pode levar ao movimento dentário indesejado, na mesma direção. Estudos em animais têm demonstrado forte correlação entre movimento dentário e deiscência óssea (STEINER *et al.*, 1981; WENNSTROM *et al.*, 1987). Entretanto, poucas pesquisas abordam a situação das corticais ósseas vestibulares e palatinas após a ERM, especialmente em humanos (GREENBAUM e ZACHRISSON, 1982; GARIB *et al.*, 2006; RUNGCHARASSAENG *et al.*, 2007; BALLANTI *et al.*, 2009)

No momento atual, avanços tecnológicos têm contribuído para aprimorar o registro de dados de diagnóstico, permitindo avaliação minuciosa e precisa das estruturas anatômicas (PODESSER *et al.*, 2004; DA SILVA FILHO *et al.*, 2005; GARIB *et al.*, 2005). A tomografia computadorizada (TC) constitui um dos grandes avanços da atualidade na área de imagem, obtendo-se, com mais segurança, a avaliação de estruturas anatômicas sem superposição de estruturas vizinhas

(TIMMS *et al.*, 1982). Na Odontologia, a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) tem sido empregada como método de diagnóstico revolucionário. Esse exame permite visualizar estruturas anatômicas em camadas, em especial os tecidos mineralizados, com ótima definição, propiciando a identificação de discrepâncias nos três planos do espaço: axial, coronal e sagital; o que difere das imagens radiográficas, nas quais as estruturas anatômicas são projetadas em apenas um plano (PARKS, 2000).

A partir do fato de que a expansão rápida da maxila (ERM) é um procedimento terapêutico universalmente aceito para a correção de atresia maxilar e/ou mordida cruzada posterior, há uma série de trabalhos na literatura que documenta as alterações decorrentes da ERM adotando-se a TCFC como método de avaliação (DA SILVA FILHO *et al.*, 2005; GARIB *et al.*, 2005; GARIB *et al.*, 2006; PODESSER *et al.*, 2007; RUNGCHARASSAENG *et al.*, 2007; BALLANTI *et al.*, 2009; BALLANTI *et al.*, 2010; WEISSHEIMER *et al.*, 2011). No entanto, dentre estes, somente três compilam características de serem estudos comparativos, prospectivos, longitudinais (GARIB *et al.*, 2005; GARIB *et al.*, 2006) e randomizados (LAGRAVERE *et al.*, 2010; WEISSHEIMER *et al.*, 2011). Face ao exposto, é justificável, portanto, o delineamento de pesquisa clínica que considera os aspectos anteriormente citados na avaliação dos efeitos da expansão rápida da maxila, sendo pois, tema de alta relevância na literatura ortodôntica.

2 PROPOSIÇÃO

Avaliar e comparar o efeito dos aparelhos de Haas e Hyrax sobre a maxila após expansão rápida e decorridos seis meses de contenção, por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico, considerando-se:

- 2.1 Sutura palatina mediana;
- 2.2 Posição dos incisivos centrais permanentes superiores;
- 2.3 Largura da fossa nasal;
- 2.4 Largura maxilar esquelética;
- 2.5 Largura maxilar alveolar;
- 2.6 Largura maxilar dentária;
- 2.7 Angulação alveolar na região de primeiros molares permanentes superiores;
- 2.8 Inclinação dentária dos primeiros molares permanentes superiores;
- 2.9 Corticais ósseas vestibulares e palatinas de primeiros pré-molares e primeiros molares permanentes superiores.

3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

3.1 Caracterização da casuística

Para a realização deste estudo clínico longitudinal prospectivo, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Odontologia (Ortodontia) da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a casuística foi selecionada em escolas públicas de Belo Horizonte. Foram examinadas 1035 crianças, das quais 50 se enquadravam nos critérios de inclusão, para participarem do estudo. Os critérios de inclusão determinados para compor a casuística foram: presença de maloclusão Classe I de Angle com necessidade clínica de disjunção maxilar; pacientes não submetidos a tratamentos ortodônticos prévios; idade cronológica inferior a 15 anos; dentição permanente completa, com exceção dos terceiros molares (em alguns casos, os segundos molares encontravam-se em erupção).

Dentre os 50 indivíduos selecionados, houve desistência de 15, permanecendo 35 participantes na pesquisa, os quais foram submetidos aos procedimentos de expansão rápida da maxila (ERM) (Quadro 1, página 6). A casuística foi distribuída de forma randomizada em dois grupos, em que foram utilizados: aparelho disjuntor tipo Haas (Grupo 1, n=18) e aparelho disjuntor tipo Hyrax. (Grupo 2, n=17). A fase ativa do tratamento foi em média de duas semanas, variando de acordo com a necessidade de expansão. A fase passiva

compreendeu a manutenção do disjuntor na cavidade bucal durante os seis meses subsequentes à ERM.

Indivíduos examinados (n)	Indivíduos selecionados (n)	Indivíduos desistentes (n)	Indivíduos tratados (n)
1035	50	15	35

n- número de indivíduos

Quadro 1 - Dados básicos da coleta da casuística.

A investigação nesta pesquisa fundamentou-se na análise de dados provenientes de tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) que foram realizadas, portanto, em três tempos específicos do estudo, caracterizados como: período inicial (T1); imediatamente após a ERM (T2) e, decorridos seis meses de contenção subsequentes à ERM (T3).

Considerando-se os 35 indivíduos que receberam o tratamento de ERM, três foram excluídos da casuística por estarem no estágio C4 de crescimento segundo Baccetti *et al.* 2005. Restaram, portanto, 32 pacientes; 19 meninas com médias idades de 12 anos e 10 meses e 13 meninos com médias idades de 13 anos. Considerando os estágios de maturação vertebral propostos por Baccetti, Franchi & McNamara Jr (BACCETTI *et al.*, 2005), os pacientes encontravam-se com as vértebras cervicais no estágio de maturação 3, indicando grande potencial de crescimento ativo. Durante o período de contenção, três participantes desistiram do tratamento, não tendo sido realizadas as suas respectivas TCFC em T3 e, desse modo, seus dados não foram computados para esta fase do estudo (Quadro 2, página 7).

Grupo	Período	Número (n)	Distribuição entre gêneros	Idade média	Média de ativação do parafuso
G1-Haas	T1	16	nM = 8; nF = 8	13a 12a 10m	6,35mm
	T2	16			
	T3	16			
G2-Hyrax	T1	16	nM = 5 nF = 11	13a 12a10m	5,88mm
	T2	16			
	T3	13			

G- grupo; n- número de indivíduos; nM- número de indivíduos do gênero masculino; nF- número de indivíduos do gênero feminino; T1- período inicial; T2- período após ERM; T3- período após seis meses de contenção.

Quadro 2 - Caracterização da casuística.

Os integrantes da casuística foram informados sobre riscos e benefícios na participação da pesquisa por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo I, página 120), o qual foi assinado por todos os responsáveis pelos pacientes. O projeto de pesquisa elaborado para o desenvolvimento deste estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas do Instituto de Estudos em Saúde Coletiva (IESC) da UFRJ, conforme os seguintes dados: Protocolo 62/2009, Parecer 35/2010, com aprovação em: 05/05/2010 (Anexo II, página 123).

3.2 Protocolo para expansão rápida da maxila

Após a seleção da casuística, todos os pacientes foram submetidos ao protocolo de tratamento descrito na sequência:

1ª Consulta - Solicitação de TCFC (T1).

2ª Consulta - Seleção dos anéis ortodônticos e moldagem de transferência.

3ª Consulta - Instalação do aparelho de Haas e/ou aparelho de Hyrax e ativação de 4/4 de volta. A partir do segundo dia, 2/4 de ativação foi realizada diariamente até a expansão necessária ter sido obtida.

4ª Consulta - Estabilização do parafuso expensor e solicitação de TCFC (T2). Durante o período de contenção, foram efetuadas consultas bimestrais de controle.

5ª Consulta - Após seis meses, solicitação de TCFC (T3).

6ª Consulta - Remoção do aparelho de Haas e/ou aparelho de Hyrax.

7ª Consulta - Instalação de placa de contenção superior.

3.3 Etapas laboratoriais de confecção dos aparelhos tipo Haas e aparelhos tipo Hyrax

Na confecção dos aparelhos de Haas e aparelhos de Hyrax, seguiu-se o protocolo detalhado a seguir:

- 1- Separação interproximal dos dentes de ancoragem (primeiros molares permanentes superiores e primeiros pré-molares superiores), com o auxílio de elásticos separadores radiopacos (Morelli ®).
- 2- Seleção e adaptação de anéis ortodônticos (Morelli ®) nos dentes de ancoragem.
- 3- Moldagem de transferência da arcada superior, utilizando-se hidrocolóide irreversível (Jeltrate- Dentsply Ind. e Com. LTDA).
- 4- Modelagem para obtenção do modelo de trabalho. (Gesso pedra amarelo de endurecimento rápido, Herodent, Vigodent ®, RJ)

3.3.1 Confeção do Aparelho tipo Haas

Na confecção do aparelho de Haas foi seguida a sequência técnica descrita em continuidade:

- 1- Confeção da estrutura metálica sobre o modelo de gesso, utilizando-se fio de aço inoxidável com 1,0mm de diâmetro (Dental Morelli, São Paulo, Brasil). Barras vestibulares e palatinas foram contornadas aos primeiros e segundos pré-molares, assim como primeiros molares permanentes superiores, de ambos os lados. As barras palatinas foram estendidas em direção à rafe palatina mediana atuando como retenção para a construção da porção de acrílico. As barras metálicas foram soldadas aos anéis ortodônticos dos primeiros pré-molares e primeiros molares permanentes superiores.
- 2- Posicionamento de parafuso expensor (Dental Morelli, São Paulo, Brasil), com abertura máxima de 11 mm, sobre a rafe palatina mediana. No sentido ântero-posterior, a parte mediana do parafuso foi posicionada entre segundos pré-molares e primeiros molares permanentes, sendo que as suas margens laterais permaneceram afastadas 1 (um) mm das corticais laterais do palato.
- 3- Confeção da porção acrílica (Resina acrílica autopolimerizável JET, Artigos Odontológicos Clássico Ltda, SP) unindo as barras metálicas ao parafuso e, assim, constituindo o aparelho dento-muco suportado;
- 4- Acabamento e polimento do Aparelho de Haas. Nesta fase, as margens do acrílico foram arredondadas e os limites estabelecidos de forma que o acrílico repousasse apenas na região entre primeiros pré-molares e primeiros molares superiores, para evitar danos aos tecidos ricamente vascularizados, como

rugos palatinas, margens gengivais e tecidos que recobrem os forames palatinos posteriores (HAAS, 1970).

3.3.2 Confeção do Aparelho tipo Hyrax

Para a confecção do aparelho de Hyrax seguiu-se a seguinte sequência técnica:

- 1- Confeção da estrutura metálica sobre o modelo de gesso, a qual foi composta por barras vestibulares e palatinas, em fio de aço inoxidável com 1 mm de diâmetro (Dental Morelli, São Paulo, Brasil), soldadas aos anéis ortodônticos adaptados aos primeiros pré-molares e primeiros molares permanentes. Na região palatina, as próprias extensões do parafuso tipo Hyrax contornaram o palato, em direção oclusal, até as superfícies palatinas dos anéis, sobre as quais foram adaptadas e soldadas.
- 2- Posicionamento de parafuso expensor (Dental Morelli, São Paulo, Brasil), com abertura máxima de 11 mm, sobre a rafe palatina mediana. No sentido ântero-posterior, a parte mediana do parafuso foi posicionada entre segundos pré-molares e primeiros molares permanentes, sendo que as suas margens laterais permaneceram afastadas 1 mm das paredes laterais do palato.

3.4 Protocolo de instalação e ativação para ERM

Os aparelhos de Haas e Hyrax foram fixados com cimento ionômero de vidro (Voco - Meron Glass ionomer cement- Germany). A cimentação foi realizada

sob isolamento relativo, tendo sido precedida pela profilaxia dos dentes superiores, utilizando-se taça de borracha e pasta profilática.

Após a etapa de cimentação, os pacientes e os seus responsáveis foram orientados em relação à higienização correta dos disjuntores. Os indivíduos do Grupo 1 (um) foram especialmente instruídos a higienizar a região entre o bloco acrílico e a mucosa palatina, com o auxílio de fio dental acoplado ao passa-fio.

Todos os pacientes do Grupo 1 (um) e Grupo 2 (dois) foram submetidos ao mesmo protocolo de ativações para a ERM. No dia da cimentação, foram realizadas $\frac{4}{4}$ de volta, tendo sido obedecido um intervalo entre estas. A última ativação foi realizada pelo responsável como forma de aprendizado. A partir do segundo dia da instalação do aparelho disjuntor, as ativações foram efetivadas em casa, pelos responsáveis, sendo, $\frac{1}{4}$ de volta realizada pela manhã e $\frac{1}{4}$ de volta à noite, perfazendo o total diário de $\frac{2}{4}$ de volta, ou seja, 0,4 mm de ativação do parafuso. Os responsáveis receberam um calendário guia para registro do número de ativações executadas por eles durante o período ativo de ERM (Anexo III, página 124).

O controle clínico, nesta fase de tratamento, foi efetuado semanalmente para controle das ativações. A quantidade de abertura do parafuso expensor foi realizada conforme a necessidade de expansão maxilar de cada indivíduo. O critério clínico utilizado para o encerramento da ativação constituiu-se na observação do contato das cúspides palatinas dos dentes posteriores superiores com as cúspides vestibulares dos dentes posteriores inferiores. Após o término da fase ativa de ERM, os parafusos foram estabilizados com fio de amarrilho e os pacientes encaminhados para tomada tomográfica (T2).

Após o período de seis meses de contenção, mantendo-se os aparelhos de Haas e Hyrax na cavidade bucal de modo passivo, foi realizada TCFC (T3) e, em seguida, os aparelhos disjuntores foram removidos. Todos os indivíduos participantes da amostra receberam aparelho de contenção móvel e foram encaminhados, subsequentemente, para tratamento ortodôntico corretivo total fixo.

3.5 Obtenção das Tomografias Computadorizadas de Feixe Cônico (TCFC)

Todas as TCFC obtidas em T1, T2 e T3 foram efetuadas em uma única clínica de imagem particular em Belo Horizonte. Para aquisição das imagens, foi utilizado o tomógrafo *I-Cat (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, EUA)*, com regulação de 36,90 mA, 120 Kv, tempo de exposição de 40s, FOV de 22cm e voxel de 0,3 mm. O posicionamento do paciente para a tomada tomográfica foi padronizado de modo a permanecer sentado, com os olhos fechados, mantendo-se o Plano Horizontal de Frankfurt paralelo ao solo e o plano sagital mediano perpendicular ao solo. Para auxiliar na contenção do paciente durante a tomada tomográfica, foi usado o apoio de cabeça do próprio equipamento associado a uma fita com velcro fixada em suas porções laterais. Na sequência, a fonte de raios X foi ajustada e acionada, emitindo um feixe em forma de cone, o qual foi captado pelo detector de raios X. Para isso, o sistema tubo-detector realizou giro de 360 graus em torno da cabeça do paciente adquirindo, a cada aproximadamente um grau de giro, a imagem base de sua cabeça. Cortes axiais de 0,3 mm de espessura foram obtidos e exportados no formato DICOM (*Digital*

Imaging and Communication in Medicine) e, em continuidade, gravados em *cd-rom*. Estas imagens foram exportadas para o programa de reconstrução volumétrica tridimensional (3D), possibilitando a visualização de forma padronizada nos planos axial, sagital e coronal. O programa empregado para a obtenção da imagem em 3D foi o *Dolphin Imaging* (versão 11.5, *Dolphin Imaging & Management Solutions*, Chatsworth, Calif).

3.6 Metodologia para avaliação da idade esquelética

Para avaliação dos estágios de ossificação esquelética dos indivíduos participantes da pesquisa, aplicou-se o método descrito por Baccetti *et al.* em 2005. Este método fundamenta-se nos contornos anatômicos das vértebras C2, C3 e C4, sob avaliação em telerradiografias. Neste estudo, as telerradiografias foram obtidas a partir da reconstrução em 3D no *software Dolphin Imaging* (versão 11.5, *Dolphin Imaging & Management Solutions*, Chatsworth, Calif), sendo este procedimento executado por um avaliador cego, que não participou da seleção da amostra (EMJ). Os participantes, nesta pesquisa encontravam-se com as vértebras cervicais no estágio de maturação SC3, indicando potencial de crescimento ativo.

Os estágios de maturação das vértebras cervicais, segundo Baccetti *et al.* (BACCETTI *et al.*, 2005), são descritos a seguir (Figura 1, página 15):

- a) Estágio cervical 1 (EC1)** onde as bordas inferiores das três vértebras (C2, C3, C4) estão planas. Os corpos de C3 e C4 apresentam formato trapezoidal (a borda superior é inclinada de posterior para anterior). O

pico do crescimento mandibular ocorrerá, em média, dois anos após o estágio cervical 1 (um).

b) Estágio cervical 2 (EC2) com concavidade presente na borda inferior de C2. Os corpos de C3 e C4 ainda estão no formato trapezoidal. O pico de crescimento mandibular dar-se-á, em média, um ano após o estágio cervical 2 (dois).

c) Estágio cervical 3 (EC3) com concavidades presentes nas bordas de C2 e C3. Os corpos de C3 e C4 podem estar nos formatos trapezoidal ou retangular horizontal. O pico de crescimento mandibular acontecerá, durante o ano após o estágio cervical 3 (três).

d) Estágio cervical 4 (EC4) com concavidades presentes nas bordas inferiores de C2, C3 e C4. Os corpos de C3 e C4 apresentam formato retangular horizontal. O pico de crescimento mandibular ocorreu há um ou dois anos antes do estágio cervical 4 (quatro).

e) Estágio cervical 5 (EC5) com concavidades presentes nas bordas inferiores de C2, C3 e C4. Pelo menos um dos corpos de C3 e C4 apresenta formato quadrangular. O pico de crescimento mandibular finalizou, no mínimo, um ano após o estágio 5 (cinco).

f) Estágio cervical 6 (EC6) com concavidades das bordas inferiores de C2, C3 e C4 já estão bem evidentes. Pelo menos um dos corpos de C3 e C4 apresenta formato retangular vertical. Se não estiver na forma retangular vertical, o corpo da outra vértebra será de formato quadrangular. O pico de crescimento mandibular terminou, no mínimo, dois anos antes do estágio 6 (seis).

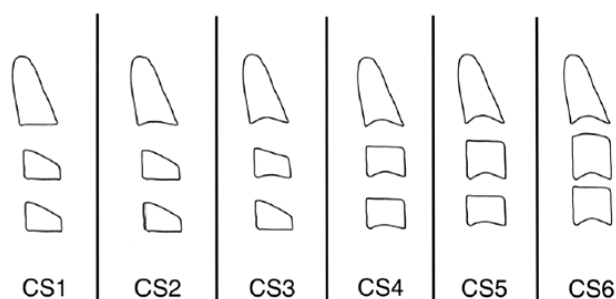


Figura 1 Representação esquemática dos estágios de maturação das vértebras cervicais segundo Baccetti *et al.* (2005).

3.7 Metodologia para avaliação das imagens tomográficas

Todas as imagens obtidas por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico foram orientadas e padronizadas, com o auxílio do programa *Dolphin Imaging*, realizadas por um avaliador cego (EMJ). Após a importação das imagens em DICOM, as reconstruções 3D da cabeça de cada paciente, em cada tempo do estudo (T1, T2 e T3), foram orientadas e posicionadas (CEVIDANES *et al.*, 2009) de acordo com pontos para a localização de planos de referência (Figura 2).

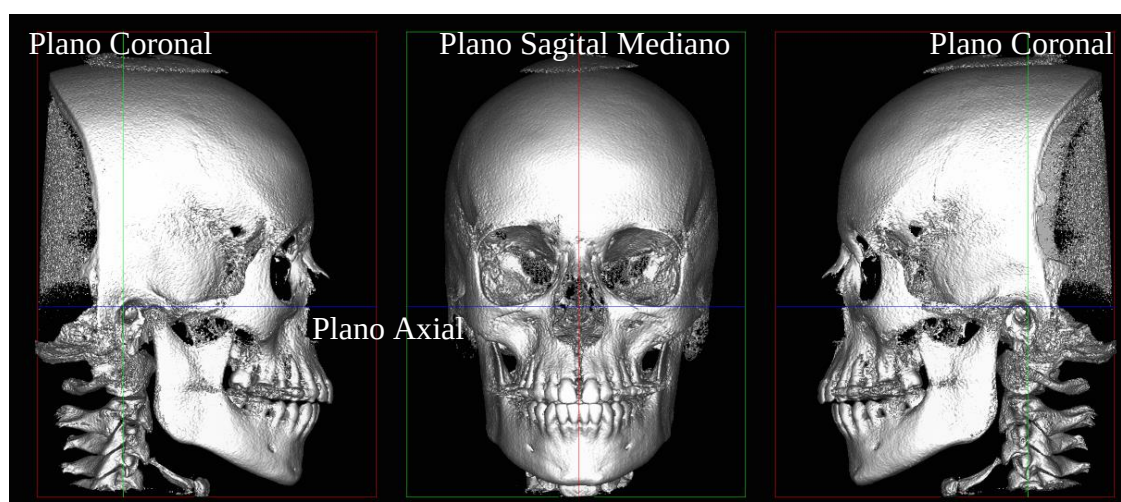


Figura 2 Imagem digital da cabeça orientada de acordo com os planos axial (azul), coronal (verde) e sagital (vermelho) utilizados (*Software Dolphin Imaging®* versão 11.5).

Com a orientação da cabeça, foi possível visualizar o volume e as reconstruções multiplanares (RMP) nos três planos (Figura 3).

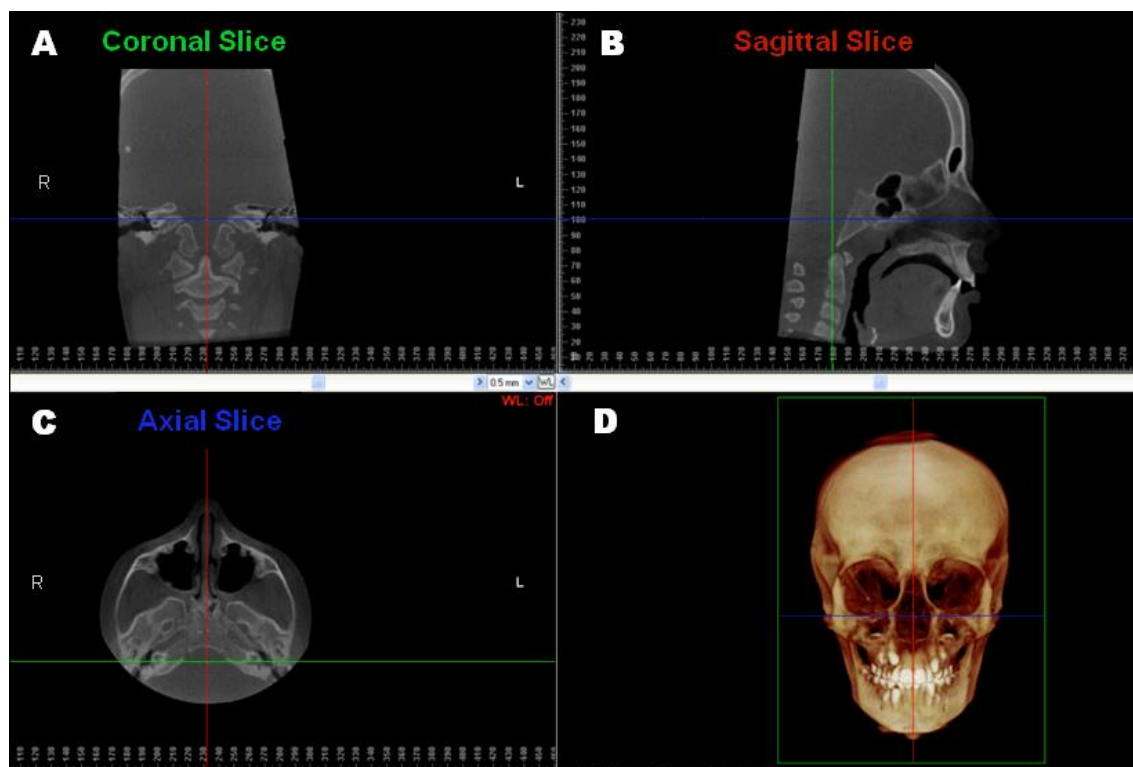


Figura 3 Imagem do volume e RMPs. **A** Corte Coronal; **B** Corte Sagittal; **C** Corte Axial; **D** Reconstrução em 3D. (Fonte: Dissertação UFRJ 2010 - Carolina Baratieri (orientador: Lincoln Issamu Nojima) - Estudo tomográfico da expansão rápida da maxila na maloclusão de Classe II, divisão 1).

3.7.1 Pontos para localização dos planos de referência

- A. **Orbital direito** (OrD) e **esquerdo** (OrE), apresentando-se como o ponto mais infero do contorno inferior da órbita direita e esquerda, respectivamente.
- B. **Pório direito** (PoD) e **esquerdo** (PoE), constituindo-se o ponto mais superior do meato acústico externo direito e esquerdo, respectivamente.
- C. **Násio** (N), sendo o ponto localizado na intersecção da sutura frontonasal com a sutura internasal.

3.7.2 Planos de referência

- A. **Plano Axial**, determinado pelos pontos Orbital Direito, Orbital Esquerdo e Pório Direito e Pório Esquerdo.
- B. **Plano Coronal**, passando pelos pontos Pório Direito e Pório Esquerdo, sendo perpendicular ao plano axial selecionado.
- C. **Plano Sagital**, interceptando o Ponto Násio, sendo perpendicular ao plano axial e coronal selecionados.

3.7.3 Avaliação da Sutura Palatina Mediana

Para avaliar a abertura da sutura palatina mediana foi realizada a localização tridimensional de oito pontos nas imagens de TCFC, utilizando os cortes coronal, sagital e axial conforme descrito a seguir:

- **Ponto 1 e Ponto 2:** pontos localizados na altura do assoalho da fossa nasal (FN) e da espinha nasal posterior (ENP) dos lados direito e esquerdo, respectivamente. Como referência para a sua determinação, manteve-seo plano sagital levemente desviado do plano sagital mediano, o plano coronal interceptando a espinha nasal posterior e o plano axial estabelecido na altura do assoalho da fossa nasal (Figura 4, página 19).
- **Ponto 3 e Ponto 4:** pontos situados na altura do palato duro (PD) e da espinha nasal posterior dos lados direito e esquerdo, respectivamente. Como referência para a sua determinação, manteve-seo plano sagital

levemente desviado do plano sagital mediano, o plano coronal interceptando a espinha nasal posterior e o plano axial estabelecido na altura do assoalho do palato duro (Figura 4, página 19).

- **Ponto 5 e Ponto 6:** pontos localizados na altura do assoalho da fossa nasal e da espinha nasal anterior (ENA) dos lados direito e esquerdo, respectivamente. Como referência para sua determinação, manteve-se o plano sagital posicionado em região lateral à sutura palatina mediana, o plano coronal interceptando a espinha nasal anterior e o plano axial estabelecido na altura do assoalho da fossa nasal.
- **Ponto 7 e Ponto 8:** pontos que se situam na altura do palato duro e da espinha nasal anterior dos lados direito e esquerdo, respectivamente. Como referência para a sua determinação, manteve-se o plano sagital levemente desviado do plano sagital mediano, o plano coronal interceptando a espinha nasal anterior e o plano axial estabelecido na altura do assoalho do palato duro.

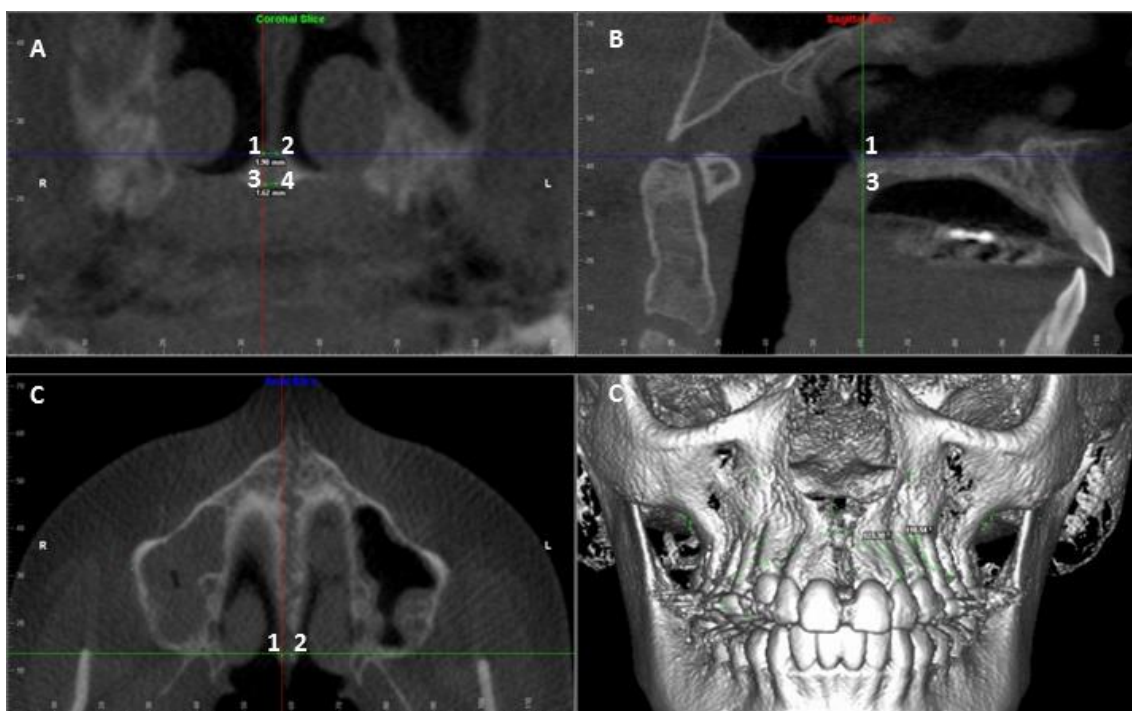


Figura 4 Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* ilustrando metodologia para avaliação da sutura palatina mediana. **A** Corte coronal passando pela espinha nasal posterior com os pontos (1, 2, 3, 4) e planos axial e sagital passando pelo ponto 1; **B** Corte sagital com a identificação de espinha nasal posterior (ENP), planos axial e coronal passando sobre o ponto 1; **C** Corte axial passando pelo assoalho da fossa nasal e plano sagital sobre o ponto 1; **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul).

Após a determinação dos pontos, foram executadas as medidas para a avaliação da sutura palatina mediana, conforme citado no Quadro 3 (três).

Medidas	Definição
ENP-FN	Largura da abertura da sutura palatina mediana entre os pontos 1 e 2.
ENP-PD	Largura da abertura da sutura palatina mediana entre os pontos 3 e 4.
ENA-FN	Largura da abertura da sutura palatina mediana entre os pontos 5 e 6.
ENA-PD	Largura da abertura da sutura palatina mediana entre os pontos 7 e 8.

Quadro 3 Definição das medidas utilizadas para a avaliação da sutura palatina mediana na análise tomográfica.

3.7.4 Avaliação da distância entre incisivos centrais superiores

A distância entre incisivos centrais superiores foi mensurada em duas regiões anatômicas distintas: nos ápices radiculares dos incisivos centrais permanentes (Ar) e na junção cimento-esmalte (Jce) localizada na face mesial dos incisivos centrais permanentes. Para a demarcação dos pontos Ar e Jce foi considerada a coincidência dos planos axial, coronal e sagital sobre a estrutura anatômica desejada conforme ilustrados nas Figura 5 e 6 (página 21), Quadro 4 (página 21) e Quadro 5 (página 22).

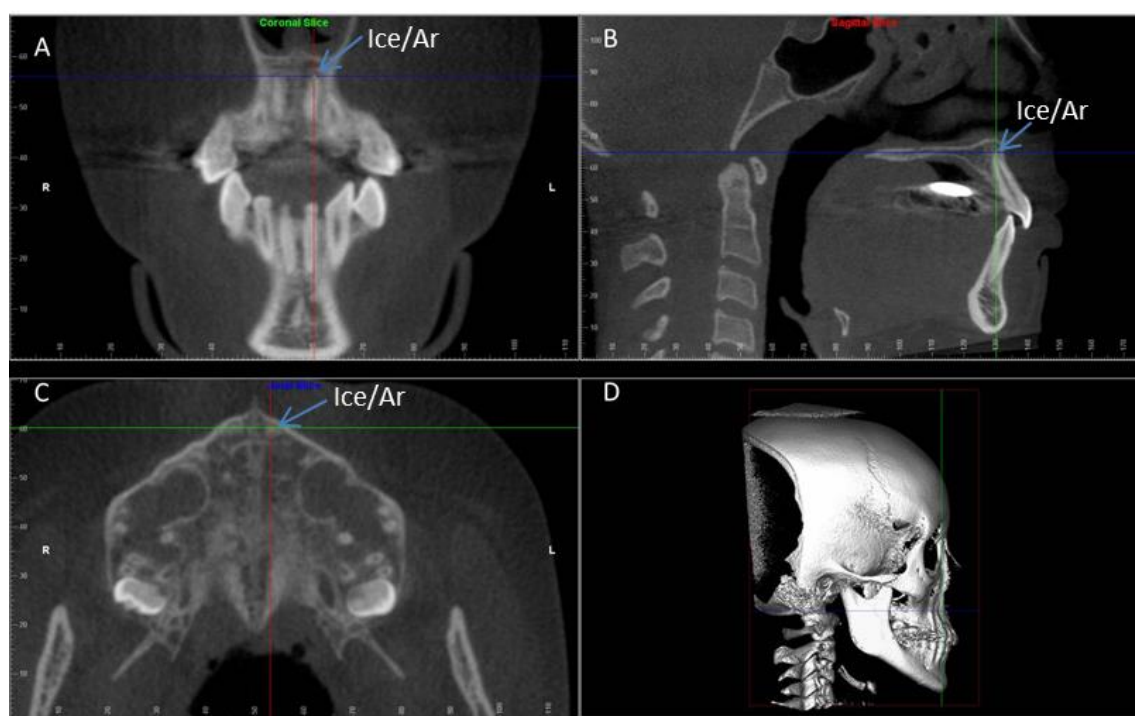


Figura 5 Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* com a metodologia para localização do ápice radicular do incisivo central superior esquerdo. **A** corte coronal com o ponto Ice/Ar localizado na intersecção do plano axial e sagital; **B** corte sagital onde o ponto Ice/Ar está representado pela intersecção dos planos axial e coronal; **C** corte axial e o ponto Ice/Ar está representado pela intersecção dos planos coronal e plano sagital, passando sobre o ápice do incisivo central superior esquerdo. **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul).

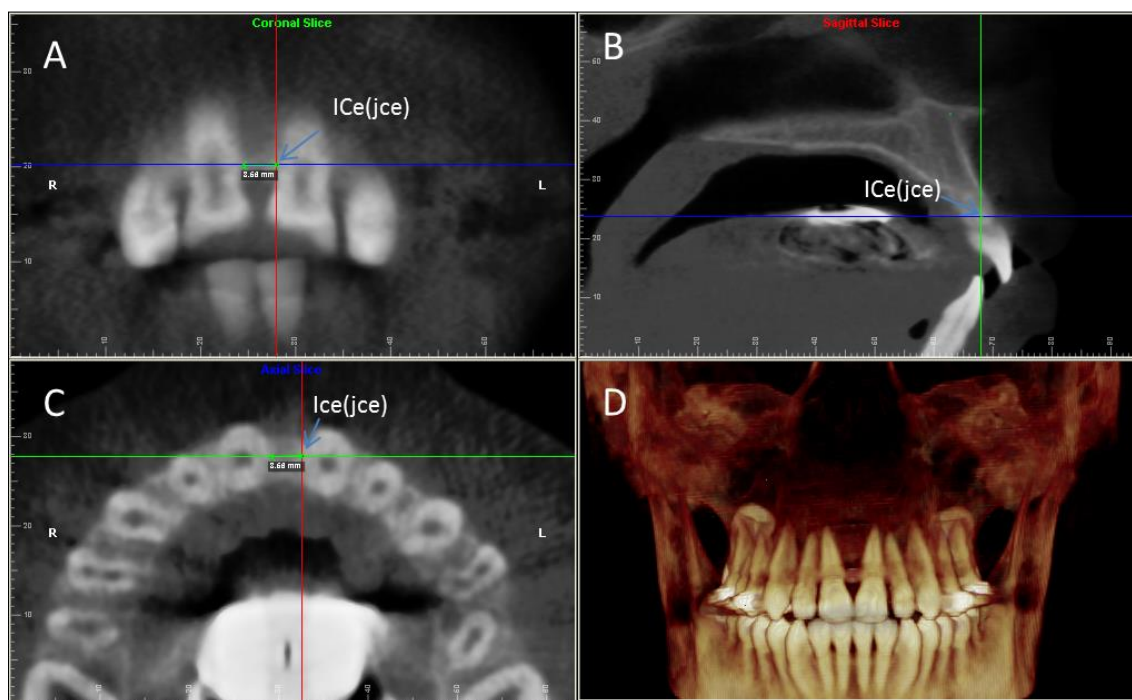


Figura 6 Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* com a metodologia para localização do ponto de referência na junção cimento-esmalte do incisivo central permanente superior esquerdo. **A** Corte coronal, ilustrando plano sagital posicionado na junção cimento-esmalte do incisivo central superior esquerdo; ponto Ice (jce) localizado na intersecção do plano sagital com o axial; **B** Corte sagital tangenciando a mesial do dente 2, mostrando plano axial sobre a junção cimento-esmalte e plano coronal passando no meio do dente no sentido vestibulo-lingual; **C** Corte axial, confirmando a localização dos pontos nos dentes 11-Icd (jce) e 21-Ice (jce)(intersecção do plano sagital com o coronal) e medição da distância linear entre ambos; **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul).

Ponto	Descrição
dente/ Ar	Ponto localizado no ápice da raiz do incisivo central permanente.
dente / Jce	Ponto localizado na face mesial do incisivo central permanente na junção cimento-esmalte.

Quadro 4 Definição dos pontos para avaliação da distância entre incisivos centrais superiores na análise tomográfica.

Medidas	Definição
Icd-Ice(ar)	Distância entre os ápices radiculares do incisivo central superior direito e incisivo central superior esquerdo.
Icd-Ice(jce)	Distância entre dois pontos localizados na face mesial da junção cimento-esmalte do incisivo central superior direito e incisivo central superior esquerdo.

Quadro 5 Definição das medidas utilizadas para avaliação da distância entre incisivos centrais superiores na análise tomográfica.

3.7.5 Avaliação da largura maxilar esquelética e largura da fossa nasal

Para determinar a largura maxilar esquelética, identificou-se, inicialmente, na imagem tridimensional, o processo zigomático da maxila, para, em seguida, estabelecer a localização dos pontos de referência MxD e MxE (Figura 7 e Quadro 6, página 23).

Uma vez determinada a largura maxilar esquelética, utilizou-se a régua própria do programa *Dolphin Imaging* para demarcar uma linha paralela à MxD - MxE, situada 10 milímetros acima daquela, estabelecendo-se os pontos FnD e FnE, localizados, respectivamente, nas paredes laterais das fossas nasais dos lados direito e esquerdo. A união de ambos os pontos representou a largura da fossa nasal. Considerou-se, para a localização dos pontos, o posicionamento deles nos planos coronal, sagital e axial (Figura 7 e Quadro 6, página 23).

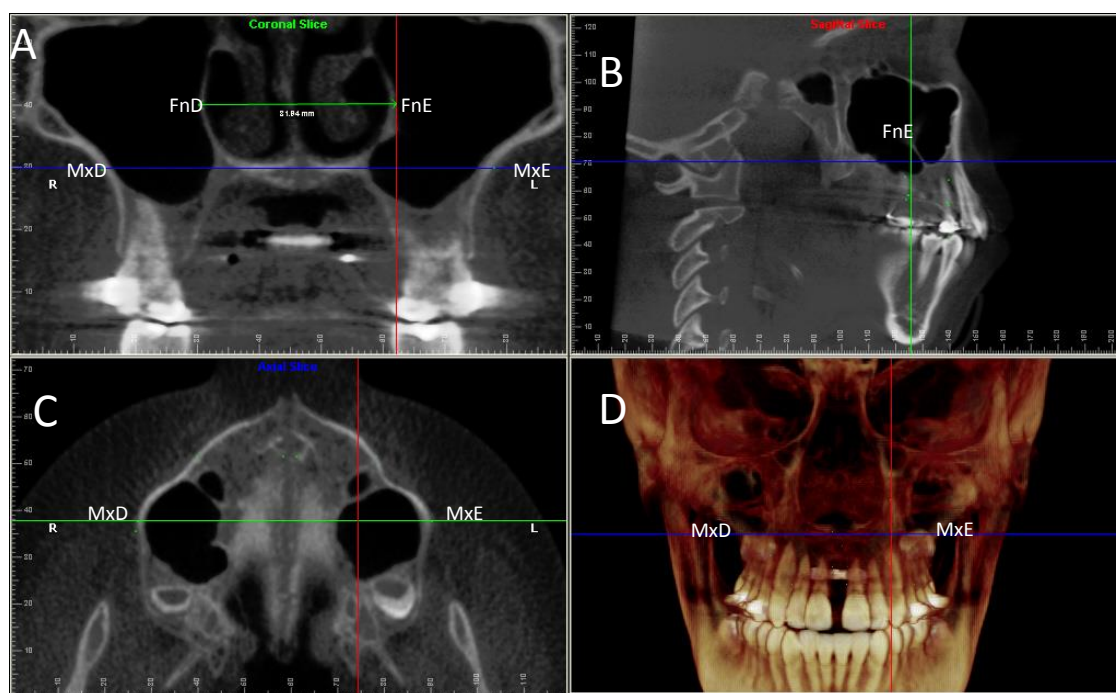


Figura 7 Imagem de reconstrução multiplanar (RMP) do *Software Dolphin®*, função *Mesurement* ilustrando metodologia para avaliação da largura maxilar esquelética e largura da fossa nasal: **A** Corte coronal passando pelo processo zigomático da maxila com a identificação do plano sagital passando sobre o ponto FnE localizado a 10mm acima do plano da largura maxilar esquelética (MxD-MxE) situado sobre o plano axial, que passa pela borda mais superior da concavidade do osso maxilar, caracterizada pela junção da maxila com o processo zigomático da maxila. Identificação dos pontos MxD, MxE, FnD e FnE; **B** Corte sagital passando na porção mais externa da fossa nasal esquerda com a localização do ponto (FnE) sobre o plano coronal e o plano axial sobre a junção da maxila com o processo zigomático da maxila; **C** Corte axial passando pelo ponto mais profundo do contorno do processo zigomático da maxila, com a marcação bilateral dos pontos MxD e MxE onde passa o plano coronal; **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul) (*Software Dolphin Imaging® 11.0*).

Medidas	Definição
MxD-MxE (Largura Maxilar Esquelética)	Distância entre os pontos MxD e MxE (pontos direito e esquerdo, em que os planos axial e sagital interceptam o ponto mais profundo do contorno do processo zigomático da maxila, no corte coronal).
FnD-FnE (Largura da Fossa Nasal)	Distância entre os pontos FnD e FnE (pontos direito e esquerdo, que tangenciam as paredes laterais das fossas nasais, no corte coronal), localizada 10 milímetros acima de MxD-MxE).

Quadro 6 Definição das medidas utilizadas para a avaliação da largura maxilar esquelética e da largura da fossa nasal na análise tomográfica.

3.7.6 Avaliação da largura maxilar alveolar

Para mensuração da largura alveolar maxilar foi primeiramente localizada a furca dos primeiros molares permanentes (Figura 8, página 25). A localização exata dos pontos de referência (Quadro 8, página 26), Mav e Map foi realizada empregando-se os três cortes simultaneamente: no corte sagital, o plano coronal passou entre as raízes mesio-vestibular e disto-vestibular dos primeiros molares permanentes superiores; o plano axial passou na altura da furca, sendo confirmada no corte axial; além disso, no corte axial, é visualizado o plano coronal passando sobre as raízes mesio-vestibular e disto-vestibular dos primeiros molares permanentes e, no corte coronal, o plano axial passou sobre a trifurcação dos elementos dentários 16 e 26, demarcando um ponto na cortical alveolar vestibular dos lados direito e esquerdo (Mav) e na cortical alveolar palatina dos lados direito e esquerdo (Map) (Figura 9, página 25, e Quadros 7 e 8, página 26). Metodologia semelhante foi usada para demarcar os pontos alveolares na cortical vestibular e palatina na altura dos primeiros pré-molares. Foi seguida a orientação da bifurcação daqueles dentes posicionando nesta altura os pontos: Mav/14, Mav/24, Map/14-Map/24 (Quadro 8, página 26).

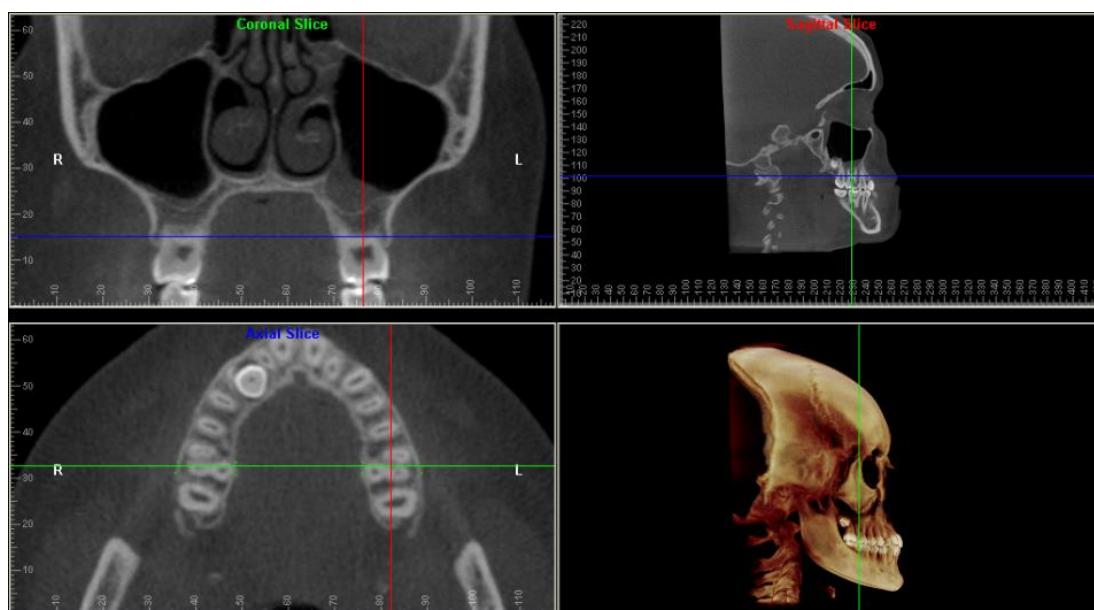


Figura 8 Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* ilustrando a metodologia para a localização da trifurcação dos primeiros molares: **A** Corte coronal com a identificação do plano sagital (linha vermelha) e do plano axial (linha azul), o qual passa sobre a trifurcação dos elementos dentários 26; **B** Corte sagital com a identificação do plano axial e do plano coronal que passam entre as raízes mesio-vestibular e disto-vestibular do elemento 26, na altura da furca; **C** Corte axial confirmando a localização do plano coronal e do plano sagital sobre a trifurcação do primeiro molar permanente; **D** Reconstrução em 3D plano coronal (linha verde) passando entre as raízes mesio-vestibular e disto-vestibular do primeiro molar permanente.

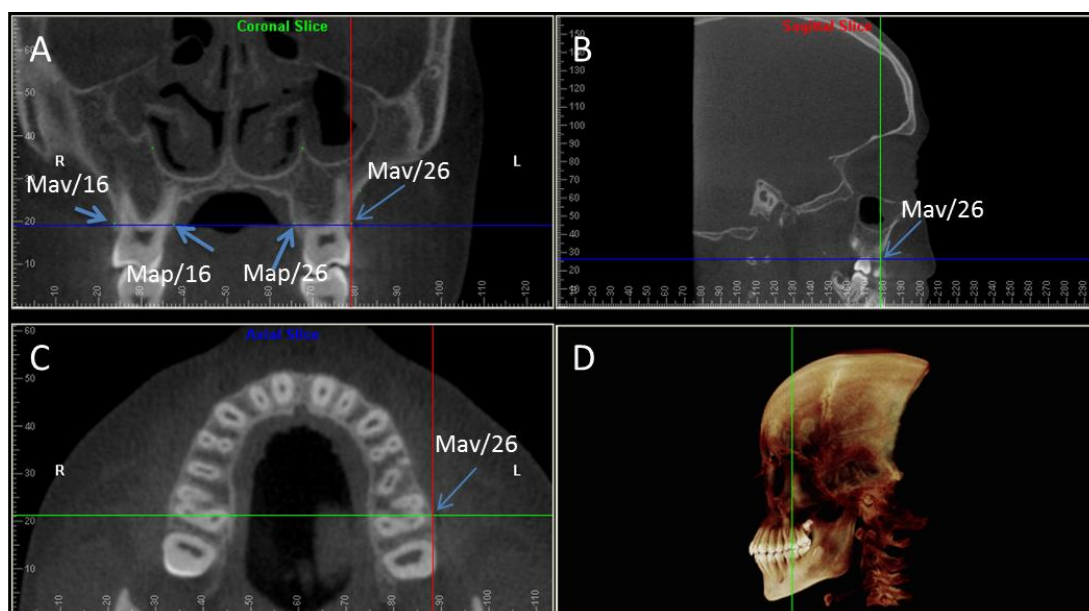


Figura 9 Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* ilustrando a metodologia para a demarcação dos pontos para a avaliação da largura maxilar alveolar. **A** Corte coronal com a identificação do plano sagital (linha vermelha) e do plano axial (linha azul), o qual passa sobre o ponto Mav/26; localização dos pontos Mav/16, Map/16, Map/26; **B** corte sagital confirmando o ponto Mav/26 – intersecção do plano coronal (verde) com o axial (azul); **C** Corte axial confirmando a localização do ponto Mav/26, intersecção dos planos coronal e sagital; **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital; plano coronal (linha verde).

Pontos	Definição
Mav # dente-	Ponto localizado no contorno externo da cortical vestibular do rebordo alveolar da maxila na altura da trifurcação ou da bifurcação do dente avaliado, utilizando, para localização, os cortes coronal, axial e sagital, simultaneamente. Em cada corte, a intersecção de dois planos localiza o ponto (Figura 9, página 25).
Map # dente	Ponto localizado no contorno externo da cortical palatina do rebordo alveolar da maxila na altura da trifurcação ou da bifurcação do dente avaliado, utilizando, para localização, os cortes coronal, axial e sagital, simultaneamente. Em cada corte a intersecção de dois planos localiza o ponto (Figura 9, página 25).

Quadro 7 Definição dos pontos utilizados para avaliação da largura maxilar alveolar na análise tomográfica.

Medidas	Definição
Mav/16-Mav/26 (Largura Maxilar Alveolar Vestibular)	Distância entre os pontos Mav localizado na cortical alveolar vestibular, na altura da trifurcação dos primeiros molares permanentes do lado direito do lado esquerdo.
Map16-Map/26 (Largura Maxilar Alveolar Palatina)	Distância entre os pontos Map-Map localizados na cortical alveolar do lado palatino do primeiro molar permanente do lado direito e do lado esquerdo.
Mav/14-Mav/24 (Largura Maxilar Alveolar Vestibular)	Distância entre os pontos Mav-Mav localizados na cortical alveolar vestibular na altura do primeiro pré-molar do lado direito e do lado esquerdo.
Map14-Map/24 (Largura Maxilar Alveolar Palatina)	Distância entre os pontos Map-Map localizados na cortical alveolar palatina na altura do primeiro pré-molar do lado direito e do lado esquerdo.

Quadro 8 Definição das medidas utilizadas para a avaliação da largura maxilar alveolar na análise tomográfica.

Nas situações clínicas em que o plano oclusal estava desnivelado e/ou os primeiros molares permanentes encontravam-se assimétricos no sentido ântero-posterior, os pontos de referência foram marcados da forma já descrita. No entanto, utilizou-se o paquímetro com projeção ortogonal para efetuar as medições, assim como número maior de *voxel* para que houvesse mais cortes sobrepostos, permitindo, dessa maneira, a visualização dos pontos que estavam em planos diversos.

3.7.7 Avaliação da largura maxilar dentária

A largura maxilar dentária foi analisada considerando-se a distância entre as raízes palatinas dos primeiros molares permanentes superiores e entre as raízes palatinas dos primeiros pré-molares superiores e a distância entre os sulcos centrais dos respectivos dentes (Figura 10, página 28, e Quadro 9, página 29).

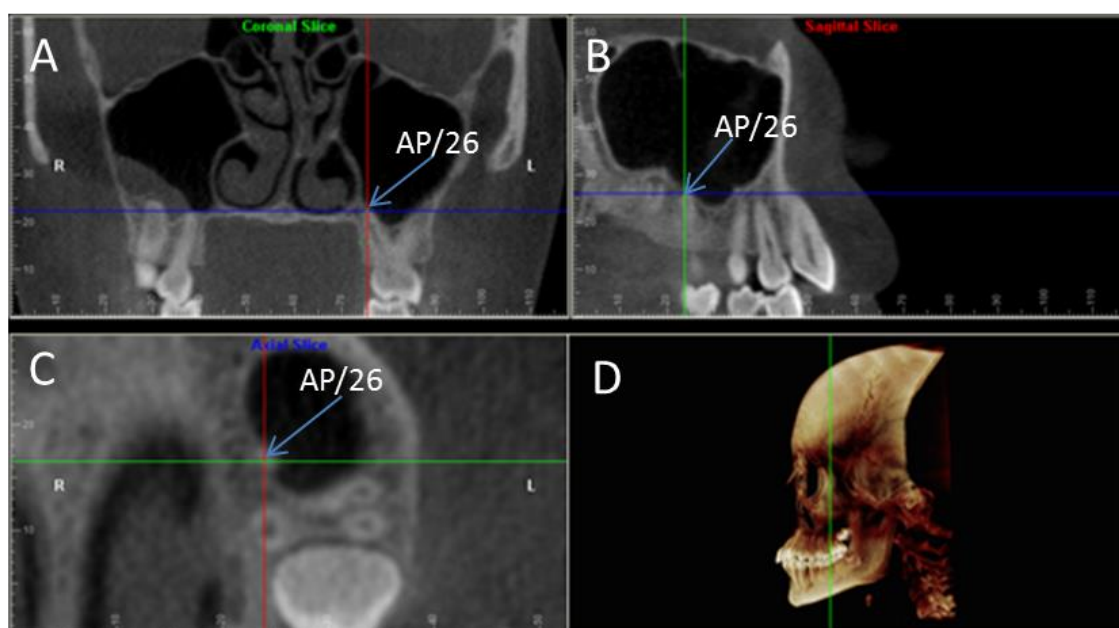


Figura 10 Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* ilustrando a metodologia para avaliação da largura maxilar dentária. **A** localização do ponto AP no ápice da raiz palatina dos primeiros molares permanentes superiores esquerdo (AP/26) - intersecção do plano sagital (linha vermelha) com o plano axial (linha azul), no corte coronal; **B** Ponto AP/26 localizado na intersecção do plano coronal (verde) com axial (azul); **C** Ponto AP/26 localizado no corte axial-intersecção do plano coronal (verde) com o plano sagital (vermelho); **D** Reconstrução em 3D evidenciando o plano coronal (verde) passando sobre a raiz palatina do primeiro molar superior esquerdo.

Medidas	Definição
AP/16-AP/26 (Largura Maxilar Dentária entre ápices radiculares)	Distância entre os pontos AP do primeiro molar permanente do lado direito e AP do primeiro molar superior esquerdo.
SC/16-SC/26 (Largura Maxilar Dentária entre coroas dentárias)	Distância entre os pontos SC do primeiro molar permanente superior direito e SC do primeiro molar superior esquerdo.
AP/14-AP/24 (Largura Maxilar Dentária entre ápices radiculares)	Distância entre os pontos AP do primeiro pré-molar do lado direito e AP do primeiro pré-molar superior esquerdo.
SC/14-SC/24 (Largura Maxilar Dentária entre coroas dentárias)	Distância entre os pontos SC do primeiro pré-molar do lado direito e SC do primeiro pré-molar superior esquerdo.

Quadro 9 Definição das medidas utilizadas para a avaliação da largura maxilar dentária na análise tomográfica.

A localização dos pontos (Quadro 10, página 30) foi efetuada com o uso dos três cortes espaciais das tomografias conforme Figura 10 (página 28).

Ponto	Definição
AP # dente	Ápice da raiz palatina do dente, localizado nos três planos de espaço, considerando-se a interceptação dos planos axial, coronal e sagital sobre o ápice radicular para a sua localização tridimensional.
SC # dente	Sulco central da coroa do dente, localizado nos três planos de espaço considerando-se a interceptação dos planos axial, coronal e sagital sobre o sulco central para a sua localização tridimensional.

Quadro 10 Definição das medidas utilizadas para a avaliação da largura maxilar dentária na análise tomográfica.

3.7.8 Avaliação da angulação alveolar e inclinação dentária dos primeiros molares permanentes superiores

Para a realização das medidas angulares foi usada uma linha de referência, caracterizada como linha de orientação axial (plano axial). A sua projeção no plano coronal foi empregada como referência para avaliar a angulação alveolar na região de primeiros molares permanentes superiores, estabelecendo as medidas que constam no Quadro 11 (página 31) (KARTALIAN *et al.*, 2010). Para definir a linha tangente ao rebordo alveolar, foi utilizado como referência o ponto Map.

Medidas	Definição
16/ALV (Angulação alveolar do Primeiro Molar Permanente Superior Direito)	Ângulo interno formado pela linha tangente à parede interna da cortical alveolar palatina adjacente ao primeiro molar permanente superior direito com o plano axial.
26/ALV (Angulação alveolar do Primeiro Molar Permanente Superior Esquerdo)	Ângulo interno formado pela linha tangente à parede interna da cortical alveolar palatina adjacente ao primeiro molar permanente superior esquerdo com o plano axial.

Quadro 11 - Definição das medidas utilizadas para a avaliação da angulação alveolar dos primeiros molares permanentes superiores na análise tomográfica.

Para determinar a inclinação dos primeiros molares permanentes superiores também se utilizou o plano axial como referência. A trajetória da raiz palatina dos elementos dentários 16 e 26 foi identificada a partir da seguinte metodologia: localização do ápice radicular (ponto AP) dos respectivos dentes nos planos axial, coronal e sagital. Uma vez identificado o ápice, foram marcados sucessivos pontos, acompanhando a luz do canal radicular, até o centro da coroa dentária. Sobre estes pontos foi traçado o longo eixo dos primeiros molares permanentes superiores, estabelecendo-se as medidas que constam no Quadro 12 (página 32).

Medidas	Definição
16/INCL (Inclinação do Primeiro Molar Permanente Superior Direito)	Ângulo interno formado pelo longo eixo da raiz palatina do primeiro molar permanente superior direito com o plano axial.
26/INCL (Inclinação do Primeiro Molar Permanente Superior Esquerdo)	Ângulo interno formado pelo longo eixo da raiz palatina do primeiro molar permanente superior esquerdo com o plano axial.

Quadro 12 Definição das medidas utilizadas para a avaliação da inclinação dos primeiros molares permanentes superiores na análise tomográfica.

3.7.9 Avaliação da espessura das corticais ósseas

Para avaliação das espessuras das corticais ósseas vestibulares e palatinas dos primeiros molares permanentes superiores, seguiu-se uma metodologia para orientação anatômica dos planos axial, coronal e sagital (Figura 11, página 33), determinando os locais de interesse para as medições nas imagens de CBCT (Quadro 13, página 34). As mensurações foram realizadas na altura da furca dos primeiros molares permanentes (Figura 8, página 25) e dos primeiros pré-molares.

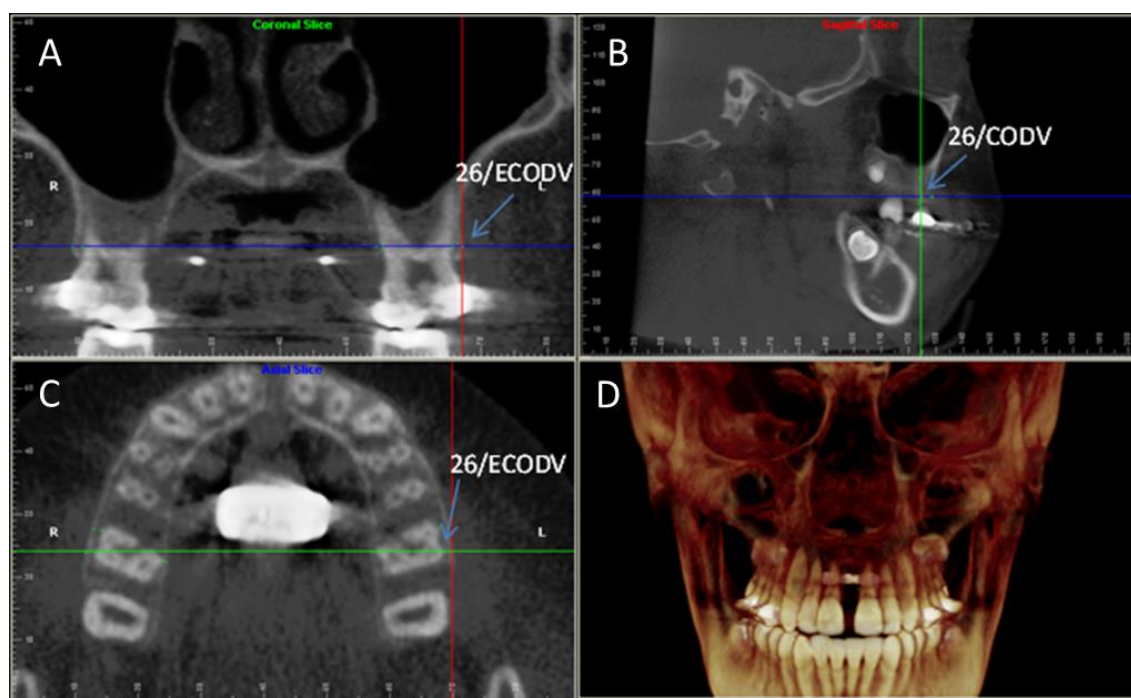


Figura 11 Imagem das RMPs do *Software Dolphin®*, função *Measurement* ilustrando a metodologia para a localização tridimensional utilizada na avaliação das corticais ósseas dos primeiros molares permanentes superiores: **A** Corte coronal identificando o plano axial, passando sobre a trifurcação das raízes de 16 e 26 e plano sagital passando sobre a cortical alveolar vestibular na altura da raiz disto-vestibular do 26; **B** e **C** Corte sagital e axial, respectivamente confirmando a localização do ponto sobre a cortical alveolar vestibular na altura da raiz disto-vestibular do 26; **D** Reconstrução em 3D. Plano sagital (linha vermelha); plano coronal (linha verde); plano axial (linha azul).

Medidas	Definição
16/ECOMV (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Mésio-vestibular do Elemento 16)	Distância entre a borda externa da cortical óssea vestibular até o centro da face vestibular da raiz mesio-vestibular do primeiro molar permanente superior direito.
16/ECODV (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Disto-vestibular do Elemento 16)	Distância entre a borda externa da cortical óssea vestibular até o centro da face vestibular da raiz disto-vestibular do primeiro molar permanente superior direito.
16/ECOP (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Palatina do Elemento 16)	Distância entre a borda externa da cortical óssea palatina até o centro da face palatina da raiz palatina do primeiro molar permanente superior direito.
26/ECOMV (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Mésio-vestibular do Elemento 26)	Distância entre a borda externa da cortical óssea vestibular até o centro da face vestibular da raiz mesio-vestibular do primeiro molar permanente superior esquerdo.
26/ECODV (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Disto-vestibular do Elemento 26)	Distância entre a borda externa da cortical óssea vestibular até o centro da face vestibular da raiz disto-vestibular do primeiro molar permanente superior esquerdo.
26/ECOP (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Palatina do Elemento 26)	Distância entre a borda externa da cortical óssea palatina até o centro da face palatina da raiz palatina do primeiro molar permanente superior esquerdo.

Quadro 13 Definição das medidas utilizadas para a avaliação da espessura das corticais ósseas dos primeiros molares permanentes na análise tomográfica.

Para a medição da espessura das corticais ósseas vestibulares e palatinas dos primeiros pré-molares superiores, seguiu-se metodologia similar àquela

utilizada nos primeiros molares permanentes, considerando-se, como referência, a área de bifurcação dos primeiros pré-molares (Quadro 14).

Medidas	Definição
14/ECOV (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Vestibular do Elemento 14)	Distância entre a borda externa da cortical óssea vestibular até o centro da face vestibular da raiz vestibular do primeiro pré-molar superior direito.
14/ECOP (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Palatina do Elemento 14)	Distância entre a borda externa da cortical óssea palatina até o centro da face palatina da raiz palatina do primeiro pré-molar superior direito.
24/ECOV (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Vestibular do Elemento 24)	Distância entre a borda externa da cortical óssea vestibular até o centro da face vestibular da raiz vestibular do primeiro pré-molar superior esquerdo.
24/ECOP (Espessura da Cortical Óssea da Raiz Palatina do Elemento 24)	Distância entre a borda externa da cortical óssea palatina até o centro da face palatina da raiz palatina do primeiro pré-molar superior esquerdo.

Quadro 14 Definição das medidas utilizadas para a avaliação da espessura das corticais ósseas dos primeiros pré-molares na análise tomográfica.

3.8 Análise estatística

Os valores nominais de cada variável dependente avaliada em cada tempo experimental foram tabulados em planilhas e analisados por meio de estatística descritiva no programa SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*, versão 18.0). Um estatístico, que não participou do delineamento e da execução da pesquisa, procedeu à análise. A normalidade de distribuição foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade pela Prova de Levene. A comparação

entre os grupos Haas e o grupo Hyrax, para todas as variáveis nos três tempos experimentais foi analisada por meio de Teste t de Student, bem como a comparação das variáveis denominadas *variação* (T2-T1, T3-T1, T3-T2). A comparação dos desfechos entre os diferentes tempos experimentais foi avaliada para cada grupo, isoladamente, por meio de teste t para amostras pareadas ($\alpha=0,05$).

4 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

4.1 ARTIGO 1

Effects of Haas and Hyrax expanders on midpalatal suture and adjacent dentoskeletal structures after rapid maxillary expansion: prospective clinical study

Estela Maris Jurach; Camilo Aquino Melgaço; José Columbano Neto; Lincoln Issamu Nojima; Eduardo Sant'anna Franzotti; Matilde da Cunha Gonçalves Nojima

Submissão: American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics

4.2 ARTIGO 2

Effects of rapid maxillary expansion on dentoalveolar structures: Comparison of growing individuals with Class I malocclusion

Estela Maris Jurach; José Columbano Neto; Camilo Aquino Melgaço; Lincoln Issamu Nojima; Eduardo Sant'anna Franzotti; Matilde da Cunha Gonçalves Nojima

Submissão: American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics

4.3 ARTIGO 3

Study of the effects of rapid maxillary expansion using Haas and Hyrax expanders on the thickness of cortical bone : A prospective and comparative clinical study

Estela Maris Jurach; José Columbano Neto; Camilo Aquino Melgaço; Lincoln Issamu Nojima; Eduardo Sant'anna Franzotti; Matilde da Cunha Gonçalves Nojima

Submissão: American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics

ARTIGO 1

Effects of Haas and Hyrax expanders on midpalatal suture and adjacent dentoskeletal structures after rapid maxillary expansion: prospective clinical study

ABSTRACT

Introduction: This study evaluated the opening of midpalatal suture, maxillary width, nasal fossa width and the position of the permanent maxillary central incisors immediately after expansion and after six months of retention to compare the effects of the treatment of maxillary atresias using two types of expanders.

Material and methods: Thirty-two patients (mean age: boys, 12.88 years; girls, 13.06 years) were randomly divided into two groups according to type of expander: group 1, Haas; and group 2, Hyrax. Cone beam computed tomography images were obtained before treatment (T1), immediately after expansion (T2), and after 6 months of retention (T3). Measurements were made and compared at the three time points.

Results: Immediately after maxillary expansion there were no statistically significant differences in opening of midpalatal suture, maxillary width, nasal fossa width and movement of maxillary incisors between groups. Midpalatal suture opening in the Haas and Hyrax group was parallel anteroposteriorly and vertically. Skeletal changes remained the same after 6 months of retention, when the separation between the root apices of incisors was even greater.

Conclusion: Midpalatal suture opening and shape immediately after maxillary expansion were similar in both groups (Haas and Hyrax), as were orthopedic and

dental effects. After 6 months of retention, skeletal changes became stable and were similar in the two groups, but the midpalatal suture was not completely closed and maxillary central incisors remained significantly separated.

INTRODUCTION

Rapid maxillary expansion (RME) as a result of midpalatal suture opening is a classical procedure in the correction of, for example, true or relative maxillary deficiency, respiratory disorders, and arch length deficiencies. Some of the appliances more often used for RME are the tooth-tissue borne Haas expander,¹ the tooth-borne Hyrax expander² and the acrylic splint expander.³

There is no consensus in the literature, however, about how midpalatal opening occurs. Using cephalometric studies, Haas⁴ found that the midpalatal suture, after RME, opens in a parallel shape anteroposteriorly and, vertically, as a triangle with its apex towards the nasal cavity. Wertz and Dreskin⁵ found that, after RME, midpalatal suture opening was not parallel anteroposteriorly but, rather, was wider at the level of the anterior nasal spine (ANS), and that its width decreased posteriorly. Studies using cone beam computed tomography (CBCT) found different results when analyzing how the midpalatal suture opened.⁶⁻¹³

RME has orthopedic effects on the nasal fossa (NF) because the maxillary bones are part of the nasal cavity.^{8,9,11,14} Another result of midpalatal suture opening is the separation of maxillary central incisor and the greater maxillary width.^{11,14,15}

Most studies in this area evaluated the effect of RME using only one type of expander.^{6,8-11} Few studies compared interventions using different expanders to investigate whether any provided better results. Garib, in 2005,¹⁶

conducted a comparative study between Hyrax and Haas expanders and found that both had similar results.¹⁶ Weissheimer, in 2011,¹³ also evaluated the effectiveness of the Haas and Hyrax expanders and found that both corrected transverse maxillary deficiencies effectively. However, the group that used the Hyrax expander had a more significant orthopedic effect.

Patient age may also affect the pattern of midpalatal suture opening. Habersack et al.⁷ used multislice computed tomography and found that the pattern of opening differs for individuals whose skeletal maturity is at different stages.

This study evaluated the opening of the midpalatal suture and the effects on the adjacent dentoskeletal structures of a group of individuals at a similar skeletal maturation stage treated with Haas or Hyrax expanders. It investigated whether tooth-tissue-borne appliances, due to their acrylic pad in contact with the palate, might lead to greater midpalatal suture opening and more substantial effects on the adjacent structures, and also investigated whether retention for six months was sufficient to achieve full closure of the midpalatal suture.

MATERIALS AND METHODS

This prospective study was approved by the Ethics in Research Committee of the Institute for Collective Health Studies (IESC) of Universidade Federal do Rio de Janeiro, under number 62/2009 and according to resolution no. 35/2010. Patient parents or guardians provided free informed consent to participate in this study. The sample was selected in 5 public schools in the city of Belo Horizonte, Brazil. Inclusion criteria were: young individuals with permanent dentition, malocclusion Angle Class I, clinical indication of orthopedic treatment with rapid palatal expansion; cervical vertebrae maturation stage 3¹⁷ and adequate clinical

crown of the maxillary permanent first premolars and first molars. Exclusion criteria were: periodontal disease; metal restorations in posterior teeth; previous orthodontic treatment; and genetic diseases.

The sample was randomly divided into two groups: Group 1 (Haas), with 16 individuals that underwent RME using a Haas expander; and Group 2 (Hyrax), with 16 individuals treated with Hyrax expanders. In the two groups, the permanent maxillary first premolars and first molars received metal bands. During the manufacture of the expander, 1-mm buccal wires were soldered to the buccal surface of the orthodontic bands. Appliances were rigorously manufactured according to a previously defined protocol. The groups followed the same activation schedule: the expanding screw (Morelli) was activated one full turn on the day the appliance was placed and, after that, 1/4 of a turn in the morning and 1/4 at night every day until the necessary expansion was achieved. After the end of the activation phase, the screw was stabilized with a ligature and kept in the mouth for six months for retention.

Three-dimensional CBCT images were used for evaluations. Images were acquired using an I-Cat scanner (Imaging Sciences International, Hatfield, PA) at 36.90 mA, 120 kV, 40s-s exposure time, FOV of 22 cm and voxel resolution of 0.3 mm. Records were made before treatment (T1), immediately after rapid palatal expansion (T2) and after 6 months of retention (T3). All images were positioned and standardized using the Dolphin Imaging 11.0 software (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA).

After the images were imported as Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) files, 3D reconstruction of each patient at each time point (T1, T2 and T3) were uploaded and positioned according to the orbital and porion

points (right and left sides) and the nasion to define the axial, coronal and sagittal planes.¹⁸ In the frontal view, the floor of the orbits was parallel to the ground. In the right lateral view, the Frankfort horizontal plane was parallel to the ground.¹⁹ The left side was examined to confirm the position of the Frankfort horizontal plane.¹²

Points were marked on the CBCT images to obtain the linear measures used the evaluation of: midpalatal suture (ANS-NF; ANS-HP; PNS-NF; PNS-HP); distance between maxillary permanent incisors (CIIr-CII(ra); CIIr-CII(cej); width of NF (NfR-NfL); skeletal maxillary width (MxR-MxL) (Figures 1, 2 and 3).

To evaluate midpalatal suture opening, eight points were defined on the CBCT images, as described below (Figure 1).

Point 1 and Point 2 - located at the level of the floor of the NF and the posterior nasal spine (PNS) on the right and left sides. The following parameters were used as references to determine them: sagittal plane slightly away from the median sagittal plane; coronal plane intercepting the PNS; and axial plane at the level of the floor of the NF.

Point 3 and Point 4 - located at the level of the hard palate (HP) and the PNS on the right and left sides. The following parameters were used as references to determine them: sagittal plane slightly away from the median sagittal plane; coronal plane intercepting the PNS; and axial plane at the level of the HP.

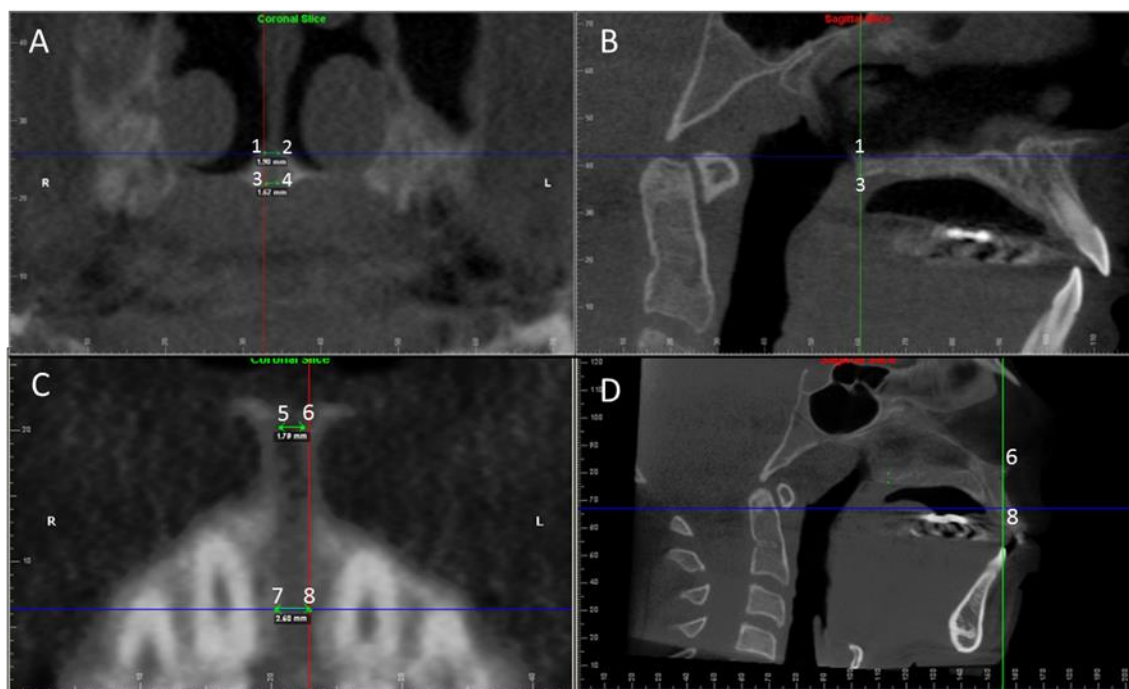


Figure 1 - Multiplanar reconstruction images (MPR) to measure the width of the midpalatal suture opening. Width of the midpalatal suture in the PNS region at the level of the nasal fossa between points 1 and 2 (PNS-NF). Width of the midpalatal suture in the PNS region, at the level of the HP, between points 3 and 4 (PNS-HP). Width of the midpalatal suture in the anterior nasal spine region at the level of the nasal fossa between points 5 and 6 (ANS-NF). Width of the midpalatal suture in the anterior nasal spine region at the level of the hard palate between points 7 and 8 (ANS-HP). A. Coronal slice intersecting PNS; B. Sagittal slice and identification of PNS; C. Coronal slice intersecting ANS; D. Sagittal slice and identification of ANS (Dolphin Imaging® 11.0).

Point 5 and Point 6 - located at the level of the floor of the NF and the ANS on the right and left sides. The following parameters were used as references to determine them: sagittal plane positioned lateral to midpalatal suture; coronal plane intercepting the ANS; and axial plane at the level of the floor of the NF.

Point 7 and Point 8 - located at the level of the HP and the ANS on the right and left sides. The following parameters were used as references to determine them: sagittal plane slightly away from the median sagittal plane; coronal plane intercepting the ANS; and axial plane at the level of the HP.

After that, measurements were made between points, as seen in Figure 1.

The distance between maxillary central incisors was measured at two different anatomic regions: between root apices of the right and left maxillary

central incisors (CII-ra)) and between the cementoenamel junctions of the same teeth (CII-cej)). Points were located according to the projection of the axial, coronal and sagittal planes over the desired anatomic structures, as shown in Figure 2.

The location of points for the measurement of the maxillary bone width and NF width is shown in Figure 3.

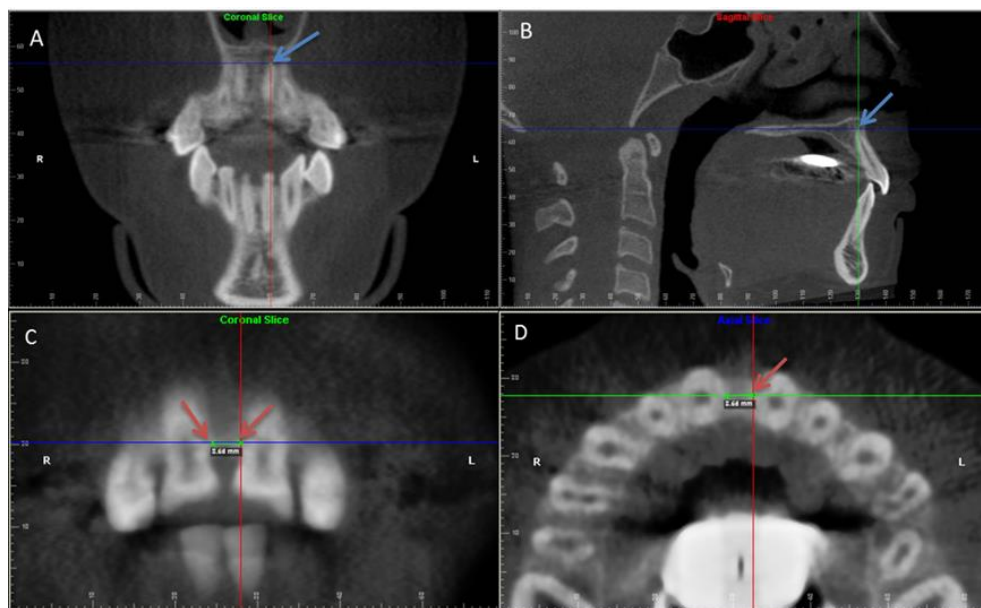


Figure 2 - Multiplanar reconstruction images (MPR) to measure the distance between maxillary central incisors at the level of the root apices (CII-ra)) and the cementoenamel junction (CII-cej)): A and B. Coronal and sagittal slices illustrate the location of root apex of tooth # 21 (CII(ra)) (blue arrow); C. Coronal slice shows the location of the cementoenamel junction of teeth # 11 and #21 (CII-cej)) (red arrows); D. Axial slice shows CII-cej) of tooth # 21 using the axial and coronal planes (red arrow) (Dolphin Imaging® 11.0).

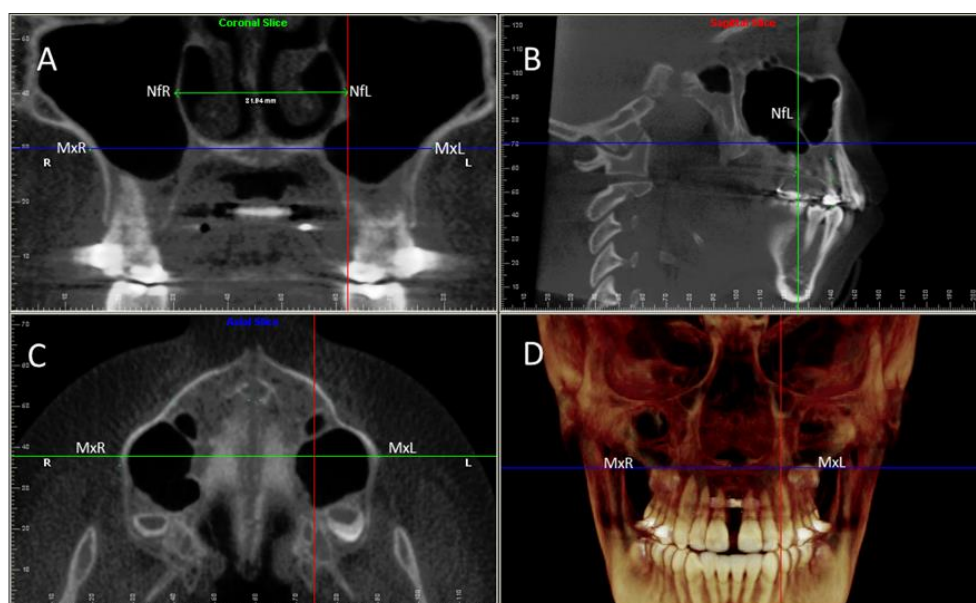


Figure 3 - Multiplanar reconstructions images (MPR) illustrate method to measure width of maxillary bone and width of nasal fossa: A. Coronal slice intersecting the maxillary zygomatic process and identification of the sagittal plane intersecting NfL at 10 mm above the plane of the maxillary bone width (MxR-MxL) located over the axial plane, which intersects the upper edge of the maxillary bone concavity, characterized by the junction of the maxilla and the zygomatic process. Identification of MxR, MxL, NfR and NfL; B Sagittal slice and identification of axial and coronal planes that intersect the most external portion of the left nasal fossa; C. Axial slice illustrates coronal plane intersecting the deepest point of the outline of zygomatic process, with bilateral marks of points MxR and MxL and the sagittal plane; D. 3-D reconstruction. Sagittal plane (red line); coronal plane (green line); axial plane (blue line) (Dolphin Imaging® 11.0).

RESULTS

At T1 and T2, 32 individuals (19 girls and 13 boys) were included in the study, 16 in group 1 and 16 in group 2. Mean age was 12 years and 10 months for girls and 13 years for boys. At T3, the number of individuals in group 1 was the same, but group 2 had only 13 participants. Mean opening of the expander screw was 6.35 mm in the Haas group and 5.88 mm in the Hyrax group.

Concerning intraexaminer reliability mean ICC was 0.985 (lower limit = 0.962; upper limit = 0.995) for all variables, which confirmed excellent agreement.

Baseline data (T1) about dentoskeletal structures did not reveal any significant statistical differences between Haas and Hyrax groups for each of the variables under analysis (Table I). Descriptive statistics and comparisons between

appliances at T2 and T3, as well as comparisons between periods of evaluations are shown in Tables II, III.

The separated evaluation of the Haas and Hyrax groups revealed that both had significant statistical differences between T2 and T1 in all variables, as well as between T3 and T1 evaluations. During retention (T3xT2), there were no statistically significant variations in skeletal measurements (NfR-NfL; MxR-MxL) (Table II).

The opening of midpalatal suture was confirmed in all patients after active expansion. In both the Haas and Hyrax groups, opening was parallel anteroposteriorly and vertically (Table III).

The comparison of the effect of the orthopedic treatment using Haas and Hyrax expanders revealed that there were no significant differences in opening of the midpalatal suture, maxillary bone width, NF width and incisor movement between groups (Table III).

Table I. Baseline data of dentoskeletal structures in the Haas and Hyrax groups before treatment (T1).

Variable	Haas, mean (SD)	Hyrax, mean (SD)	Mean difference	p
NfR-NfL	32.10(1.95)	32.16(2.96)	0.06	0.94
MxR-MxL	63.76 (2.66)	63.07 (2.68)	0.69	0.47
Cir-CII(ra)	6.67(1.06)	7.11(1.07)	0.43	0.25
Cir-CII(cej)	1.85(0.48)	2.00(0.58)	0.14	0.44

*p value of t test for independent samples ($\alpha=95$)

n = 16

Cir-CII(cej) = distance between permanent maxillary central incisors at the level of the cemento-enamel junction; Cir-CII(ra) = distance between root apices of permanent maxillary central incisors; NfR-NfL = width of nasal fossa; MxR-MxL = skeletal maxillary width; SD = standard deviation.

Table II. Comparison of absolute changes in midpalatal suture and adjacent skeletal structures between baseline (T1), immediately after expansion (T2) and after retention (T3) for Haas and Hyrax groups.

Group	Variable	T1, mean (SD)	T2, mean (SD)	T3, mean (SD)	T1xT2, **p	T2xT3, **p	T1xT3, **p
Haas	ANS-NF	n/a	1.77 (0.58)	0.80 (0.35)	n/a	0.00*	n/a
Haas	ANS-HP	n/a	1.77 (0.56)	0.60 (0.34)	n/a	0.00*	n/a
Haas	PNS-NF	n/a	1.67 (0.64)	0.54 (0.38)	n/a	0.00*	n/a
Haas	PNS-HP	n/a	1.59 (0.56)	0.59 (0.31)	n/a	0.00*	n/a
Hyrax	ANS-NF	n/a	1.97 (0.68)	0.69 (1.62)	n/a	0.00*	n/a
Hyrax	ANS-HP	n/a	1.95 (0.49)	0.59 (0.21)	n/a	0.00*	n/a
Hyrax	PNS-NF	n/a	1.56 (0.41)	0.57 (0.30)	n/a	0.00*	n/a
Hyrax	PNS-HP	n/a	1.49 (0.33)	0.54 (0.26)	n/a	0.00*	n/a
Haas	NfR-NfL	32.10 (1.95)	33.02 (2.03)	33.18 (2.01)	0.00*	0.13	0.00*
Haas	MxR-MxL	63.76 (2.66)	64.79(2.32)	65.04 (2.43)	0.00*	0.13	0.00*
Haas	Cir-CII(ra)	6.67 (1.06)	9.12 (1.44)	8.33 (1.19)	0.00*	0.00*	0.00*
Haas	Cir-CII(cej)	1.85 (0.48)	3.45 (1.09)	2.80 (0.81)	0.00*	0.00*	0.00*
Hyrax	NfR-NfL	32.16 (2.96)	33.49 (3.07)	33.93 (3.03)	0.00*	0.10	0.00*
Hyrax	MxR-MxL	63.07 (2.68)	64.44 (2.32)	64.42 (1.96)	0.00*	0.78	0.00*
Hyrax	Cir-CII(ra)	7.11 (1.07)	9.62 (1.53)	8.75 (1.47)	0.00*	0.00*	0.00*
Hyrax	Cir-CII(cej)	2.00 (0.58)	3.55 (1.03)	2.47 (0.63)	0.00*	0.00*	0.01*

Group Haas n = 16 (T1, T2 and T3) Group Hyrax n = 16 (T1 and T2); n = 13 (T3)

ANS-HP = opening of midpalatal suture at the level of the hard palate and anterior nasal spine;
ANS-NF = opening of midpalatal suture at the level of the nasal fossa and anterior nasal spine;
PNS-HP = opening of midpalatal suture at the level of the hard palate and posterior nasal spine;
PNS-NF = opening of midpalatal suture at the level of the nasal fossa and posterior nasal spine.

Cir-CII(cej) = distance between permanent maxillary central incisors at the level of the cemento-enamel junction; Cir-CII(ra) = distance between root apices of permanent maxillary central incisors; NfR-NfL = width of nasal fossa; MxR-MxL = skeletal maxillary width; PNS-HP = opening of midpalatal suture at the level of the hard palate and posterior nasal spine; PNS-NF = opening of

midpalatal suture at the level of the nasal fossa and posterior nasal spine; SD = standard deviation; n/a = not applicable; p value for t paired-test ($\alpha=95\%$).

Table III. Comparison of transverse variations (Δ) between groups at periods after RME (T2) and at baseline; after retention (T3) and after RME (T2); and after retention (T3) and at baseline (T1).

Variable	Haas, mean (SD)	Hyrax, mean (SD)	Mean difference	**p
Δ ANS-NF T3-T2	-0.97(0.59)	-1.28(0.74)	0.31	0.21
Δ ANS-HP T3-T2	-1.16(0.62)	-1.36(0.61)	0.20	0.40
Δ PNS-NF T3-T2	-1.13(0.61)	-0.99(0.37)	-0.14	0.48
Δ PNS-HP T3-T2	-1.00(0.60)	-0.95(0.34)	-0.05	0.80
Δ NfR-NfL T2-T1	0.92 (0.71)	1.32 (0.72)	-0.40	0.12
Δ NfR-NfL T3-T1	1.08(0.64)	1.39(0.81)	-0.31	0.25
Δ NfR-NfL T3-T2	0.16(0.38)	-0.00 (0.37)	0.16	0.27
Δ MxR-MxL T2-T1	1.02 (0.66)	1.36 (0.91)	-0.33	0.24
Δ MxR-MxL T3-T1	1.28(0.97)	1.37(0.91)	-0.10	0.77
Δ MxR-MxL T3-T2	0.24(0.63)	0.03(0.46)	0.21	0.32
Δ Cir-CII(ra) T2-T1	2.44(1.06)	2.51(0.98)	-0.07	0.85
Δ Cir-CII(ra) T3-T1	1.65(0.90)	1.55(0.94)	0.10	0.75
Δ Cir-CII(ra) T3-T2	-0.78(0.85)	-0.95(0.68)	0.17	0.56
Δ Cir-CII(cej) T2-T1	1.59(0.90)	1.55(0.85)	-0.04	0.88
Δ Cir-CII(cej) T3-T1	0.94(0.69)	0.48(0.60)	0.46	0.06
Δ Cir-CII(cej) T3-T2	-0.65(0.54)	-1.03(0.69)	0.38	0.10

Group Haas n = 16 (T1,T2 and T3) Group Hyrax n =16 (T1 and T2), n =13 (T3)

p value of t test for independent samples ($\alpha=95\%$).

ANS-HP = opening of midpalatal suture at the level of the hard palate and anterior nasal spine;

ANS-NF = opening of midpalatal suture at the level of the nasal fossa and anterior nasal spine;

PNS-HP = opening of midpalatal suture at the level of the hard palate and posterior nasal spine;

PNS-NF = opening of midpalatal suture at the level of the nasal fossa and posterior nasal spine;

Cir-CII(cej) = width between the cemento-enamel junctions of maxillary left and right central incisors; Cir-CII(ra) = width between root apices of maxillary right and left central incisors; MxR-MxL

= skeletal width of maxilla between right and left side of maxilla; NfR-NfL = width between right and left sides of nasal fossa;

DISCUSSION

The opening of the midpalatal suture is the main result in treatments using RME, and its evaluation makes it possible to measure the skeletal gain for the correction of dentoalveolar discrepancies, which is clearly confirmed in this study (Table II). RME was achieved using two different appliances, Haas and Hyrax. The manufacture of the Haas expander followed the protocol described in the study published in 1961¹, in which, to obtain maximal anchorage, lingual and buccal archwires were fixed close to the gingival outline of anchorage teeth and an acrylic pad placed in contact with the palate. The acrylic pad was restricted to the area between first premolar and molar to keep free the gingival and palatal tissues of ischemic areas and, therefore, to provide good local conditions of tissue reorganization during retention. According to Haas, such anchorage criteria are important because the smaller the displacement of tooth anchorage, the greater the maxillary expansion⁴. For the Hyrax expander, in addition to the internal metallic structure, anchorage was achieved using archwires soldered to the buccal surfaces of the first permanent premolars and molars.

The opening of the midpalatal suture occurred at the end of the active maxillary expansion phase in the Haas and Hyrax groups (Tables II and III) with no statistically significant difference between them (Table III). These findings are in disagreement with the principles established by Haas, who suggested that tooth-tissue-borne expanders, which have greater anchorage than the Hyrax expanders, provide greater opening of the midpalatal suture. There were no differences in the shape of the opening of the midpalatal suture between groups: resulted in the

parallel opening of the midpalatal suture anteroposteriorly and vertically. Although there are studies in the literature that compared RME using Haas and Hyrax expanders ^{13,16,20} , the relevance of the method used in our study to evaluate midpalatal suture lies in the fact that it analyzes it anteroposteriorly and vertically using the anterior and posterior nasal spine at the level of the HP and the NF as skeletal references.

Weissheimer et al. ¹³ used active rapid maxillary expansion in a younger sample than the one used in our study and found statistically significant differences between the effects of the Haas and Hyrax expanders in the opening of the midpalatal suture anteroposteriorly. Those authors found that the opening was wedge-shaped and greater toward the anterior region after the use of both types of expanders. Their evaluation was based on dental structures at the level of the permanent first molar and canines, and that the mean anterior-posterior difference was 1.12 mm.

Our study findings, described here, are in disagreement with those reported in previous studies using frontal cephalometric radiographs, which found that midpalatal suture opening was triangular with the base towards the roof of the mouth and with its rotation center close to the frontonasal suture ^{1,4,6,21,22} . Evaluations using occlusal radiographs showed that the anteroposterior opening is triangular with the greater opening in the region of the ANS ²². However, the PNS region, due to bone superimpositions on radiographic images, is difficult to evaluate. Occlusal radiographs clearly show the opening of the midpalatal suture up to the midpalate. In contrast, the posterior region is not visualized due to the superimposition of the bones of the base of the cranium. Three-dimensional evaluation using CT provides visualization of PNS without superimposition of bone

structures and, therefore, of the shape of the midpalatal suture opening. Da Silva Filho et al.⁶ used CT to evaluate children with deciduous and mixed dentition that used the Haas expander without a buccal archwire. They found that the midpalatal suture opening had the shape of a pyramid anteroposteriorly, and that the midpalatal suture opening in the PNS region was 43% of that found in the ANS area. Ballanti et al.¹¹ found that the suture opening was practically parallel vertically and triangular anteroposteriorly in a group that used the Hyrax expander, Podesser et al.⁸ and Christie et al.¹² used expanders with acrylic splints and found that the midpalatal suture opening was parallel anteroposteriorly, findings that are similar to those in our study. However, the mean values found by Christie et al. were substantially greater (4.33 at 1MP mm and at canines) than those found in our study (Table III). In the study by Christie et al.¹², mean skeletal age was lower than in our study. Therefore, results might be different because, in our study, individuals were older and, consequently, midpalatal sutures were at a more advanced stage of skeletal maturation²³. The results reported by Podesser et al.⁸ and Silva Filho et al.⁶ for opening of the midpalatal suture were also similar to ours. Wertz and Dreskin⁵ confirmed that orthopedic changes are greater when patients undergo treatment before the age of 12 years. Habersack et al.⁷ described the shape of the midpalatal suture opening, but did not report any values. They found that it is parallel in younger individuals and pyramidal, both vertically and sagittally in older individuals.

After retention (T3), the midpalatal suture in both groups was still not fully closed (Table II). The reorganization of the hard tissues of the suture begins after the active phase of the treatment¹ and continues during retention²⁴⁻²⁶. Other studies^{10,11,27} found different values from those in our study, and demonstrated,

using bone density or measurements of multislice CT images, that the measurements of the midpalatal suture six months after the beginning of retention are practically the same as those obtained at baseline. In our study, CBCT scans at T3 were obtained while the expander was still in place, which avoided sample losses. In the study conducted by Ballanti et al.¹¹, the expander was removed and, immediately after that, CT scans were obtained, which might lead to a better accommodation of each side of the maxilla because of the complete release of skeletal and dental structures to return to their original positions. Evaluations after that time point should be conducted to examine the shape of the midpalatal suture. Additional CT scans are impracticable due to ethical implications.

The opening of the midpalatal suture affects the NF, the maxillary width and the maxillary central incisors. At the end of the treatment, the NF width was 1.08 mm in the Haas group and 1.39 mm in the Hyrax group. Maxillary bone width increased in both groups: 1.28 mm in group 1 and 1.37 mm in group 2 (Table III). The differences between groups were not statistically significant. Such findings were slightly lower than those found in previous studies^{8,9,12}, Garib et al.¹⁶ found a 2.4 mm increase of the maxillary width measured at the level of the floor of the NF and, anteroposteriorly, at the level of the permanent maxillary first molars. In our study, NF width was measured 1 cm above the floor of the NF, whereas the maxillary width was measured, anteroposteriorly, at the level of the intersection of the lateral outline of the maxillary alveolar process with the lower outline of the zygomatic process. Therefore, the zygomatic process plates, at this level, may have offered greater resistance to opening, which may explain values that were lower than those found in other studies that conducted evaluations using more

anterior points. Our results are similar to those reported in some cephalometric studies^{14,28}, which used the same anatomic points for evaluation.

After opening of the midpalatal suture, one of the visible clinical results is the appearance of a diastema between the maxillary central incisors. In our study, they were separated in both groups. Separation was greater at the level of the root apices, smaller at the cemento-enamel junction, and was similar in both groups immediately after expansion (T2) (Tables II and III). Our findings are in agreement with studies that used cephalometry^{1,14} and CT¹¹ and found that the roots of maxillary central incisors separate more than their crowns. After 6 months of retention, incisor roots were still separated, but already closer to each other. The crowns also were closer, but had still not returned to their original positions. After 6 months of retention, Ballanti et al.¹¹ found that the distance between crowns was smaller (0.09 mm), whereas the roots were still separated (1.98 mm). Lagravère et al.¹⁵, in 2010, compared groups after active expansion and found values that are similar to those reported in our study for the Hyrax group, with a separation of 1.67 mm (SD = 1.38 mm) between apices of the central incisors after RME and, after 6 months of retention, 1.51 mm (SD = 1.37 mm), which is also similar to the value found in our study, which was 1.55 mm (SD = 1.37 mm), as shown in Table II.

CONCLUSIONS

In this study there were no significant differences between the effects of the Haas and Hyrax expanders in the values of midpalatal suture opening, width of the NF, width of the maxillary bone and position of maxillary central incisors immediately after RME and after 6 months of retention.

The shape of the midpalatal suture opening was parallel vertically and anteroposteriorly in the Haas group and the Hyrax group.

After 6 months of retention, the midpalatal suture was still not fully closed and skeletal results remained unaltered.

Acknowledgements

We thank the support that this study received from CAPES and FAPERJ.

REFERENCES

1. Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod.* 1961;31(2):73-90.
2. Biederman W. A hygienic appliance for rapid expansion. *JPO J Pract Orthod.* 1968 Feb;2(2):67-70.
3. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000 May;117(5):567-70.
4. Haas AJ. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod.* 1970 Mar;57(3):219-55.
5. Wertz R, Dreskin M. Midpalatal suture opening: a normative study. *Am J Orthod.* 1977 Apr;71(4):367-81.
6. da Silva Filho OG, Lara TS, de Almeida AM, da Silav HC. Evaluation of the midpalatal suture during rapid palatal expansion in children: a CT study. *J Clin Pediatr Dent.* 2005 Spring;29(3):231-8.
7. Habersack K, Karoglan A, Sommer B, Benner KU. High-resolution multislice computerized tomography with multiplanar and 3-dimensional reformation imaging in rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2007 Jun;131(6):776-81.
8. Podesser B, Williams S, Crismani AG, Bantleon HP. Evaluation of the effects of rapid maxillary expansion in growing children using computer tomography scanning: a pilot study. *Eur J Orthod.* 2007 Feb;29(1):37-44.
9. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 Jul;134(1):8-9.

10. Lione R, Ballanti F, Franchi L, Baccetti T, Cozza P. Treatment and posttreatment skeletal effects of rapid maxillary expansion studied with low-dose computed tomography in growing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008 Sep;134(3):389-92.
11. Ballanti F, Lione R, Baccetti T, Franchi L, Cozza P. Treatment and posttreatment skeletal effects of rapid maxillary expansion investigated with low-dose computed tomography in growing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Sep;138(3):311-7.
12. Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Apr;137(4 Suppl):S79-85.
13. Weissheimer A, de Menezes LM, Mezomo M, Dias DM, de Lima EM, Rizzatto SM. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2011 Sep;140(3):366-76.
14. Cross DL, McDonald JP. Effect of rapid maxillary expansion on skeletal, dental, and nasal structures: a postero-anterior cephalometric study. *Eur J Orthod*. 2000 Oct;22(5):519-28.
15. Lagravere MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2010 Mar;137(3):304.
16. Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Coelho RA. Rapid maxillary expansion--tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a

computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod.* 2005 Jul;75(4):548-57.

17. Baccetti T, Franchi L, McNamara JR JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod.* 2005;11(119-129).

18. Cevidanes LH, Styner M, Proffit WR. [Three-dimensional superimposition of the skull base for the longitudinal evaluation of the effects of growth and of treatment]. *Orthod Fr.* 2009 Dec;80(4):347-57.

19. Proffit WR, Fields HW. *Contemporary orthodontics*. St. Louis: Mosby; 2000.

20. Garib DG, Henriques JF, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2006 Jun;129(6):749-58.

21. Haas AJ. The Treatment of Maxillary Deficiency by Opening the Midpalatal Suture. *Angle Orthod.* 1965 Jul;35:200-17.

22. Wertz RA. Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *Am J Orthod.* 1970 Jul;58(1):41-66.

23. Melsen B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod.* 1975 Jul;68(1):42-54.

24. Cleall JF, Bayne DI, Posen JM, Subtelny JD. Expansion of the Midpalatal Suture in the Monkey. *Angle Orthod.* 1965 Jan;35:23-35.

25. Starnbach H, Bayne D, Cleall J, Subtelny JD. Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 1966 Apr;36(2):152-64.

26. Melsen B. A histological study of the influence of sutural morphology and skeletal maturation on rapid palatal expansion in children. *Trans Eur Orthod Soc.* 1972;499-507.
27. Franchi L, Baccetti T, Lione R, Fanucci E, Cozza P. Modifications of midpalatal sutural density induced by rapid maxillary expansion: A low-dose computed-tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2010 Apr;137(4):486-8.
28. Krebs A. Expansion of the midpalatal suture, studied by means of metallic implants. *Acta Odont Scand* 1959;92(5):491-501.

ARTIGO 2

Effects of rapid maxillary expansion on dentoalveolar structures: Comparison of growing individuals with Class I malocclusion

Abstract

Introduction: This study measured the transverse dimension of the maxillary arch and the dental tipping and alveolar angulation of permanent maxillary first molars in patients treated with rapid maxillary expansion using the Haas or the Hyrax expander and compare results immediately after expansion and after 6 months of retention. It also investigated whether the acrylic pad of the Haas expander prevented dental and alveolar tipping. **Material and methods:** Thirty-two patients (mean age: boys, 12.88 years; girls, 13.06 years) were randomly divided into two groups: group 1, Haas; and group 2, Hyrax. Cone beam computed tomography (CBCT) scans were obtained before treatment (T1), immediately after expansion (T2), and after 6 months of retention (T3). Linear and angular transverse measurements of dental and alveolar structures were made and compared at the three treatment time points. **Results:** All linear and angular transverse changes of dental and alveolar structures were statistically significant in both study groups after maxillary expansion. During retention, the changes continued and reached statistical significance for maxillary lingual alveolar width (1.51 mm [1.38]) at the first molars and first premolars in the Haas group. During that time, the distance between the lingual roots of the permanent maxillary first molars in both groups increased significantly as a result of the decrease of their angles. At the end of treatment, both groups had similar results in alveolar angulation and dental tipping. **Conclusion:** Dental tipping and alveolar angulation were similar in both groups, but maxillary lingual alveolar width in the Haas group increased significantly when compared with that in the Hyrax group, which suggests that the acrylic pad prevents relapse in this region.

INTRODUCTION

Rapid maxillary expansion (RME), an effective classical procedure used to treat transverse maxillary deficiencies of growing patients, has an orthodontic effect, in addition to an orthopedic result, and contributes to the increase of the maxillary arch.¹

The orthopedic effect is characterized by suture separation and remodeling, whereas the orthodontic effect refers to tooth movement and tipping.²⁻⁶ Two of the appliances most often used for that purpose are the tooth-tissue borne Haas expander² and the tooth-borne Hyrax expander.⁷ Most studies in the literature evaluated the Hyrax expander⁸⁻¹⁰ and few compared two types of expanders.¹¹⁻¹⁴ There is no scientific evidence that one is more or less effective than the other. The Hyrax expander is often selected because it is easy to manufacture and to clean. According to Haas,^{2-4,6} the expander that he developed should reduce orthodontic inclination of the alveolar processes laterally and, therefore, reduce dental tipping because of its acrylic pad, which covered the palate, and of the archwires soldered to the buccal and lingual surfaces of the anchorage teeth. Garret et al., in 2008,¹⁵ found a negative correlation between retention time and changes in maxillary palatal width in a sample that used the Hyrax expander, which confirmed the expectations set by Haas and described above, as they found a width reduction, or relapse, in this anatomic region at the end of the retention time. Oliveira et al., in 2004,¹¹ tested the two types of expanders (Haas and Hyrax) and compared the results before treatment and after 3 months of retention. They found differences in intermolar distances and in lingual angulations between expanders. The Haas group had a greater intermolar distance and a smaller lingual angulation. The acrylic pad in the Haas expander, which touches the

lingual alveolar process, might produce a more uniform expansion of the cortical bone and prevent relapse.

Cone beam computed tomography has been currently used as a study method to evaluate the effects of RME. Few studies have compared the effects of the Haas and Hyrax expanders using this method,^{12,14} and only one¹² evaluated those effects after retention. This study measured the transverse dimension of the maxillary arch and the dental tipping and alveolar angulation of permanent maxillary first molars in patients treated with RME and compared the results obtained with the Haas and Hyrax expanders immediately after expansion and after 6 months of retention to test whether the tooth-tissue borne expander led to fewer dentoalveolar.

MATERIAL AND METHODS

This prospective study was approved by the Ethics Committee of Universidade Federal do Rio de Janeiro, under number 65/2009 and according to resolution no. 35/2010. Parents or guardians provided free informed consent for the participation of patients in this study. The sample was selected in 5 public schools of the city of Belo Horizonte, Brazil. Inclusion criteria were: individuals with young permanent dentition and malocclusion Angle Class I; clinical indication of orthopedic treatment using RME; cervical vertebrae in maturation stage 3,¹⁶ and adequate clinical crown of the maxillary permanent first premolars and first molars. Exclusion criteria were: periodontal disease; metal restorations in posterior teeth; previous orthodontic treatment; and genetic diseases.

The sample was randomly divided into two groups: Group 1 (Haas), with 16 individuals that underwent rapid maxillary expansion using a Haas expander; and

Group 2 (Hyrax), with 16 individuals treated with Hyrax expanders. Both groups followed the same activation schedule: the expanding screw (Morelli) was activated one full turn on the day the appliance was placed and, after that, 1/4 of a turn in the morning and 1/4 at night every day until the necessary expansion was achieved. After the end of the activation phase, the screw was stabilized with a ligature and kept in the mouth for six months for retention.

Three-dimensional cone-beam computed tomography (CBCT) images were used for measurements. Images were acquired using an I-Cat scanner (Imaging Sciences International, Hatfield, PA) at 36.90 mA, 120 kV, 40-s exposure time, FOV of 22 cm (full head) and voxel resolution of 0.3 mm. Records were made before treatment (T1), immediately after RME (T2) and after 6 months of retention (T3). All images were positioned and standardized using the Dolphin Imaging 11.0 software (Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA).

After the images were imported as Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) files, 3-D reconstructions for each patient at each time point (T1, T2 and T3) were positioned according to the orbital and porion points (right and left sides) and nasion to define the axial, coronal and sagittal planes.¹⁷ In the frontal view, the floor of the orbits was parallel to the ground. In the right lateral view, the Frankfort horizontal plane was parallel to the ground.¹⁸ The left side was examined to confirm the position of the Frankfort horizontal plane.¹⁹

The study method defined that the anatomic points were marked on the CBCT images, and each one was simultaneously located on the coronal, sagittal and axial slices and had its exact location confirmed on the three planes (Figure 1). The points and their definitions are shown in Table I. Cervical vertebrae were evaluated using two-dimensional CBCT images, as described by Baccetti et al.¹⁶

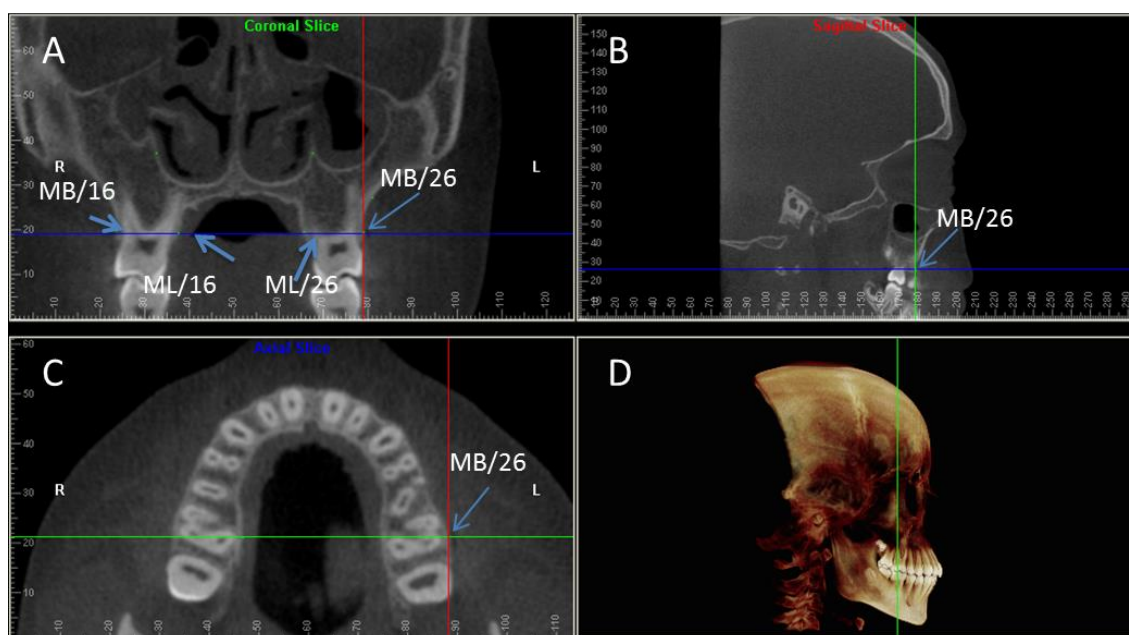


Figure 1 - Multiplanar reconstruction (MPR) produced by Dolphin® software using Measurement tool illustrates method to identify points to measure maxillary alveolar width. A. Coronal slice shows sagittal plane (red line) and axial plane (blue line), which crosses MB/26 point; identification of MB/16, ML/16 and ML/26; B. Sagittal slice confirms MB/26 – intersection of coronal (green) and axial (blue) planes; C. Axial slice confirms MB/26 – intersection of coronal and sagittal planes; D. 3-D reconstruction. Sagittal plane; Coronal plane (green line).

Table I. Points and definitions used in the study.

Point	Definition
MB # tooth	Point in external margin of buccal cortical bone of maxillary alveolar ridge at trifurcation or bifurcation of tooth under evaluation (Figure 1)
ML # tooth	Point in external margin of lingual cortical bone of the maxillary alveolar ridge at the level of trifurcation or bifurcation of tooth under evaluation (Figure 1)
AP # tooth	Apex of lingual root of tooth, identified in three spatial planes (Figure 2)
CG # tooth	Central groove of tooth crown, identified in three spatial planes

= tooth number; AP = lingual root apex MB = maxillary buccal alveolar point; ML = maxillary lingual alveolar point; CG = central groove.

Linear distances between each point were measured according to the alveolar maxillary width at the level of the permanent first molars (MB16/MB26) and of the maxillary permanent first premolars (MB14/MB24); also, dental width was measured at the level of the root apices of lingual roots (AP16/AP26;

AP14/AP24) and between the central grooves of each tooth (CG16/CG26; CG14/CG/24) (Figure 2).

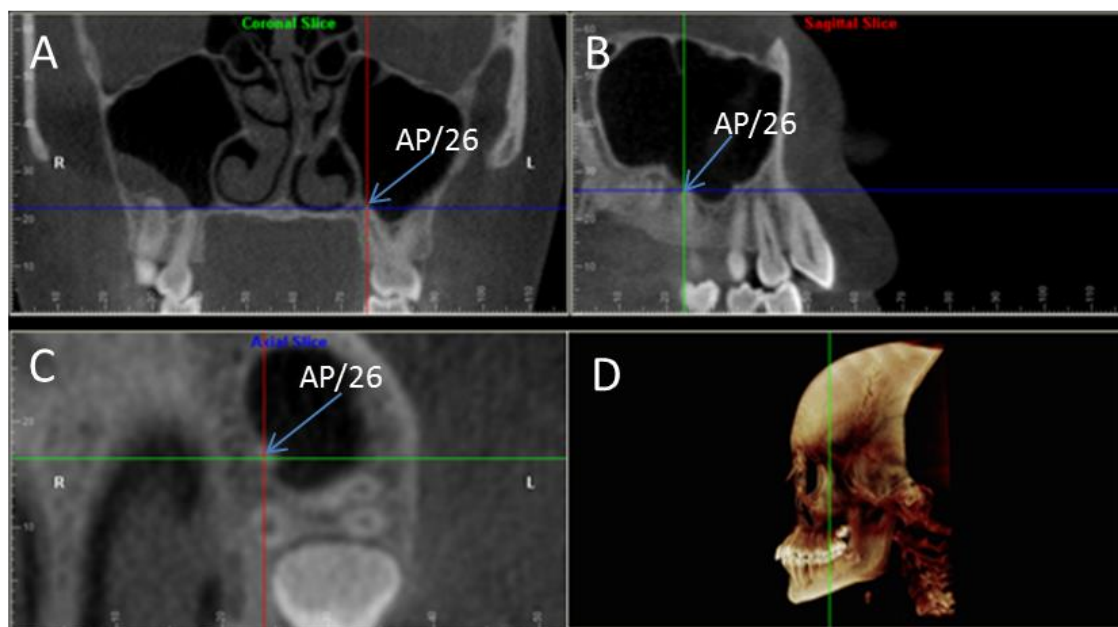


Figure 2 - Multiplanar reconstruction (MPR) produced by Dolphin® software using *Measurement* tool illustrates method to measure maxillary dental width. A. Identification of AP point at lingual root apex of permanent left maxillary first molars (AP/26) – intersection of sagittal (red line) and axial (blue line) planes on coronal slice; B. AP/26 at intersection of coronal (green) and axial (blue) planes; C. AP/26 on axial slice - intersection of coronal (green) and sagittal (red) planes; D. 3-D reconstruction shows coronal plane (green) crossing lingual root of left maxillary first molar.

The angles were measured to evaluate dental tipping of permanent maxillary first molars (16/TIP and 26/TIP). A vector was defined from AP16 and/or AP26 and along the long axis of the lingual roots of each tooth, and another vector followed the axial plane defined according to the standardized position of the head.

The alveolar angle at the permanent maxillary first molars (16/ALV and 26/ALV) was defined according to the maxillary buccal alveolar point (MB) in the right and left sides at the level of the first molars. A tangent to the lingual alveolar ridge was drawn to form a vector. The other vector resulted from the axial plane

defined according to the standardized position of the head. The alveolar and dental tipping angles were measured in the medial area.

The nominal values of each variable under evaluation at each time point were entered in spreadsheets, and the Statistical Package for Social Sciences 18 (SPSS) was used for descriptive statistics. The normal distribution of the sample was analyzed using the Shapiro-Wilk test, and the Levene test was used to analyze homogeneity of variance. The comparisons between the Haas and Hyrax groups for all variables at the three time points, as well as the comparison between variables (T2-T1, T3-T1, T3-T2), were analyzed using the Student *t* test. The comparison of variables between different time points was evaluated for each group, separately, using a *t* test for paired samples ($\alpha = 0.05$). All measurements were made by the same author (EMJ), who had no access to clinical records. To evaluate intraexaminer reproducibility, CBCT measurements at T1 and T2 were made for 6 patients (18.75%) at two different time points (T1 and T2) at a 15-day interval. Tabulated data were evaluated using the intraclass correlation coefficient (ICC).

RESULTS

At T1 and T2, 32 adolescents (19 girls and 13 boys) were included in the study, 16 in the Haas group and 16 in the Hyrax group. Their mean age was 12 years and 10 months for girls and 13 years for boys. At T3, the number of participants in the Haas group remained the same, but the Hyrax group had 13 individuals.

Concerning intraexaminer reliability mean ICC was 0.98 (lower limit = 0.96; upper limit = 0.99) for all linear variables. For angles, mean ICC was 0.92 (lower limit = 0.85; upper limit = 0.99), which confirmed excellent agreement.

The comparison of transverse measurements of the maxillary arch width and the angulation of permanent maxillary first molars between groups at baseline (T1) showed that the Haas and Hyrax groups were similar and comparable (Table II).

Table II. Basic sample data.

Variable	Haas, mean (SD)	Hyrax, mean (SD)	Mean difference	Paired t test*
MB/16-MB/26 (mm)	58.67 (3.52)	58.18 (2.51)	0.49	0.65
ML/16-ML/26	30.07 (2.48)	29.77 (2.12)	0.29	0.72
MB/14-MB/24	45.27 (3.05)	46.04 (2.40)	0.76	0.43
ML/14-ML/24	23.91 (3.25)	22.78 (1.88)	1.13	0.23
CG/16-CG/26	46.03 (2.57)	45.79 (2.42)	0.24	0.78
AP/16-AP/26	33.27 (3.62)	32.74 (2.68)	0.53	0.64
CG/14-CG/24	34.54 (2.48)	34.53 (3.23)	0.01	0.98
AP/14-AP/24	30.17 (3.44)	28.33 (6.99)	1.84	0.35
16/ALV (angle)	107.60 (6.42)	107.76 (4.62)	0.16	0.93
26/ALV	105.80 (3.68)	108.48 (5.43)	2.67	0.11
16/TIP	109.53 (3.44)	112.01 (6.61)	2.47	0.19
26/TIP	110.30 (6.40)	110.20 (6.35)	0.10	0.96

*p value of t test for independent samples ($\alpha=95$); n = 16

ALV = alveolar; AP = lingual root apex; TIP = tipping; MB = maxillary buccal alveolar point; ML = maxillary lingual alveolar point; CG = central groove SD = standard deviation.

The changes in each group are shown in Table III. At the end of RME (T1xT2), there were statistically significant differences in all variables associated with changes in alveolar ridge width and dental arch and in angles and dental tipping of maxillary molars. During retention (T3xT2), the distance between the lingual roots of the permanent maxillary first molars in both groups increased

significantly (Table III). The changes in the alveolar angle and tipping of the maxillary first molars demonstrated that there was a tendency correct tipping during the retention phase (Table III).

Table III. Means and standard deviations at T1, T2 and T3 and p values of differences between T1xT2, T2xT3 and T1xT3 in the Haas and Hyrax groups.

Group	Variable	T1, mean	T2, mean	T3, mean	p	p	p
		(SD)	(SD)	(SD)	T1xT2	T2xT3	T1xT3
Haas	MB/16-MB/26 (mm)	58.67 (3.52)	60.32 (3.32)	61.06 (3.04)	0.00*	0.02*	0.00*
Haas	ML/16-ML/26	30.07 (2.48)	32.14 (2.24)	33.65 (2.37)	0.00*	0.00*	0.00*
Haas	MB/14-MB/24	45.27 (3.05)	47.67 (2.84)	48.76 (2.82)	0.00*	0.00*	0.00*
Haas	ML/14-ML/24	23.91 (3.25)	25.77 (2.66)	27.29 (2.35)	0.02*	0.00*	0.00*
Hyrax	MB/16-MB/26	58.18 (2.51)	60.09 (2.25)	60.39 (1.89)	0.00*	0.15	0.00*
Hyrax	ML/16-ML/26	29.77 (2.12)	31.48 (2.07)	31.06 (1.90)	0.00*	0.41	0.00*
Hyrax	MB/14-MB/24	46.04 (2.40)	48.28 (2.30)	48.93 (2.19)	0.00*	0.00*	0.00*
Hyrax	ML/14-ML/24	22.78 (1.88)	25.31 (1.80)	25.00 (2.36)	0.00*	0.36	0.00*
Haas	CG/16-CG/26	46.03 (2.57)	50.43 (2.01)	50.78 (2.03)	0.00*	0.11	0.00*
Haas	AP/16-AP/26	33.27 (3.62)	34.17 (3.45)	36.34 (3.75)	0.00*	0.00*	0.00*
Haas	CG/14-CG/24	34.54 (2.48)	39.66 (2.45)	39.94 (2.54)	0.00*	0.64	0.00*
Haas	AP/14-AP/24	30.17 (3.44)	32.65 (3.88)	33.85 (3.18)	0.00*	0.10	0.00*
Hyrax	CG/16-CG/26	45.79 (2.42)	50.19 (2.17)	50.14 (2.00)	0.00*	0.65	0.00*
Hyrax	AP/16-AP/26	32.74 (2.68)	33.83 (2.90)	35.87 (4.59)	0.00*	0.02*	0.00*
Hyrax	CG/14-CG/24	34.53 (3.23)	39.65 (3.06)	38.95 (2.76)	0.00*	0.31	0.00*
Hyrax	AP/14-AP/24	28.33 (6.99)	31.91 (2.52)	32.86 (2.51)	0.03*	0.02*	0.02*
Haas	16/ALV degrees –	107.60 (6.42)	110.80 (7.24)	109.22 (4.07)	0.00*	0.21	0.17
Haas	26/ALV	105.80 (3.68)	110.76 (4.52)	110.56 (2.34)	0.00*	0.86	0.00*
Haas	16/TIP	109.53 (3.44)	116.01 (6.93)	110.60 (4.58)	0.00*	0.00*	0.24
Haas	26/TIP	110.30 (6.40)	115.74 (5.77)	112.04 (4.89)	0.00*	0.00*	0.11
Hyrax	16/ALV	107.76 (4.62)	112.18 (6.49)	111.68 (8.54)	0.00*	0.90	0.02*
Hyrax	26/ALV	108.48 (5.43)	110.16 (4.79)	110.47 (8.36)	0.06	0.92	0.15
Hyrax	16/TIP	112.01 (6.61)	116.03 (6.22)	112.02 (3.49)	0.00*	0.00*	0.32
Hyrax	26/TIP	110.20 (6.35)	114.54 (5.80)	111.57 (7.72)	0.00*	0.28	0.12

* p value for t paired-test ($\alpha=95\%$).

Group Haas n = 16 (T1, T2 and T3); Group Hyrax n = 16 (T1 and T2), n = 16 (T2), n = 13 (T3).

ALV = alveolar; AP = lingual root apex; TIP = tipping; MB = maxillary buccal alveolar point; ML = maxillary lingual alveolar point; CG = central groove SD = standard deviation.

The comparison of RME effects (Δ) between groups 1 (Haas) and 2 (Hyrax) in the T2-T1, T3-T1 and T3-T2 intervals is shown in Table IV. The main difference between them was the increase in the lingual alveolar width during retention.

Table IV. Mean values and standard deviations of treatment effects (Δ) at intervals: T2-T1, T3-T1 and T3-T2 in Haas and Hyrax groups and the comparison between them.

Variable	Haas	Hyrax	Mean difference	P
	mean (SD)	mean (SD)		
Δ MB/16-MB/26 T2-T1 (mm)	1.64 (1.00)	1.91 (0.86)	0.26	0.42
Δ MB/16-MB/26 T3-T1	2.38 (1.37)	2.40 (1.34)	-0.02	0.96
Δ MB/16-MB/26 T3-T2	0.73 (1.20)	0.39 (0.94)	0.34	0.41
Δ ML/16-ML/26 T2-T1	2.07 (1.07)	1.64 (0.78)	0.42	0.20
Δ ML/16-ML/26 T3-T1	3.58 (1.89)	1.51 (0.91)	2.07	0.00*
Δ ML/16-ML/26 T3-T2	1.51 (1.38)	-0.15 (0.66)	1.66	0.00*
Δ MB/14-MB/24 T2-T1	2.39 (1.56)	2.13 (1.51)	0.25	0.64
Δ MB/14-MB/24 T3-T1	3.49 (1.96)	3.02 (1.36)	0.46	0.47
Δ MB/14-MB/24 T3-T2	1.09 (1.26)	0.84 (0.71)	0.25	0.53
Δ ML/14-ML/24 T2-T1	1.85 (3.06)	2.53 (1.07)	0.68	0.40
Δ ML/14-ML/24 T3-T1	3.37 (3.25)	2.36 (1.23)	1.01	0.29
Δ ML/14-ML/24 T3-T2	1.52 (1.30)	-0.27 (1.07)	1.79	0.00*
Δ CG/16-CG/26 T2-T1	4.40 (1.44)	4.40 (1.06)	0.00	1.00
Δ CG/16-CG/26 T3-T1	4.74 (1.35)	4.62 (1.26)	0.12	0.81
Δ CG/16-CG/26 T3-T2	0.34 (0.82)	0.13 (1.04)	0.21	0.55
Δ AP/16-AP/26 T2-T1	0.90 (1.20)	1.08 (1.34)	-0.18	0.68
Δ AP/16-AP/26 T3-T1	3.06 (1.76)	3.08 (3.24)	-0.02	0.98
Δ AP/16-AP/26 T3-T2	2.16 (1.00)	2.10 (2.86)	0.06	0.93
Δ CG/14-CG/24 T2-T1	5.11 (1.44)	5.13 (1.70)	0.01	0.98
Δ CG/14-CG/24 T3-T1	5.40 (1.73)	4.94 (1.76)	0.46	0.49
Δ CG/14-CG/24 T3-T2	0.17 (1.49)	-0.28 (0.97)	0.45	0.34
Δ AP/14-AP/24 T2-T1	2.48 (1.98)	3.58 (6.80)	-1.10	0.53
Δ AP/14-AP/24 T3-T1	3.68 (2.12)	4.91 (6.83)	-1.23	0.49
Δ AP/14-AP/24 T3-T2	1.20 (2.76)	0.71 (0.97)	0.49	0.54
Δ 16/ALV-T2-T1 (degrees)	3.20 (4.21)	4.42 (3.47)	1.22	0.37
Δ 16/ALV-T3-T1	1.61 (4.54)	4.10 (5.78)	-2.47	0.20
Δ 16/ALV-T3-T2	-1.58 (4.88)	-0.15 (4.33)	-1.43	0.41

$\Delta 26\text{ALV-T2-T1}$	4.96 (3.87)	1.68 (3.35)	3.27	0.01*
$\Delta 26/\text{ALV-T3-T1}$	4.76 (3.77)	2.43 (5.74)	2.32	0.20
$\Delta 26-/ \text{ALV-T3-T2}$	-0.19 (4.71)	0.12 (4.52)	-0.31	0.85
$\Delta 16\text{TIP-T2-T1}$	6.47 (5.06)	4.01 (3.42)	2.45	0.11
$\Delta 16\text{TIP-T3-T1}$	1.06 (3.50)	1.31 (4.58)	-0.25	0.86
$\Delta 16\text{TIP-T3-T2}$	-5.41 (6.62)	-2.96 (3.41)	-2.44	0.23
$\Delta 26\text{TIP-T2-T1}$	5.44 (3.05)	4.34 (2.89)	1.10	0.30
$\Delta 26\text{TIP-T3-T1}$	1.76 (4.17)	2.77 (6.08)	-1.01	0.60
$\Delta 26\text{TIP-T3-T2}$	-3.67 (4.21)	-1.63 (5.30)	-2.04	0.25

* p value of t test for independent samples ($\alpha=95\%$).

Group Haas n = 16 (T1,T2 and T3) Group Hyrax n =16 (T1 and T2), n =13 (T3)

ALV = alveolar; AP = lingual root apex; TIP = tipping; MB = maxillary buccal alveolar point; ML = maxillary lingual alveolar point; CG = central groove SD = standard deviation.

DISCUSSION

RME led to significant dental and alveolar changes in the Haas and Hyrax groups (Tables III) in a sample with similar characteristics (Table II).

After expansion, the maxillary alveolar width behaved similarly in both groups at the level of maxillary premolars and first molars when the buccal and lingual cortical bones were analyzed (Table IV). Weissheimer et al. 2011,¹⁴ did not find any statistical differences in alveolar width between the Haas and Hyrax groups when the buccal cortical bone was measured at the level of the alveolar ridge immediately after expansion. They found a mean difference of 0.28 mm between expanders. In the same time interval and for the same type of measurement, we found a mean difference of 0.26 mm (Table IV) between expanders. Lagravère²⁰ conducted a randomized controlled study to compare two expanders (Hyrax and BAME) with a control group. Results after expansion showed an increase of 1.30, 1.83 and -0.53 mm in buccal alveolar width measured at the level of the dental apices in the Hyrax, BAME and control groups. In a similar time interval (T2-T1), we found an increase of 1.91 mm (0.86) in the Hyrax

group (Table IV) when measurements were made at the level of the trifurcation, a region where the effects of tipping may be substantial, which may, therefore, justify the slightly greater value found in our study. Non-comparative studies that used only the Hyrax expander found maxillary alveolar width increases measured at the buccal cortical bone at the level of the maxillary first molars. Their values were 2.6 mm,²¹ 2.67 mm¹⁵ and 3.00 mm.¹⁰ Another study used only the Haas expander²² and found an alveolar increase of 4.30 mm.

Alveolar width at the buccal cortical bone showed no statistically significant differences between groups during all treatment phases. After 6 months of retention, the results of our study revealed an increase of maxillary buccal alveolar width at the level of the first molars, of 2.38 mm (1.37) in the Haas group and 2.40 mm (1.34) in the Hyrax group, without any statistically significant differences between groups (Table IV), findings that are similar to those reported by Lagravère in 2010.²⁰ However, in the cortical bone, the increase of alveolar width was different between the Haas and Hyrax groups at the level of the permanent first molars and first premolars during retention (T3-T2) (Table IV). At the end of treatment, a significant difference between groups was only found at the level of permanent first molars in the measurement of lingual cortical bone. The difference that appeared during retention suggests that the expander continues to act upon the alveolar structures after the screw is locked in place. The greatest change was seen in the Haas group, in which the distance between the palatal alveolar bones at the level of the first molar increased 1.51 mm (1.38) at T3-T2, whereas in the Hyrax group there was a decrease of -0.15 mm (0.66). At the level of first premolars, changes were similar: the differences were 1.52 mm in the Haas group and -0.27 in the Hyrax group in the same time interval (Table IV). These findings

may be assigned to the acrylic pad in the palate, juxtaposed to the alveolar region in the Haas group, in which there was an increase in the maxillary alveolar width. In the Hyrax group, this value decreased, which confirmed the expectations set by Haas that the acrylic pad would work as a barrier to prevent alveolar relapse.^{4,6} Garret et al.¹⁵ also confirmed this hypothesis when they found a negative correlation between retention time and amount of palatal alveolar expansion in a group of patients using the Hyrax expander for RME. Therefore, when there is a clinical indication to increase the space of the oral cavity, the Haas expander is the best choice. Previous studies found an increase of about 21.7%²² in the volume of the oral cavity in individuals treated with the Haas expander. Oliveira et al.¹¹ conducted a comparative study and also found a greater volume increase in the palate in the Haas group. Garib et al.²³ used a similar method to compare the effects of RME using Haas and Hyrax expanders after 3 months of retention, but did not find any statistically significant differences between groups in buccal or lingual dentoalveolar width. The *t* test does not demonstrate statistically significant values when the sample is small (*n* = 8), which may explain the fact that their results were not similar to ours.

The transverse expansion in T2-T1 occurred at the level of the crowns of the permanent first molars and first premolars. In the alveolar region, expansion was smaller (Tables III and IV). Greater responses in the form of dental rather than alveolar expansion were also found in previous cephalometric²³ and CT studies.^{10,12,15,20-22}

Anchorage teeth tipped buccally in both groups because there was greater separation between crowns than between dental apices immediately after the screw was locked in place: the increase of the distance between lingual roots at

the permanent first molars was 0.90 mm (1.20) in the Haas group and 1.08 mm (1.34) in the Hyrax group without any statistically significant differences between groups. In the same time interval, the separation of the apices of premolars was much greater (Haas, 2.48 mm; Hyrax, 3.58 mm), which suggest that there was less tipping of those teeth at that time point. During retention (T3-T2), there was a greater separation between the root apices of molars (Haas, 2.16 mm [1.00]; Hyrax, 2.10 mm [2.86]), which produced less tooth tipping buccally at the end of the retention time for these teeth. At the level of the premolars, there was less movement of the root apices buccally during retention (Haas, 1.20 mm and Hyrax, 0.71 mm) (Table IV). In 2010, Lagravère 2010²⁰ found a greater separation of the root apices of premolars than of molars after expansion and after 6 months of retention, and a greater separation between the crowns of molars than of premolars (molars, 5.51 mm; premolars, 3.99 mm). In our study, dental and alveolar expansions were greater at the level of the first premolars than in the area of first molars at T2 and T3 (Tables III and IV). After 6 months of retention, the pattern of greater dental and alveolar expansion at the level of premolars remained (Tables III and IV), and the difference between the anterior and posterior regions was small (Tables III and IV). The smaller anteroposterior transverse difference found in our study may be justified by the use of buccal archwires soldered to the bands of the first premolars and molars. Additional anchorage tends to balance opening anteroposteriorly.²⁴ According to Haas, such anchorage provides greater and uniform skeletal opening and, consequently, opening of the dentoalveolar structures. Therefore, buccal archwires should be used in the manufacture of expanders. Garib, in 2005,¹² conducted comparisons after 3 months, and Garret, in 2008,¹⁵ evaluated the effects of the Hyrax expander after

the same time interval. Both found a slight anteroposterior increase at the dental and alveolar level.

After RME, we found buccal tipping of the first molars in the right and left sides, and the greater tipping was found in the Haas group, but the difference from the results of the Hyrax group was not statistically different. The analysis of alveolar angulation also revealed an increase in the same time interval, but the difference in alveolar angulation in the left side was statistically significant between groups. The alveolar angulation in the Haas group was 3.28 degrees greater than that found in the Hyrax group (Table IV). At the end of retention, the alveolar angle in the right and left sides changed similarly, and its analysis revealed a decrease in both groups without any statistically significant differences between groups. When adding the value of the right to the left side, the alveolar angle was 3.18 degrees in the Haas group and 3.26 degrees in the Hyrax group. Kartalian et al., in 2010,¹⁰ compared individuals that underwent RME using a Hyrax expander with a control group. They found that the alveolar angulation of the RME group was 5.61 ± 6.94 degrees, and of the control group, -2.84 ± 7.09 degrees. Garret et al., in 2008,¹⁵ evaluated alveolar angulation changes at the level of the first molars after 3 months of active expansion using a Hyrax expander. They used the angle formed by the tangent to the alveolar ridge in the right and left sides and found a mean increase of 4.75 ± 6.54 degrees, a statistically significant value. Oliveira et al.¹¹ found greater alveolar expansion in the Hyrax group after retention, and the increased lingual angulation confirmed it.

The separate analysis of changes for each group (Tables III) revealed that the increases of the alveolar angulation and dental tipping were significant after screw activation in the Haas and Hyrax groups. After 6 months of retention, at the

end of treatment, the tipping of maxillary first molars decreased, but values were not statistically significant (Table III), which indicated a tendency to return to their original positions, in agreement with findings reported by Baratieri.²² The alveolar angle had a similar tendency, but one side (Haas, #26; Hyrax, #16) had a significant difference at the end of the treatment. This suggests that the results of both expanders were similar. Garib et al., in 2005,¹² compared the results of RME using Haas and Hyrax expanders, and found that, after 3 months of retention, the tipping of the permanent first molar was 3.5 degrees in the Haas group and 3.2 degrees in the Hyrax groups, without any statistically significant differences between groups. In our study, tipping in the Haas group was greater than in the Hyrax group immediately after expansion: 6.47 ± 5.06 degrees for tooth #16 and 5.44 ± 3.05 degrees for tooth #26. Few studies in the literature have evaluated the effects of dentoalveolar changes when using the Haas and Hyrax expanders.^{11,12,14} In our study, both expanders produced similar effects, and the acrylic pad did not prevent the tipping of anchorage teeth or alveolar ridge, specifically providing an increase of the alveolar palatal distance.

Further studies should be conducted to evaluate alveolar changes after RME, as well as the volume of the oral cavity, by comparing the effects of different expanders.

CONCLUSIONS

The separation between crowns of the permanent maxillary first molars and first premolars was greater than that of their apices immediately after active expansion, whereas after 6 months of retention, the distance between the lingual

root apices increased and the distance between their crowns remained practically unchanged. This demonstrated that there was a tendency to correct the tipping of anchorage teeth after retention in the two groups under study.

The acrylic pad in the Haas expander did not prevent dental or alveolar tipping, and results were similar in both groups.

The Haas and Hyrax expanders produced important clinical changes to correct dentoalveolar deficiencies.

The pattern of expansion of the dental and alveolar structures had the shape of a pyramid in the frontal view, with the greater separation between the dental crowns, and in the occlusal view, in which the greater separation was at the level of premolars.

Acknowledgements

We thank the support that this study received from CAPES and FAPERJ.

REFERENCES

1. McNamara JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;117:567-570.
2. Haas AJ. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod* 1961;31:73-90.
3. Haas AJ. The Treatment of Maxillary Deficiency by Opening the Midpalatal Suture. *Angle Orthod* 1965;35:200-217.
4. Haas AJ. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod* 1970;57:219-255.
5. Wertz RA. Skeletal and dental changes accompanying rapid midpalatal suture opening. *Am J Orthod* 1970;58:41-66.
6. Haas AJ. Long-term posttreatment evaluation of rapid palatal expansion. *Angle Orthod* 1980;50:189-217.
7. Biederman W. A hygienic appliance for rapid expansion. *JPO J Pract Orthod* 1968;2:67-70.
8. Olmez H, Akin E, Karacay S. Multitomographic evaluation of the dental effects of two different rapid palatal expansion appliances. *Eur J Orthod* 2007;29:379-385.
9. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JY, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:428 e421-428.
10. Kartalian A, Gohl E, Adamian M, Enciso R. Cone-beam computerized tomography evaluation of the maxillary dentoskeletal complex after rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:486-492.

11. Oliveira NL, Da Silveira AC, Kusnoto B, Viana G. Three-dimensional assessment of morphologic changes of the maxilla: a comparison of 2 kinds of palatal expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2004;126:354-362.
12. Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Coelho RA. Rapid maxillary expansion--tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod* 2005;75:548-557.
13. Garib DG, Henriques JF, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:749-758.
14. Weissheimer A, de Menezes LM, Mezomo M, Dias DM, de Lima EM, Rizzato SM. Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2011;140:366-376.
15. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2008;134:8-9.
16. Baccetti T, Franchi L, McNamara JR JA. The cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod* 2005;11.
17. Cevdanes L, Oliveira AE, Motta A, Phillips C, Burke B, Tyndall D. Head orientation in CBCT-generated cephalograms. *Angle Orthod* 2009;79:971-977.
18. Proffit WR, Fields HW. Contemporary orthodontics. St. Louis: Mosby; 2000.

19. Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:S79-85.
20. Lagravere MO, Carey J, Heo G, Toogood RW, Major PW. Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:304.e1-12; discussion 304-305.
21. Podesser B, Williams S, Crismani AG, Bantleon HP. Evaluation of the effects of rapid maxillary expansion in growing children using computer tomography scanning: a pilot study. *Eur J Orthod* 2007;29:37-44.
22. Baratieri C, Nojima LI, Alves Júnior M, Souza MM, Nojima MG. Efeitos transversais da expansão rápida da maxila em pacientes com má oclusão de Classe II: avaliação por Tomografia Computadorizada Cone-Beam. *Dental Press J Orthod (Impr)* 2010;15:89-97.
23. Garib DG, Henriques JF, Janson G, Freitas MR, Coelho RA. Rapid maxillary expansion--tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthodontist* 2005;75:548-557.
24. Braun S, Bottrel JA, Lee KG, Lunazzi JJ, Legan HL. The biomechanics of rapid maxillary sutural expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2000;118:257-261.

ARTIGO 3

Study of the effects of rapid maxillary expansion using Haas and Hyrax expanders on the thickness of cortical bone : A prospective and comparative clinical study

ABSTRACT

Introduction: This study compared expanders to evaluate thickness of cortical bone and restoration after retention for six months. **Methods:** Thirty patients were randomly divided into group 1 (Haas expanders) and group 2 (Hyrax expanders). Cone-beam computed tomography was used to measure buccal and lingual bones of permanent maxillary first premolars and first molars before treatment (T1), after rapid maxillary expansion (T2), and after retention for 6 months (T3). **Results:** After retention, there were statistically significant differences in buccal bone thickness between the groups for the mesiobuccal root of tooth # 26 and the buccal cortical bone of tooth # 24 – with the Hyrax group having a greater cortical bone loss than the Haas group –, and in lingual bone thickness for teeth # 16 – with an increase of 0.88 (± 0.68) mm in the Hyrax group and of 0.34 (± 0.41) mm in the Haas group) – and # 26 – with an increase of 0.94 (± 0.65) mm in the Hyrax group and of 0.21 (± 0.60) mm in the Haas group. **Conclusion:** After six months, buccal bone thickness was still different from baseline, which demonstrated that the complete reorganization of these structures had not been achieved yet.

INTRODUCTION AND LITERATURE REVIEW

Orthopedic appliances are used to increase the perimeter of the dental arch by opening the medial palatine suture, but minimal tooth movement is desired.¹ The Haas (tooth-tissue-borne) and the Hyrax (tooth-borne) expanders are the devices most often used. The force applied by these expanders during rapid maxillary expansion (RME) produces areas of compression in the periodontal ligament^{2,3} and bone resorption, which may promote the movement of the anchorage teeth in the direction of the force applied and, consequently, away from the center of the alveolar process. Studies in the literature show that this movement may increase the risk of producing or exacerbating bone defects.^{2,4}

The strong correlation between tooth movement buccally and bone dehiscence has been demonstrated using an animal model,² and bone defects caused by tooth movement undergo remodeling when teeth move back into their alveoli.^{5,6} Studies with human beings evaluated events associated with periodontal diseases, such as fenestration, dehiscence and vertical bone loss, associated or not with orthodontic treatment.^{4,7-9}

Specific studies examined bone loss due to palatal expansion,¹⁰⁻¹³ but only one compared the effects of the Haas and Hyrax expanders.¹⁰ Tooth-tissue-borne expanders seem to affect the cortical bone of the alveolar process less than the tooth-borne expanders. Also, it is not clear whether a retention period of six months is sufficient for the reorganization of adjacent periodontal tissues. This study investigated whether the Haas and Hyrax expanders have different effects on the cortical bone of anchorage teeth, and whether a six-month retention time is sufficient for the restoration of cortical bone thickness after rapid maxillary expansion.

MATERIAL AND METHODS

This prospective study was approved by the Ethics in Research Committee of the Institute for Collective Health Studies (IESC) of Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brazil, under number 62/2009 and in agreement with Resolution no. 35/2010. Parents or guardians provided free informed consent for patient participation in this study. The sample was selected in 5 public schools in the city of Belo Horizonte, Brazil. Inclusion criteria were: young individuals with permanent dentition, Angle Class I malocclusion, clinical indication of orthopedic treatment with rapid maxillary expansion (RME); cervical vertebrae in maturation stage 3, which indicates great potential for active growth,¹⁴ and adequate clinical crown of the maxillary first permanent premolars and first permanent molars. Exclusion criteria were: periodontal disease; metal restorations in posterior teeth; previous orthodontic treatment; and genetic diseases.

The sample was randomly divided into two groups: Group 1 (Haas) with 15 individuals that underwent rapid maxillary expansion using a Haas expander; and Group 2 (Hyrax), with 15 individuals treated with Hyrax expanders. In the two groups, the maxillary first permanent premolars and first permanent molars received metal bands, and 1-mm buccal wires were soldered to the buccal surface of the orthodontic bands when manufacturing the expander. The Haas expander received an acrylic pad for the palate, whereas the Hyrax expander had a screw connected to the lingual surfaces of the bands by a segment of 1.4-mm wire. The groups followed the same activation schedule: the expanding screw (Morelli) was activated one full turn on the day when the appliance was placed and, after that, $\frac{1}{4}$ of a turn in the morning and $\frac{1}{4}$ at night every day until the necessary expansion

was reached. After the end of the activation phase, the screw was stabilized with a ligature and kept in the mouth for six months for retention.

This study evaluated three-dimensional cone-beam computed tomography (CBCT) images acquired using an *I-Cat* scanner (*Imaging Sciences International, Hatfield, PA*) at 36.90 mA, 120 kV, 40 s exposure time, 22 cm FOV and 0.3 mm voxel resolution. Measurements were made before treatment (T1), immediately after REM (T2) and after retention for 6 months (T3). All images were positioned and standardized using the *Dolphin Imaging 11.0* software (*Dolphin Imaging & Management Solutions, Chatsworth, CA*).

After the images were imported as *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM) files, 3D reconstructions of each patient at each time point (T1, T2 and T3) were positioned using the orbitale and porion (right and left sides) and the nasion as references to define the axial, coronal and sagittal planes.¹⁵ In the frontal view, the orbital floor was parallel to the ground. In the right lateral view, the Frankfort horizontal plane was parallel to the ground.¹⁶ The left side was examined to confirm the position of the Frankfort horizontal plane.¹⁷

The method to assess the thickness of the buccal and lingual cortical bone of the maxillary permanent molar was the following: using the axial view, the coronal plane was positioned between the mesiobuccal and distobuccal roots of the maxillary first molar; in the coronal view, the axial plane was identified by drawing a tangent line to the trifurcation of the roots of teeth # 16 and 26, and the sagittal plane was located between the mesiobuccal and distobuccal roots of the respective teeth, which was confirmed on the sagittal view (Figure 1). This procedure was followed in the right and left sides because molars may be at different levels and asymmetrically positioned anteroposteriorly. To measure the

thickness of the buccal and lingual cortical bone of the first premolars, the same identification method as the one used for the first molars was used, using the bifurcation of teeth # 14 and 24 as the reference to define the axial plane. The buccal and lingual cortical bone of the first permanent premolars and first permanent molars was measured on the axial view (Figure 2).

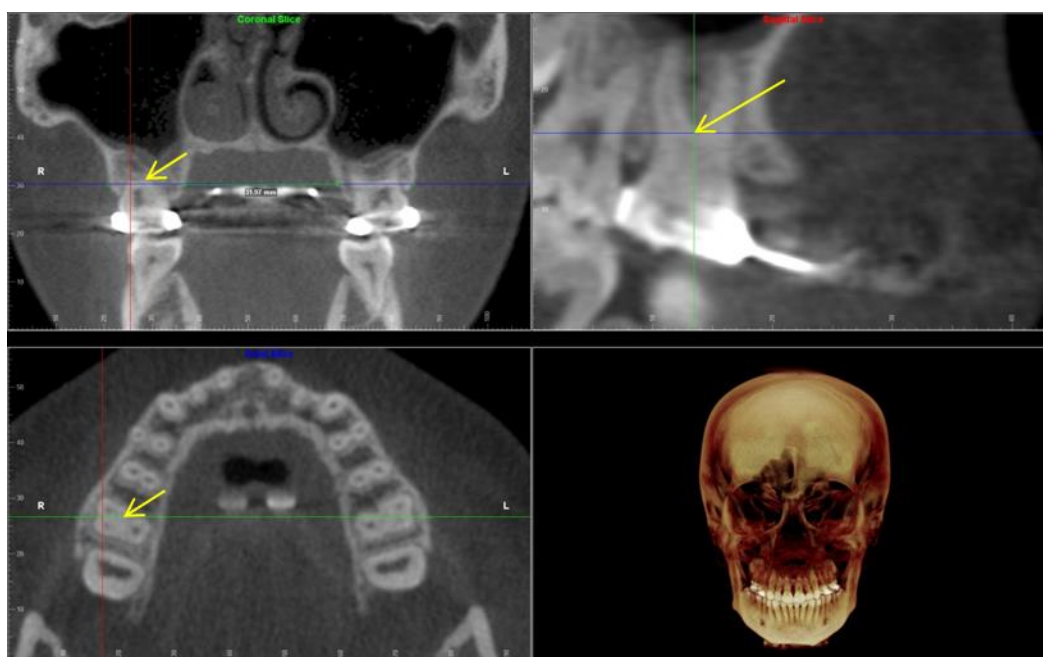


Figure 1 - Multiplanar reconstruction images on the Dolphin® software, Measurement function, showing the methodology used to locate the trifurcation of first molars. A) Coronal view showing the sagittal plane (red line) and the axial plane (blue line) crossing the trifurcation of tooth # 16 (yellow arrow), B) Sagittal view showing the axial and coronal planes, positioned between the mesiobuccal and distobuccal roots of tooth # 16, at the level of the furcation (yellow arrow); C) Axial view confirming location of the coronal and sagittal planes on the trifurcation of the permanent first molar (yellow arrow); D) 3D reconstruction, front view.



Figure 2 - Measurement of cortical bone of maxillary first permanent molars. MBCBT = cortical bone thickness of mesiobuccal root: distance from external edge of buccal cortical bone to center of buccal surface of mesiobuccal root of first permanent molar in both sides (16/MBCBT and 26/MBCBT); DBCBT = cortical bone thickness of distobuccal root: distance from external edge of buccal cortical bone to center of buccal surface of distobuccal root of first permanent molar in both sides (16/DBCBT and 26/DBCBT); LCBT = cortical bone thickness of lingual root: distance from external edge of lingual cortical bone to center of lingual surface of lingual root of maxillary first permanent molar (16/LCBT and 26/LCBT).

The nominal values of each variable under evaluation at each time point were entered in spreadsheets, and the Statistical Package for Social Sciences 18.0 (SPSS) was used for descriptive statistics. The normal distribution of the sample was confirmed using the Shapiro-Wilk test, and the Levene test was used to analyze homogeneity of variance. The comparison between the Haas and Hyrax groups for all variables at the three time points, as well as the comparison between variables (T2-T1, T3-T1, T3-T2), was analyzed using the Student *t* test. Outcomes in different time points were compared for each group, separately, using a *t* test for paired samples ($\alpha=0.05$). All measurements were made by the same author (EMJ), who had no access to clinical records. To evaluate intraexaminer reproducibility, CBCT measurements were repeated for 6 patients

(18.75%) at T1 and T2 at a 15-day interval. Tabulated data were evaluated using the intraclass correlation coefficient (ICC).

RESULTS

Concerning intraexaminer reliability ICC was 0.985 (lower bound = 0.962; upper bound = 0.995) for the linear variables, which confirmed excellent agreement.

Baseline cortical bone thicknesses in the Haas and Hyrax groups before the treatment (T1) are shown in Table I.

Table I. Comparison of baseline data for cortical bone thickness between Haas and Hyrax groups before treatment (T1).

Variables	Haas (n=15)	Hyrax (n=15)	Mean	
	Mean (SD)	Mean (SD)	difference	p
16/MDCBT	1.07(0.60)	1.51(0.78)	-0.43	0.09
26/MBCBT	1.89(0.69)	2.01(0.80)	-0.12	0.66
16/LCBT	1.35(0.52)	1.26(0.38)	0.08	0.60
26/MBCBT	0.93(0.61)	1.68(0.70)	-0.74	0.00*
26/DBCBT	1.92(0.62)	2.19(0.87)	-0.26	0.34
26/LCBT	1.49(0.47)	1.31(0.43)	0.17	0.29
14/BCBT	0.64(0.57)	0.80(0.37)	-0.16	0.37
14/LCBT	1.50(0.71)	1.44(0.77)	0.06	0.82
24/BCBT	0.53(0.41)	0.91(0.52)	-0.38	0.03*
24/LCBT	1.24(0.67)	1.50(0.84)	-0.26	0.35

p value of t test for independent samples ($\alpha=95\%$).

n = number of individuals; SD = standard deviation.

Descriptive statistics and comparisons between appliances at T2 and T3, as well as comparisons between periods of evaluations are shown in Tables II and III.

Table II. Comparisons of transverse measures between periods after RME (T2) and at baseline; after retention (T3) and after RME (T2); and between after retention (T3) and at baseline (T1).

Group	Variable	T1	T2	T3	T1xT2	T3xT2	T3xT1
		Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	p	p	p
Haas	16/MBCBT	1.07(0.60)	0.61(0.54)	0.65(0.50)	0.00*	0.57	0.00*
Haas	16/DBCBT	1.89(0.69)	1.62(0.67)	1.53(0.65)	0.02*	0.54	0.01*
Haas	16/LCBT	1.35(0.52)	1.40(0.48)	1.70(0.45)	0.67	0.05	0.00*
Haas	26/MBCBT	0.93(0.61)	0.71(0.48)	0.62(0.47)	0.01*	0.35	0.03*
Haas	26/DBCBT	1.92(0.62)	1.65(0.62)	1.49(0.68)	0.06	0.12	0.02*
Haas	26/LCBT	1.49(0.47)	1.43(0.55)	1.70(0.61)	0.57	0.10	0.19
Haas	14/BCBT	0.64(0.57)	0.16(0.22)	0.27(0.32)	0.00*	0.26	0.00*
Haas	14/LCBT	1.50(0.71)	1.33(0.77)	1.37(0.45)	0.12	0.75	0.31
Haas	24/BCBT	0.53(0.41)	0.17(0.29)	0.35(0.38)	0.00*	0.08	0.07
Haas	24/LCBT	1.24(0.67)	1.51(0.57)	1.43(0.87)	0.04*	0.63	0.19
Hyrax	16/MBCBT	1.51(0.78)	1.13(0.78)	0.99(0.74)	0.00*	0.29	0.00*
Hyrax	16/DBCBT	2.01(0.80)	1.70(0.83)	1.80(0.88)	0.02*	0.80	0.05
Hyrax	16/LCBT	1.26(0.38)	1.42(0.39)	2.14(0.62)	0.14	0.00*	0.00*
Hyrax	26/MBCBT	1.68(0.70)	1.11(0.69)	0.91(0.63)	0.00*	0.13	0.00*
Hyrax	26/DBCBT	2.19(0.87)	1.64(0.78)	1.68(0.82)	0.00*	0.67	0.00*
Hyrax	26/LCBT	1.31(0.43)	1.45(0.39)	2.22(0.58)	0.16	0.00*	0.00*
Hyrax	14/BCBT	0.80(0.37)	0.31(0.35)	0.19(0.39)	0.00*	0.73	0.00*
Hyrax	14/LCBT	1.44(0.77)	1.45(0.65)	1.79(0.91)	0.91	0.29	0.27
Hyrax	24/BCBT	0.91(0.52)	0.50(0.53)	0.23(0.36)	0.01*	0.32	0.00*
Hyrax	24/LCBT	1.50(0.84)	1.50(0.65)	1.95(0.81)	0.95	0.03*	0.09

Group Haas: n = 15 (T1, T2 and T3); Group Hyrax: n=15 (T1 and T2) n=12 T3

n = number of individuals; SD = standard deviation; p value for t paired-test ($\alpha=95\%$).

MBCBT= cortical bone thickness of mesiobuccal root; DBCBT = cortical bone thickness of distobuccal root; LCBT = cortical bone thickness of lingual.

Table III. Comparison of bone thickness changes/variations (Δ) between Haas and Hyrax groups, after RME (T2-T1), after retention (T3-T2) and after retention in relation to baseline (T3-T1).

Variables	Haas	Hyrax	Mean	p
	Mean (SD)	Mean (SD)	difference	
Δ 16/MBCBT T2-T1	-0.45 (0.30)	-0.37(0.28)	-0.08	0.46
Δ 16/MBCBT T3-T1	-0.42(0.33)	-0.46(0.27)	0.04	0.74
Δ 16/MBCBT T3-T2	0.04(0.23)	-0.06(0.21)	0.09	0.24
Δ 16/DBCBT T2-T1	-0.27(0.41)	-0.31(0.49)	0.03	0.82
Δ 16/DBCBT T3-T1	-0.36(0.47)	-0.19 (0.30)	-0.17	0.29
Δ 16/DBCBT T3-T2	-0.08(0.54)	0.03 (0.41)	-0.11	0.54
Δ 16/LCBT T2-T1	0.05(0.46)	0.16(0.40)	-0.10	0.50
Δ 16/LCBT T3-T1	0.34(0.41)	0.88(0.68)	-0.54	0.01*
Δ 16/LCBT T3-T2	0.29(0.55)	0.74(0.57)	-0.45	0.04*
Δ 26/MBCBT T2-T1	-0.21(0.30)	-0.56(0.24)	0.34	0.00*
Δ 26/MBCBT T3-T1	-0.30(0.50)	-0.78(0.35)	0.48	0.01*
Δ 26/MBCBT T3-T2	-0.08(0.36)	-0.15(0.33)	0.07	0.63
Δ 26/DBCBT T2-T1	-0.27(0.53)	-0.54(0.39)	0.27	0.11
Δ 26/DBCBT T3-T1	-0.43(0.65)	-0.47(0.32)	0.04	0.86
Δ 26/DBCBT T3-T2	-0.16(0.38)	0.05(0.43)	-0.21	0.17
Δ 26/LCBT T2-T1	-0.05(0.39)	0.13(0.35)	-0.19	0.17
Δ 26/LCBT T3-T1	0.21(0.60)	0.94(0.65)	-0.73	0.00*
Δ 26/LCBT T3-T2	0.27(0.59)	0.80(0.85)	-0.53	0.06
Δ 14/BCBT T2-T1	-0.48(0.48)	-0.49(0.40)	0.01	0.95
Δ 14/BCBT T3-T1	-0.36(0.43)	-0.57(0.48)	0.21	0.23
Δ 14/BCBT T3-T2	0.11(0.39)	-0.03(0.34)	0.14	0.29
Δ 14/LCBT T2-T1	-0.17(0.40)	0.01(0.45)	-0.18	0.25
Δ 14/LCBT T3-T1	-0.12(0.47)	0.29(0.88)	-0.41	0.12
Δ 14/LCBT T3-T2	0.04(0.52)	0.23(0.74)	-0.19	0.43
Δ 24/BCBT T2-T1	-0.36 (0.28)	-0.40(0.38)	0.04	0.71
Δ 24/BCBT T3-T1	-0.18(0.37)	-0.62(0.47)	0.44	0.01*
Δ 24/BCBT T3-T2	0.17(0.36)	-0.15(0.52)	0.33	0.06
Δ 24/LCBT T2-T1	0.26(0.47)	0.00(0.59)	0.26	0.16
Δ 24/LCBT T3-T1	0.19(0.53)	0.43(0.80)	-0.24	0.36
Δ 24/LCBT T3-T2	-0.07(0.60)	0.42(0.61)	-0.50	0.04*

p value of t test for independent samples ($\alpha=95\%$).

n = number of individuals;

Group Haas: T1, T2 and T3 n=15

Group Hyrax: T1 and T2 n=15; T3 n=12

SD = standard deviation.

After active expansion, both groups 1 and 2 had a significant decrease in buccal bone thickness (Table II), but with no statistical differences when their results were compared, except for the buccal surface of the mesiobuccal root of tooth # 26 (Δ 26/MBCBT) (Table III).

During retention, there were significant changes in the thickness of the lingual cortical bone of the first molars and premolars in the Hyrax group. In the Haas group, there were no statistically significant differences in the same time interval (Table II).

The buccal bone thicknesses of the teeth under evaluation had negative values after 6 months (T3-T1), which suggests that they did not return to their baseline dimensions (Table III).

Table III shows the comparisons between groups and confirms that there were significant differences between expanders after retention for the lingual cortical bone of teeth # 16 and # 26 and for the mesiobuccal root of tooth # 26 and the buccal cortical bone of tooth # 24. The Hyrax group showed higher increase in lingual cortical bone thickness and higher decrease in buccal cortical bone thickness .

DISCUSSION

In this study, the samples in the Haas and Hyrax groups were similar, which made their comparison possible (Table I). The comparison of changes in the thickness of cortical bone of the anchorage teeth during active expansion (T2-T1) revealed that the Haas and Hyrax expanders led to a decrease in the thickness of buccal cortical bone and an slight increase in most lingual cortical bone (Table II).

This may be assigned to the compression over the buccal bone and the consequent bone resorption. In the lingual side of teeth, however, there was new bone formation due to the tension and stretching of periodontal fibers, as reported by Starnbach et al.⁵

The main change in buccal cortical bone after the active phase of RME was seen in the buccal surface of the mesiobuccal root of the left maxillary first molar (Δ 26/MBCBT) of the Hyrax group, and the mean difference between groups was 0.34 mm (Table III). The other variables of the buccal and lingual surfaces did not have any differences between expanders, which revealed that both produced similar results immediately after palatal expansion (T2). These results suggest that tooth-borne expanders do not expose patients to greater risk of buccal cortical bone loss immediately after the end of the activation time.

At the end of the treatment (T3-T1), there were statistically significant differences between the Haas and Hyrax groups for the Δ 26/MBCBT and Δ 24/BCBT variables (Table III). The use of the Hyrax expander led to greater reduction of the cortical bone thickness in the sites described above than the Haas expander (Table III). In 2006, Garib et al.¹⁰ did not find any statistical differences between the effects of these two expanders after a three-month retention time.

During retention, there were significant changes in the thickness of lingual cortical bone of the anchorage teeth from the Hyrax group (Table II), which revealed differences between groups, with the increase in thickness, particularly in the lingual cortical surface of roots of teeth # 16 and # 24 (Table III). As a final effect at the end of the treatment (T3-T1), the lingual cortical bone of the anchorage teeth, particularly in the first permanent molars, was thicker, and values were greater in the Hyrax group (Table III). These results indicated that

individuals treated with the Hyrax expanders had a greater amount of bone apposition and an increase of the lingual cortical bone thickness after full treatment time, which corroborates findings reported by Garib et al.¹⁰ and Ballanti et al.¹² The pressure applied by the acrylic pad of the Haas expander may stimulate bone resorption on the lingual surface of the alveolar process¹⁸. Using an experimental study model, Starnbach et al.⁵ found new bone formation in the lingual cortical bone after 3 months of palatal expansion and, after three months of retention, the tissue had not returned to normal, which is in agreement with our findings.

The analysis of individual behavior in the Haas and Hyrax groups immediately after RME, that is, in the T2-T1 interval, revealed a statistically significant decrease of all buccal cortical bone thicknesses of the anchorage teeth, except for the buccal bone of the distobuccal root of tooth # 26 in the Haas group, which had a decrease, although not statistically significant (Table II). Similar results were reported by Ballanti et al.,¹² who evaluated the behavior of Hyrax expanders after RME and found a greater bone resorption in the cortical bone of the mesiobuccal roots of the first permanent molars. However, cortical bone of premolars was not evaluated in their study. In the T2-T1 time interval, the lingual cortical bone did not show any significant changes, and, in the Haas group, it remained practically the same or had very little decreases from initial thicknesses. The only statistically significant increase, of 0.26 mm, was seen in the lingual surface of teeth # 24. In the Hyrax group, there was a little increase or no change in the lingual bone thickness immediately after RME (Table II), in agreement with the findings reported by Ballanti et al.¹²

During retention (T3-T2), there were significant changes in the lingual cortical bone in the Hyrax group (Table II). These findings suggest that, after palatal expansion, the Hyrax expander may continue inducing periodontal fiber stretching and new bone formation. In this period, the thickness of the lingual cortical bone in the Haas group slightly increased at some sites under investigation by decreased at others (Table II). The lingual cortical bone resorption in tooth # 24 in the Haas group increased gradually up to the end of the retention period, differing from other cortical bones, probably due to the overcompression exerted by acrylic on this cortical bone. Similar biological responses have already been reported in the literature.^{10,13} Findings suggest that, as the Hyrax expander is a tooth-borne appliance, lingual tissue may remain free of contact, which might favor blood flow and tissue regeneration.

After six months of retention following RME, results revealed that Group 1 (Haas) and Group 2 (Hyrax) had values lower than those obtained before the treatment (T1) for the cortical bone of buccal roots of the anchorage teeth, which demonstrates that there was no complete restoration of their thickness. The weakest sign of recovery was seen in the cortical bone of buccal roots of first premolars in the Hyrax group (Table II). The negative values shown in Table III related to the difference between T3 and T1 demonstrates that there was new bone formation, in an attempt to restore the initial thickness of cortical bone. The study conducted by Stanrnabach et al.⁵ had already found that, after a 3-month retention time following RME, cell metabolism still suggested activity to restore the normal pattern of dentoalveolar structures. Garib et al.,¹⁰ as well as Rungcharassaeng et al.,¹¹ found that there was more marked bone loss in the buccal cortical bone of premolars and molars after 3 months of retention than in

our study, which suggests that retention may have to be longer. The clinical importance of this study also lies on the fact that it investigated responses after 6 months of retention following RME, which ensured a longer time for the reorganization of periodontal tissues.

CONCLUSIONS

1. At the end of the retention time, the buccal cortical bone of the maxillary first permanent premolars and first permanent molars remained thinner than at baseline, which suggests that 6 months of retention was not sufficient for the restoration of original thicknesses.
2. After six months of retention, most buccal cortical bones had a similar behavior in both groups, except for 26/MBCBT and 24/BCT sites, which had a 0.48mm and a 0.44mm greater bone loss, respectively.
3. After six months of retention, the thickness of lingual cortical bones of permanent first molars showed greater increase in Hyrax group compared to the Haas group, with a statistically significant difference.
4. The two RME treatments, using Haas or Hyrax expanders, led to changes in the cortical bone of the anchorage teeth. The greatest loss of thickness in the buccal cortical bone of the buccal roots was found in the Haas group, whereas the greatest new bone formation in the lingual cortical bone of the lingual roots was found in the Hyrax group, particularly in the permanent first molars.

Acknowledgements

We thank the support that this study received from CAPES and FAPERJ.

REFERENCES

1. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod* 1965;35:200-217.
2. Steiner GG, Pearson JK, Ainamo J. Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys. *J Periodontol* 1981;52:314-320.
3. Wennström JL, Lindhe J, Sinclair F, Thilander B. Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. *J Clin Periodontol* 1987;14:121-129.
4. Fuhrmann R. Three-dimensional interpretation of periodontal lesions and remodeling during orthodontic treatment. Part III. *J Orofac Orthop* 1996;57:224-237.
5. Starnbach H, Bayne D, Cleall J, Subtelny JD. Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion. *Angle Orthod* 1966;36:152-164.
6. Engelking G, Zachrisson BU. Effects of incisor repositioning on monkey periodontium after expansion through the cortical plate. *Am J Orthod* 1982;82:23-32.
7. Evangelista K, Vasconcelos Kde F, Bumann A, Hirsch E, Nitka M, Silva MA. Dehiscence and fenestration in patients with Class I and Class II Division 1 malocclusion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:133.e1-7; discussion 133-135.
8. Wehrbein H, Bauer W, Diedrich P. Mandibular incisors, alveolar bone, and symphysis after orthodontic treatment. A retrospective study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1996;110:239-246.

9. Mostafa YA, El Sharaby FA, El Beialy AR. Do alveolar bone defects merit orthodontists' respect? *World J Orthod* 2009;10:16-20.
10. Garib DG, Henriques JF, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2006;129:749-758.
11. Rungcharassaeng K, Caruso JM, Kan JY, Kim J, Taylor G. Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2007;132:428.e1-8.
12. Ballanti F., Lione R, Fanucci E, Franchi L, Baccetti T, Cozza P. Immediate and post-retention effects of rapid maxillary expansion investigated by computed tomography in growing patients. *Angle Orthod* 2009;79:24-29.
13. Vanarsdall RL Jr. Transverse dimension and long-term stability. *Semin Orthod* 1999;5:171-180.
14. Baccetti T, Franchi L, McNamara Jr J. The cervical vertebral maturation (cvm) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Semin Orthod* 2005;11:119-129.
15. Cevidanes L, Oliveira AE, Motta A, Phillips C, Burke B, Tyndall D. Head orientation in CBCT-generated cephalograms. *Angle Orthod* 2009;79:971-7.
16. Proffit W, Fields Jr H. *Contemporary orthodontics*. St Louis: Mosby; 2000
17. Christie KF, Boucher N, Chung CH. Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;137:S79-85.

18. Haas AJ. Rapid palatal expansion: A recommended prerequisite to Class III treatment. Trans Eur Orthod Soc 1973;311-318.

5 DISCUSSÃO

Haas em 1961 (HAAS, 1961) publicou trabalhos relacionados aos efeitos da expansão rápida da maxila nos Estados Unidos da América os quais tornaram o método da disjunção palatina amplamente aceito na comunidade ortodôntica. Desde então, muitas pesquisas foram executadas, buscando respostas às dúvidas relacionadas aos efeitos ortopédicos e ortodônticos provocados por esse tratamento. Para isso, foram utilizadas radiografias cefalométricas frontais, laterais e modelos de estudo. Em 1982, Timms *et al.* (1982) revolucionaram a forma de obter informações sobre os efeitos do tratamento ortopédico para maxilas atônicas, recomendando, como método de estudo da expansão rápida da maxila, a tomografia computadorizada. Os primeiros estudos foram feitos em tomógrafos *multislices* para fins médicos, contudo, com o surgimento da tomografia computadorizada de feixe cônico (ARAI *et al.*, 1999), o acesso a essa modalidade de diagnóstico foi facilitado. A tomografia computadorizada de feixe cônico é uma técnica de obtenção de imagem multiplanar que permite a visualização de cortes bem como a reconstrução em 3D como a tomografia computadorizada médica, mas com doses de radiação ionizantes bem mais baixas (HATCHER e ABOUDARA, 2004; SCARFE *et al.*, 2006; BALLRICK *et al.*, 2008). Este meio de diagnóstico vem se tornando mais acessível e é um

excelente método para a pesquisa, porque elimina a superposição de imagens, característica nas radiografias, que propicia visualização em 2D.

Novas possibilidades surgiram na busca por respostas vinculadas aos efeitos da expansão rápida da maxila, após o advento da tomografia computadorizada de feixe cônico. No presente estudo, foi utilizado este método de avaliação devido à possibilidade de visualização das imagens sem a sobreposição de estruturas anatômicas que caracteriza os estudos em radiografias, sendo um exame adequado para examinar áreas craniofaciais; além de apresentar alta resolução; mínima distorção e nível baixo de radiação, quando comparado à tomografia computadorizada *multislice* (SCARFE *et al.*, 2006; DEVOS *et al.*, 2009).

Outro fator importante considerado, no caso da presente pesquisa, foi a disponibilidade e a acessibilidade aos programas criados para avaliação das imagens em DICOM, possibilitando também obtenção de radiografias a partir da imagem em 3D (MAH *et al.*, 2010). A TCCB é um método testado que proporciona confiabilidade e precisão quando adotado para medições de estruturas esqueléticas e dentárias (MISCH *et al.*, 2006; LOU *et al.*, 2007; LUND *et al.*, 2010; DAMSTRA *et al.*, 2011).

No estudo que ora se apresenta, foi estabelecido um número diferenciado de amostra em relação a outros trabalhos citados na literatura. De 35 indivíduos, três foram excluídos por apresentarem-se no estágio cervical 4 (quatro) de crescimento (BACCETTI *et al.*, 2005). A análise do estágio de crescimento foi realizada após a primeira captação da imagem tomográfica (T1). A partir desta imagem, foi extraída uma radiografia cefalométrica lateral para avaliar as vértebras, segundo o método preconizado por Baccetti, em 2005 (BACCETTI *et*

al., 2005). Dessa forma, foi definido o critério para avaliar o crescimento dos indivíduos participantes. O estudo foi prospectivo, considerando-se diferentes períodos para a análise. O tempo T2 foi identificado como período imediatamente após a expansão ativa, com a estabilização do parafuso. O tempo T3 foi avaliado ao final de seis meses de contenção. Não foi estabelecido um grupo controle devido às implicações éticas em escolher um grupo semelhante de indivíduos, submetê-lo a radiações sem, no entanto, receber o tratamento da maloclusão. Os pacientes foram distribuídos de forma randomizada entre os grupos Haas e Hyrax. Os aparelhos foram confeccionados pelo mesmo laboratório e seguiram um protocolo previamente estabelecido. A confecção do aparelho de Haas adotou o protocolo preconizado no seu estudo, em 1961 (HAAS, 1961). Para obtenção de ancoragem máxima, barras linguais e vestibulares foram colocadas tão próximas à margem gengival quanto possível e soldadas aos anéis que foram cimentados aos dentes de ancoragem. Estas barras foram contornadas de modo a apresentarem máxima adaptação aos dentes de suporte e segundos pré-molares superiores. A porção de acrílico ficou confinada à zona entre primeiros pré-molares e primeiros molares, com a finalidade de deixar livres os tecidos que não devem sofrer isquemia: rugas palatinas, tecidos gengivais e tecidos que sobrepõem a foramina alveolar posterior. Estes locais possuem suprimento sanguíneo abundante, que são importantes para manter as condições locais de reorganização dos tecidos. Segundo Haas, este sistema de ancoragem é fundamental, uma vez que quanto menor o deslocamento da ancoragem dental, maior a separação da maxila. No aparelho de Haas, as unidades de ancoragem são as paredes da abóboda palatina, os processos alveolares vestibulares, os dentes posteriores e as suas respectivas fibras periodontais (HAAS, 1970). No

aparelho tipo Hyrax, foram confeccionadas e soldadas barras às faces vestibulares dos primeiros pré-molares e primeiros molares superiores, com o objetivo de aumentar a ancoragem.

O tempo de ativação dos aparelhos expansores não foi previamente estabelecido, tendo sido definido o comportamento clínico para realizar a ativação do parafuso expensor até ocorrer a sobrecorreção (cúspides palatinas dos molares permanentes superiores tocando nas cúspides vestibulares dos permanentes molares inferiores). A amostra não apresentou diferenças estatísticas entre os grupos no baseline (T1), indicando, portanto, que eram similares e passíveis de comparação (Tabela I do artigo 1, página 46; Tabela II do artigo 2, página 68; e Tabela I do artigo 3, página 87).

Esta pesquisa clínica foi delineada para a avaliação de alterações esqueléticas, dentoalveolares e periodontais após a ERM. A análise esquelética incluiu a avaliação da sutura palatina mediana, a largura da fossa nasal e a largura maxilar óssea. A avaliação das estruturas dentoalveolares foi direcionada para a análise da largura maxilar alveolar e da largura dentária na região de primeiros pré-molares e primeiros molares superiores (nas regiões vestibular e palatina); a inclinação dentária e a angulação alveolar dos primeiros molares superiores permanentes, além do comportamento dos incisivos centrais superiores. A avaliação periodontal incluiu o estudo da espessura das corticais ósseas vestibulares e palatinas dos primeiros pré-molares e primeiros molares superiores.

Constatou-se que a abertura da sutura palatina mediana ocorreu ao final da fase ativa de expansão maxilar nos grupos Haas e Hyrax (Tabela III do artigo 1, página 49) sem diferenças estatísticas significantes entre ambos. O aumento da

largura maxilar óssea e da largura da fossa nasal, também aconteceram nesta fase do tratamento, permanecendo estes resultados após seis meses de contenção, sem diferenças estatísticas entre os grupos avaliados (Tabela IV do artigo 1, página 50). Outro efeito da abertura da sutura palatina mediana é o afastamento dos incisivos centrais permanentes superiores. Os resultados revelaram que o aparelho dento-muco suportado de Haas e o aparelho dento-suportado tipo Hyrax proporcionou abertura paralela da sutura palatina mediana nos sentidos ântero-posterior e vertical. Weissheimer *et al.* (2011) encontraram, em uma amostra mais jovem do que a utilizada no estudo aqui discutido, diferenças estatísticas entre os efeitos dos aparelhos Haas e Hyrax para a abertura da sutura palatina mediana, em avaliação no sentido ântero-posterior. A forma encontrada pelos autores foi de cunha nos dois grupos avaliados, sendo que a maior abertura encontrava-se direcionada para frente. Ballanti *et al.* (2010) verificaram que a abertura da sutura palatina mediana foi praticamente paralela no sentido vertical e triangular no sentido ântero-posterior em um grupo que utilizou aparelho tipo Hyrax. Podesser *et al.* (2007) e Christie *et al.* (2010) utilizando expansores com *split* em acrílico, encontraram abertura da sutura palatina mediana de forma paralela no sentido ântero-posterior.

No final da contenção (T3), a sutura palatina mediana de ambos os grupos ainda não estava completamente fechada (Tabela III do artigo 1, página 49). Os valores, no período, variaram de 0,54 a 0,80mm. Outros estudos evidenciaram valores diferentes àqueles encontrados no presente estudo, mostrando, através de densidade óssea ou mensurações em imagens obtidas da tomografia computadorizada *multislice*, que a sutura palatina mediana encontrava-se

praticamente com valores iguais aos iniciais, quando analisada após seis meses de contenção (LIONE *et al.*, 2008; FRANCHI *et al.*, 2010).

No final do tratamento (T3-T1), o aumento da largura da fossa nasal foi de 1,08mm para o grupo que utilizou Haas e 1,39mm para o grupo Hyrax. A largura maxilar esquelética também aumentou nos dois grupos: 1,28mm para o grupo Haas e 1,37mm para o grupo Hyrax. Estas diferenças entre os grupos não foram estatisticamente significantes. Os valores encontrados, neste estudo foram inferiores aos obtidos por Podesser *et al.* (2007), os quais registraram LFN=1,20mm e LME = 1,70mm, assim como nos estudos de Christie *et al.* (2010) (LFN=2,73mm LME = 3,33mm), Garret *et al.* (2008) (LFN=1,89mm), Garib *et al.* (LME = 2,4mm) e Baratieri *et al.* (LME = 1,95mm).

Após a abertura da sutura palatina, um dos aspectos clinicamente visíveis é a separação dos incisivos centrais permanentes. No presente estudo, houve separação dos mesmos em ambos os grupos após a expansão maxilar, sendo esta maior ao nível dos ápices radiculares e menor na altura da junção cimento-esmalte. Este aspecto permaneceu após seis meses de contenção, no entanto, com dimensões menores (Tabela II e IV do artigo 1, páginas 48 e 50, respectivamente). Os dados mencionados concordam com os achados de estudos cefalométricos (HAAS, 1961; CROSS e McDONALD, 2000) e tomográficos (BALLANTI *et al.*, 2010), os quais mencionam que as raízes dos incisivos superiores divergem mais do que suas respectivas coroas.

Alterações alveolares na maxila aconteceram como efeito da ERM. Imediatamente após a expansão, o comportamento da largura alveolar maxilar foi similar entre os grupos, na região de pré-molares e primeiros molares, tanto no lado vestibular como no lado palatino (Tabela IV do artigo 2, página 70). Após seis

meses de contenção, a largura alveolar maxilar, no lado vestibular, continuou sem diferenças estatísticas entre os grupos; entretanto, no lado palatino, o aumento da largura alveolar maxilar apresentou diferenças estatísticas entre os grupos na região de primeiros molares permanentes (Tabela IV do artigo 2, página 70). Esta diferença que apareceu durante o período de contenção expressa que o efeito do aparelho continua sobre as estruturas alveolares após a estabilização do parafuso. A grande modificação ocorreu no grupo Haas, em que, no período T3-T2, a distância entre os alvéolos palatinos do lado direito e esquerdo, na região dos primeiros molares, apresentou aumento de 1,51mm; enquanto, no grupo Hyrax, verificou-se diminuição de 0,15mm. Na região dos primeiros pré-molares, o comportamento foi similar (Tabela IV do artigo 2, página 70).

Comparando-se os resultados da largura alveolar maxilar e largura dentária maxilar no período T2-T1, observou-se que ocorreu maior expansão ao nível das coroas dentárias dos primeiros molares permanentes e dos primeiros pré-molares. Ao nível alveolar, a expansão foi menor (Tabelas III e IV do artigo 2, páginas 69 e 70, respectivamente). Esta característica de maior abertura dentária do que alveolar já havia sido descrita em estudos cefalométricos (CROSS e MCDONALD, 2000) e tomográficos (GARIB *et al.*, 2005; PODESSER *et al.*, 2007; GARRETT *et al.*, 2008; KARTALIAN *et al.*, 2010; LAGRAVERE *et al.*, 2010).

Os dentes de ancoragem inclinaram no sentido vestibular nos dois grupos, sem diferenças estatísticas entre os mesmos. Ocorreu maior afastamento das coroas do que dos ápices radiculares logo após a estabilização do parafuso expensor. Os primeiros molares permanentes tiveram aumento entre as raízes palatinas no grupo Haas de 0,90mm e no grupo Hyrax de 1,08mm,. No mesmo período, o afastamento dos ápices dos pré-molares foi bem maior, sendo de 2,48

mm no grupo Haas, e 3,58 mm no grupo Hyrax, sugerindo a sua menor inclinação ao final do T2. Durante o período de contenção (T3-T2), foi observado que o afastamento dos ápices das raízes dos primeiros molares no grupo Haas (2,16mm) e no Grupo Hyrax (2,10mm) continuou, refletindo em sua menor inclinação dentária em direção bucal neste momento. Na região de pré-molares, verificou-se, menor movimentação dos ápices radiculares para vestibular 1,20 mm no grupo Haas e 0,71mm no grupo Hyrax ,durante o período de contenção, pois, logo após a expansão nesta região os ápices já haviam tido afastamento considerável. (Tabela IV do artigo 2, página 70). Lagravère *et al.*, em 2010, encontraram maior afastamento dos ápices das raízes dos pré-molares do que nos molares nos períodos de pós-ativação e após seis meses de contenção, mas observaram maior afastamento das coroas dos molares do que dos pré-molares (5,51 mm para molares e 3,99 mm para os pré-molares). No presente estudo, a expansão dentária e a expansão alveolar foram maiores na região de primeiros pré-molares do que na região de primeiros molares, imediatamente após a ERM e após os seis meses de contenção (Tabelas III e IV do artigo 2, páginas 69 e 70, respectivamente). O padrão de maior expansão dentária e alveolar na região de pré-molares, após seis meses de contenção, permaneceu, sendo a diferença pequena de anterior para posterior (Tabelas III e IV do artigo 2, páginas 69 e 70, respectivamente). A menor diferença transversal encontrada, em nosso estudo, no sentido ântero-posterior, pode ser justificada pela utilização de barras vestibulares soldadas nas bandas dos primeiros pré-molares e primeiros molares. A ancoragem adicional tende a equilibrar a abertura no sentido ântero-posterior (BRAUN *et al.*, 2000). Haas descreveu que tal ancoragem proporcionaria maior abertura esquelética de modo uniforme e, conseqüentemente, das estruturas

dentoalveolares. Dessa forma, ressalta-se a importância da utilização das barras vestibulares na confecção dos aparelhos expansores. Garib *et al.* (2005), em seu estudo comparativo, após três meses de contenção, assim como Garret *et al.* (2008), avaliando o comportamento do aparelho tipo Hyrax após o mesmo período, encontraram leve aumento ao nível dentário e alveolar, de anterior para posterior.

Imediatamente após a expansão ativa, os dois grupos apresentaram aumento de inclinação dentária e angulação alveolar sem diferenças estatísticas entre os grupos (Tabela IV, página 70). Após os seis meses de contenção, no final do tratamento, a inclinação dos primeiros molares superiores diminuiu mostrando a tendência de retorno às suas inclinações originais, concordando, desse modo, com os achados de Baratieri *et al.* (2010). Após seis meses de contenção o aumento do ângulo alveolar tendeu a ficar mais próximo do valor alcançado após a expansão sem diferenças entre os grupos estudados (tabela IV , página 70) Tal dado sugere que os aparelhos expansores apresentam resultados similares. Garib *et al.* (2005), em 2005, ao comparar os resultados da ERM com aparelho tipo Haas e aparelho tipo Hyrax, constatou que, após três meses de contenção, a inclinação dos primeiros molares permanentes foi de $3,5^{\circ}$ no grupo Haas e de $3,2^{\circ}$ no grupo Hyrax, sem diferenças estatísticas entre ambos. Weissheimer *et al.* (2011), encontraram maior inclinação no grupo Haas imediatamente após a expansão rápida da maxila. Na literatura, há poucos estudos buscando respostas quanto aos efeitos das alterações dentoalveolares entre os aparelhos Haas e Hyrax (OLIVEIRA *et al.*, 2004; GARIB *et al.*, 2005; WEISSHEIMER *et al.*, 2011). De acordo com nossos achados, verificou-se que os expansores tipo Haas e Hyrax trabalham de forma similar e que o anteparo de

acrílico não evita inclinação dos dentes de suporte e do rebordo alveolar, o que ele proporciona é o aumento da distância alveolar palatina.

Ao comparar as modificações ocorridas nas espessuras das corticais ósseas dos dentes de suporte no período após a expansão (T2-T1), verificou-se que os aparelhos tipo Haas e tipo Hyrax provocaram diminuição da espessura das corticais ósseas vestibulares e aumento da espessura na maioria das corticais ósseas palatinas. A principal modificação deu-se nas corticais ósseas vestibulares, após a ERM, que foi constatada na face vestibular da raiz mesio-vestibular do primeiro molar superior esquerdo ($\Delta 26/ECOMV$), sendo a diferença média entre os grupos Haas e Hyrax de 0,34 mm (Tabela III do artigo 3, página 89). As demais variáveis referentes às faces palatinas e vestibulares não apresentaram diferenças entre os aparelhos, demonstrando que ambos produziram resultados semelhantes imediatamente após a expansão maxilar. Sendo assim, conclui-se que o aparelho dentossuportado não oferece maior risco à perda óssea vestibular logo após o término da ativação do parafuso. No entanto, observando-se o tempo integral de tratamento (T3-T1), apareceram diferenças com significância estatística, entre os grupos Haas e Hyrax, para as variáveis $\Delta 26/ECOMV$ e $\Delta 24/ECOV$ (Tabela III do artigo 3, página 89). O aparelho tipo Hyrax provocou maior diminuição da espessura da cortical óssea nos sítios supracitados em relação ao aparelho tipo Haas. Garib *et al.* (2006), em 2006, após o período de três meses de contenção, não encontrou diferenças estatísticas entre os efeitos de ambos os aparelhos expansores.

Em relação às corticais ósseas palatinas, foram evidenciadas diferenças expressivas entre os grupos que se achavam relacionadas ao aumento de sua espessura no intervalo de contenção (T3-T2), em especial, nas corticais das

raízes palatinas dos elementos 16 e 24 (Tabela III do artigo 3, página 89). Como efeito final, após o período total de tratamento (T3-T1), as espessuras das corticais ósseas palatinas dos dentes de suporte, especialmente nos primeiros molares permanentes, apresentaram os seus valores aumentados, sendo este maior no grupo Hyrax. Mesmo as variáveis que não demonstraram diferença estatística significativa devem ser consideradas do ponto de vista clínico, pois indicam que os indivíduos que utilizaram aparelho de Hyrax mostraram maior grau de aposição óssea e aumento da espessura das corticais palatinas, após o período completo de intervenção considerado neste estudo, corroborando os achados de Garib *et al.* (2006) e Ballanti *et al.* (2009). Os resultados evidenciados no estudo aqui apresentado podem sugerir que a pressão exercida pelo suporte de acrílico do aparelho tipo Haas estimule reabsorção óssea na face palatina do processo alveolar associado aos dentes de suporte (HAAS, 1973).

A expansão rápida da maxila envolve uma série de modificações nas estruturas esqueléticas, faciais e dentárias. As alterações, que ocorrem a partir das forças aplicadas no aparelho expensor, refletem na abertura da sutura palatina mediana e modificações nas estruturas adjacentes. O entendimento do que ocorre em todos os segmentos da face é importante para o planejamento do tratamento da maloclusão, visto que, em decorrência disto, o aproveitamento dos efeitos pode contribuir para a melhor resolução de problemas esqueléticos alveolares e dentários.

6 CONCLUSÃO

Após o término do estudo podemos concluir em relação à(s) :

6.1 Sutura palatina mediana

6.1.1 A abertura da sutura palatina mediana ocorreu nos dois grupos sem diferenças estatísticas entre eles abrindo de forma paralela no sentido vertical e no sentido ântero-posterior. Após seis meses de contenção foi possível observar que a sutura ainda não tinha fechado completamente;

6.2 Posição dos incisos centrais permanentes superiores

6.2.1 Após a expansão ativa os grupos apresentaram comportamento similar mostrando separação maior dos incisos centrais permanentes ao nível do ápice. A separação entre as coroas foi menor sem diferenças estatísticas entre os grupos..Ao final do período de contenção, as distâncias entre os ápices e as coroas diminuíram, mas sem retorno às posições originais.

6.3 Largura da fossa nasal

6.3.1 A largura da fossa nasal aumentou após a abertura da sutura palatina mediana, sendo esta largura estatisticamente significativa para ambos os

grupos avaliados e sem significância estatística entre eles. A largura da fossa nasal manteve-se após seis meses de contenção.

6.4 Largura maxilar esquelética

6.4.1 A largura maxilar esquelética aumentou após a abertura da sutura palatina mediana, sendo esta largura estatisticamente significativa para ambos os grupos avaliados e sem significância estatística entre eles. A largura da maxilar esquelética manteve-se após seis meses de contenção.

6.5 Largura alveolar maxilar

6.5.1 Após o período de pós-expansão ativa, a largura alveolar maxilar aumentou estatisticamente significativa no lado vestibular e palatino em ambos os grupos na altura dos primeiros molares permanentes e nos primeiros pré-molares permanentes, sem diferenças estatísticas entre os grupos.

6.5.2 No período de contenção e após a contenção houve aumento da distância alveolar palatina com diferenças estatísticas entre os grupos, sendo que no Haas, o aumento foi maior.

6.6 Largura maxilar dentaria

6.6.1 As coroas dos molares e dos pré-molares afastam mais do que os seus ápices, imediatamente após a expansão ativa, enquanto que, depois de seis meses de contenção, a distância entre os ápices das raízes palatinas aumentou e das coroas permaneceu praticamente igual, demonstrando a tendência de correção da inclinação dos molares e dos pré-molares após o período de contenção.

6.7 Angulação alveolar na região de primeiros molares permanentes superiores

6.7.1 Ambos os aparelhos provocaram alterações na angulação alveolar sem diferenças estatísticas entre os grupos após seis meses de contenção, portanto o resultado foi similar entre eles, mostrando que o apoio de acrílico não impede o aumento da inclinação das estruturas alveolares.

6.7.2 Para cada grupo isolado alterações significativas na variação do tempo T2xT1 ocorreram em relação à angulação alveolar;

6.8 Inclinação dos primeiros molares permanentes superiores:

6.8.1 Ambos os aparelhos provocam inclinações dentárias após a expansão rápida da maxila sem diferenças estatísticas entre os grupos. Após o período de contenção os dentes inclinados tendem a retornar às suas posições originais sem diferenças estatísticas entre os grupos.

6.9 Corticais ósseas vestibulares e palatinas de primeiros pré-molares e primeiros molares permanentes superiores

6.9.1 Ao final do período de contenção, as espessuras das corticais ósseas vestibulares de primeiros pré-molares e primeiros molares permanentes superiores continuaram menores do que no período inicial, indicando que seis meses de contenção não foram suficientes para restabelecer a sua espessura original.

6.9.2 As corticais ósseas palatinas dos respectivos dentes de suporte, no grupo Hyrax, apresentaram grande aumento de espessura durante o

período de contenção. No grupo Haas, as corticais ósseas palatinas mantiveram a sua espessura ao final do tratamento, com exceção da raiz palatina do dente 14, que mostrou diminuição.

6.9.3 Ambos os tratamentos de ERM, com aparelhos de Haas ou Hyrax, ocasionaram alterações nas corticais ósseas alveolares dos dentes de suporte. A maior perda de espessura nas corticais vestibulares das raízes vestibulares relacionou-se ao grupo Hyrax, e a maior deposição nas corticais palatinas das raízes palatinas dos respectivos dentes foi revelada também no grupo Hyrax.

7 RECOMENDAÇÕES

Estudos adicionais em tomografia computadorizada seriam interessantes em um período mais prolongado de pós-contenção para avaliar as características da abertura da sutura palatina mediana. Outro aspecto a ser considerado diz respeito aos diferentes pontos da fossa nasal para efetuar as mensurações, tais como: pontos mais altos, próximo à sutura frontonasal. Avaliações posteriores aos seis meses de contenção seriam indicadas para avaliar o posicionamento dos incisivos.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAI, Y. *et al.* Development of a compact computed tomographic apparatus for dental use. *Dentomaxillofac Radiol*, v. 28, n. 4, p. 245-248, Jul. 1999.

BACCETTI, T. *et al.* The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Semin Orthod*, v. 11, n. 3, p. 119-129, 2005.

BALLANTI, F. *et al.* Treatment and posttreatment skeletal effects of rapid maxillary expansion investigated with low-dose computed tomography in growing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 138, n. 3, p. 311-317, Sep. 2010.

BALLANTI, F. *et al.* Immediate and post-retention effects of rapid maxillary expansion investigated by computed tomography in growing patients. *Angle Orthod*, v. 79, n. 1, p. 24-29, Jan. 2009.

BALLRICK, J. W. *et al.* Image distortion and spatial resolution of a commercially available cone-beam computed tomography machine. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 134, n. 4, p. 573-582, Oct. 2008.

BARATIERI, C. *et al.* Efeitos transversais da expansão rápida da maxila em pacientes com maloclusão de Classe II: avaliação por Tomografia Computadorizada Cone-Beam. *Dental Press J Orthod*, v. 15, p. 89-97, 2010.

BIEDERMAN, W. A hygienic appliance for rapid expansion. *JPO J Pract Orthod*, v. 2, n. 2, p. 67-70, Feb. 1968.

BRAUN, S. *et al.* The biomechanics of rapid maxillary sutural expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 118, n. 3, p. 257-261, Sep. 2000.

CAVALCANTI, M. G. *et al.* Accurate linear measurements in the anterior maxilla using orthoradially reformatted spiral computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol*, v. 28, n. 3, p. 137-140, May. 1999.

CEVIDANES, L. *et al.* Head orientation in CBCT-generated cephalograms. *Angle Orthod*, v. 79, n. 5, p. 971-977, Sep. 2009.

CHRISTIE, K. F. *et al.* Effects of bonded rapid palatal expansion on the transverse dimensions of the maxilla: a cone-beam computed tomography study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 137, n. 4 Suppl, p. S79-85, Apr. 2010.

CROSS, D. L.; MCDONALD, J. P. Effect of rapid maxillary expansion on skeletal, dental, and nasal structures: a postero-anterior cephalometric study. *Eur J Orthod*, v. 22, n. 5, p. 519-528, Oct. 2000.

DA SILVA FILHO, O. G. *et al.* Evaluation of the midpalatal suture during rapid palatal expansion in children: a CT study. *J Clin Pediatr Dent*, v. 29, n. 3, p. 231-238, Spring. 2005.

DAMSTRA, J. *et al.* Comparison between two-dimensional and midsagittal three-dimensional cephalometric measurements of dry human skulls. *Br J Oral Maxillofac Surg*, v. 49, n. 5, p. 392-395, Jul. 2011.

DE VOS, W. *et al.* Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*, v. 38, n. 6, p. 609-625, Jun. 2009.

FARRET, M. M. *et al.* Relationship between malocclusion and fonioarticulatory disorders. *Int J Oral Myol*, v. 24, p. 20-26, 1998.

FRANCHI, L. *et al.* Modifications of midpalatal sutural density induced by rapid maxillary expansion: A low-dose computed-tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 137, n. 4, p. 486-488, 2010.

GARIB, D. G. *et al.* Rapid maxillary expansion--tooth tissue-borne versus tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation of dentoskeletal effects. *Angle Orthod*, v. 75, n. 4, p. 548-557, Jul. 2005.

GARIB, D. G. *et al.* Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: A computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 129, n. 6, p. 749-758, Jun. 2006.

GARRETT, B. J. *et al.* Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 134, n. 1, p. 8-9, Jul. 2008.

GREENBAUM, K. R.; ZACHRISSON, B. U. The effect of palatal expansion therapy on the periodontal supporting tissues. *Am J Orthod*, v. 81, n. 1, p. 12-21, Jan. 1982.

HAAS, A. J. Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod*, v. 31, n. 2, p. 73-90, 2011/07/31. 1961.

HAAS, A. J. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod*, v. 35, p. 200-217, Jul. 1965.

HAAS, A. J. Palatal expansion: just the beginning of dentofacial orthopedics. *Am J Orthod*, v. 57, n. 3, p. 219-255, Mar. 1970.

HAAS, A. J. Rapid palatal expansion: A recommended prerequisite to Class III treatment. *Trans Eur Orthod Soc*, p. 311-318, 1973.

HAAS, A. J. A biological approach to diagnosis, mechanics and treatment of vertical dysplasia. *Angle Orthod*, v. 50, n. 4, p. 279-300, Oct. 1980.

HATCHER, D. C.; ABOUDARA, C. L. Diagnosis goes digital. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 125, n. 4, p. 512-515, Apr. 2004.

KARTALIAN, A. *et al.* Cone-beam computerized tomography evaluation of the maxillary dentoskeletal complex after rapid palatal expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 138, n. 4, p. 486-492, Oct. 2010.

LAGRAVERE, M. O. *et al.* Transverse, vertical, and anteroposterior changes from bone-anchored maxillary expansion vs traditional rapid maxillary expansion: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 137, n. 3, p. 304 e301-312; discussion 304-305, Mar. 2010.

LIMA, A. L. *et al.* Long-term clinical outcome of rapid maxillary expansion as the only treatment performed in Class I malocclusion. *Angle Orthod*, v. 75, n. 3, p. 416-420, May. 2005.

LIONE, R. *et al.* Treatment and posttreatment skeletal effects of rapid maxillary expansion studied with low-dose computed tomography in growing subjects. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 134, n. 3, p. 389-392, Sep. 2008.

LOU, L. *et al.* Accuracy of measurements and reliability of landmark identification with computed tomography (CT) techniques in the maxillofacial area: a systematic review. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, v. 104, n. 3, p. 402-411, Sep. 2007.

LUND, H. *et al.* Cone beam computed tomography for assessment of root length and marginal bone level during orthodontic treatment. *Angle Orthod*, v. 80, n. 3, p. 466-473, May. 2010.

MAH, J. K. *et al.* Practical applications of cone-beam computed tomography in orthodontics. *J Am Dent Assoc*, v. 141 Suppl 3, p. 7S-13S, Oct. 2010.

MCNAMARA, J. A. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 117, n. 5, p. 567-570, May. 2000.

MELSEN, B. Palatal growth studied on human autopsy material. A histologic microradiographic study. *Am J Orthod*, v. 68, n. 1, p. 42-54, Jul. 1975.

MISCH, K. A. *et al.* Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements. *J Periodontol*, v. 77, n. 7, p. 1261-1266, Jul. 2006.

OLIVEIRA, N. L. *et al.* Three-dimensional assessment of morphologic changes of the maxilla: a comparison of 2 kinds of palatal expanders. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 126, n. 3, p. 354-362, Sep. 2004.

PARKS, E. T. Computed tomography applications for dentistry. *Dent Clin North Am*, v. 44, n. 2, p. 371-394, Apr. 2000.

PODESSER, B. *et al.* Quantitation of transverse maxillary dimensions using computed tomography: a methodological and reproducibility study. *Eur J Orthod*, v. 26, n. 2, p. 209-215, Apr. 2004.

PODESSER, B. *et al.* Evaluation of the effects of rapid maxillary expansion in growing children using computer tomography scanning: a pilot study. *Eur J Orthod*, v. 29, n. 1, p. 37-44, Feb. 2007.

RUNGCHARASSAENG, K. *et al.* Factors affecting buccal bone changes of maxillary posterior teeth after rapid maxillary expansion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 132, n. 4, p. 428 e421-428, Oct. 2007.

SCARFE, W. C. *et al.* Clinical applications of cone-beam computed tomography in dental practice. *J Can Dent Assoc*, v. 72, n. 1, p. 75-80, Feb. 2006.

STEINER, G. G. *et al.* Changes of the marginal periodontium as a result of labial tooth movement in monkeys. *J Periodontol*, v. 52, n. 6, p. 314-320, Jun. 1981.

TIMMS, D. J. *et al.* A computed tomographic assessment of maxillary movement induced by rapid expansion - a pilot study. *Eur J Orthod*, v. 4, n. 2, p. 123-127, May. 1982.

WEISSHEIMER, A. *et al.* Immediate effects of rapid maxillary expansion with Haas-type and hyrax-type expanders: a randomized clinical trial. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, v. 140, n. 3, p. 366-376, Sep. 2011.

WENNSTROM, J. L. *et al.* Some periodontal tissue reactions to orthodontic tooth movement in monkeys. *J Clin Periodontol*, v. 14, n. 3, p. 121-129, Mar. 1987.

WERTZ, R.; DRESKIN, M. Midpalatal suture opening: a normative study. *Am J Orthod*, v. 71, n. 4, p. 367-381, Apr. 1977.

9 ANEXOS

ANEXO I

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Faculdade de Odontologia

Departamento de Odontopediatria e Ortodontia

Você foi convidado a participar de um estudo que tem como título **Avaliação Longitudinal dos Efeitos da Expansão Rápida da Maxila por Meio de Tomografia Computadorizada Cone beam** e deve ficar à vontade para decidir se deseja ou não participar. Leia, cuidadosamente, o que segue e pergunte ao profissional responsável sobre qualquer dúvida que você possa ter.

Você, paciente, será submetido a exames de diagnóstico e procedimento terapêutico não invasivo, que oferece risco mínimo e visa a correção das alterações funcionais e esqueléticas decorrentes de atresia maxilar. Essa fase de tratamento deve ser executada durante o crescimento craniofacial.

O aparelho que você utilizará será do tipo fixo (não poderá ser removido) e deverá permanecer em boca por um período médio de 6 meses e, via de regra, não lhe causará ferimentos ou dores.

Para obtenção dos dados referentes ao tratamento você será submetido a:

- 3 (três) exames de Tomografia Computadorizada Cone beam, sendo: a inicial, realizada para estudo e planejamento do tratamento; a segunda, para avaliação dos resultados obtidos logo após a abertura do parafuso expensor e, a terceira será realizada (6) meses após a expansão maxilar quando será feita a remoção definitiva do aparelho.

- set fotográfico registrando cada fase do tratamento e,
- modelos de estudo para registro.

Na fase de tratamento o paciente e o seu responsável receberão instruções e informações sobre higienização, forma de ativação do aparelho e o período que deverão retornar para as consultas de controle.

Todos os procedimentos clínicos serão realizados na Clínica do Programa de Pós-graduação Odontologia - (área de concentração em Ortodontia) da FO-UFRJ, exceto as tomografias, as quais serão realizadas na Radiologia

Odontológica Doutor Murilo Torres (Visc. Pirajá, 303, An 5 SI 510, Ipanema, RJ, 22410-001- Fone: (21) 2247-0189/ 3579-8250/3042-4808).

Durante a fase de seu tratamento (período em que o aparelho expansor permanecer na boca) não haverá custos financeiros. Os exames tomográficos, set fotográfico e modelos de estudo necessários para este estudo serão gratuitos.

A presente pesquisa será desenvolvida pelos alunos de doutorado do Programa de Pós-graduação Odontologia - (área de concentração em Ortodontia) da FO-UFRJ, José Columbano Neto (josecolumbano@uol.com.br), Estela Maris Jurach (estelajurach@hotmail.com) e Camilo de Aquino Melgaço (camiloaquino@ig.com.br) sob orientação dos Prof. Dr. Eduardo Franzotti Sant'Anna (eduardo.franzotti@gmail.com), Prof^a. Matilde da Cunha Gonçalves Nojima (matildenojima@uol.com.br) e Prof. Lincoln Issamu Nojima (linojima@gmail.com). Após a conclusão do estudo, os resultados estarão à disposição dos interessados na biblioteca do CCS – Centro de Ciências da Saúde. Para qualquer esclarecimento, colocamo-nos à disposição no Departamento de Odontopediatria e Ortodontia da UFRJ pelos telefones (21) 2590-2727, 2590-9771 ou através dos e-mail acima citados.

Diante do exposto acima eu, _____, responsável legal por _____, li e compreendi a natureza e objetivo do estudo para o qual fui convidado (a) a participar. Concordo, voluntariamente, em participar deste estudo, tendo sido esclarecido sobre todas as etapas e riscos do tratamento. Concordo que toda a documentação e exames complementares solicitados, como: prontuários, fotos, modelos de estudo, exames tomográficos e laudos possam ser utilizados para fins de publicações científicas, salvo o meu direito de não identificação. Fica esclarecido que sou livre para interromper a minha participação no estudo a qualquer momento, sem justificar minha decisão.

Declaro que, após ter sido convenientemente esclarecido pelo pesquisador, consinto em participar na amostragem do projeto de pesquisa em questão, por livre vontade sem que tenha sido submetido a qualquer tipo de pressão.

Rio de Janeiro _____ de _____ de 2009.

Assinatura do voluntário da pesquisa

Assinatura do responsável pelo voluntário da pesquisa

Assinatura do pesquisador(es) (carimbo ou nome legível).

Assinatura do pesquisador(es) (carimbo ou nome legível).

Caso você tenha dificuldade em entrar em contato com o pesquisador responsável, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) – IESC, tel.: (21) 2598-9328.

Data da elaboração do TCLE: 30/09/2009

ANEXO II

Parecer da aprovação do projeto pelo Comitê de ética da UFRJ.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE ESTUDOS DE SAÚDE COLETIVA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

PARECER Nº35/2010
PROCESSO Nº62/2009

Projeto de Pesquisa: Avaliação longitudinal dos efeitos da expansão da maxila de tomografia computadorizada Cone beam.

Pesquisador: Matilde da Cunha Gonçalves Nojima.

O Comitê de Ética em Pesquisa, tendo em vista o que dispõe a Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, resolve APROVAR o presente projeto.

Informamos que o CEP está à disposição do pesquisador para quaisquer esclarecimento ou orientação que se façam necessários no decorrer da pesquisa.

Lembramos que o pesquisador deverá apresentar relatório da pesquisa no prazo de um ano a partir desta data.

Cidade Universitária, 05 de maio de 2010.


Marisa Palácios
Coordenadora CEP/NESC

Instituto de Estudos de Saúde Coletiva-CCS/UFRJ
Praça Jorge Machado Moreira, 100 - Cidade Universitária
Ilha do Fundão - Rio de Janeiro - RJ
CEP: 21.941-598 - Rio de Janeiro -
Tel:(021) 2598 9328 Tel/Fax:(021) 2270 0097
e-mail: cep@nesc.ufrj.br

ANEXO III

TABELA DE CONTROLE DAS ATIVAÇÕES

NOME DO PACIENTE: _____

RESPONSÁVEL:_____

[illegible]