

# Avaliação 3D das vias aéreas superiores

Wendel Shibasaki<sup>1</sup>  
Marlos Loiola<sup>2</sup>  
Vanessa Dias<sup>3</sup>  
Flavio Cotrim<sup>4</sup>

## RESUMO

Os primeiros estudos relacionando alterações da função respiratória e o crescimento craniofacial datam do século XIX. As estruturas da orofaringe e nasofaringe são apresentadas como importantes no crescimento e no desenvolvimento orodental, e demonstram relação entre vários padrões de má-oclusão e variações no tamanho e na forma da via aérea orofaríngea, causada pela orientação do palato e/ou posição da língua. Os métodos até então utilizados para análise dessas estruturas se baseiam em radiografias tradicionais, que possuem severas limitações como a sobreposição das imagens, distorções, dificuldades de identificação dos marcos, devido às diferenças de ampliação e impossibilidade de avaliação volumétrica. A capacidade de realizar medições precisas de várias áreas transversais, reconstruções tridimensionais (3D) e medições volumétricas das vias aéreas superiores são algumas das vantagens da tecnologia da tomografia computadorizada (TC). O objetivo deste artigo foi revisar a literatura científica recente sobre a análise tridimensional e volumétrica das vias aéreas superiores, e sua utilização na prática clínica. Muitos estudos mostram a precisão e a confiabilidade das mensurações das vias aéreas através de imagens volumétricas digitais da tomografia computadorizada de feixe cônico, o que faz dessa metodologia um importante avanço no diagnóstico das condições de anormalidade das estruturas da orofaringe e nasofaringe.

**Unitermos** – Tomografia computadorizada de feixe cônico; Faringe; Vias aéreas.

## ABSTRACT

The early studies linking respiratory function changes and craniofacial growth dating to the nineteenth century. The nasopharynx and oropharynx structures are presented as important in orodental growth and development and show the relationship between various malocclusion patterns and variations in the size and shape of the oropharyngeal airway caused by the orientation of the palate and/or tongue position. The methods until then used for analysis of these structures are based on traditional radiographs which have severe limitations as the overlay of images, distortions, difficulties in identifying landmarks due to differences in expansion and impossibility of volumetric evaluation. The ability to make accurate measurements of various cross-sectional areas, three-dimensional reconstructions (3D) and volumetric measurements of the upper airway are some of the advantages of computed tomography (CT) technology. The purpose of this article was to review the recent literature on the three-dimensional volumetric analysis and upper airway and its use in clinical practice. Many studies show the accuracy and reliability of measurements of the airways by digital volumetric imaging of cone beam computed tomography, which makes this methodology an important advance in the diagnosis of abnormal conditions of the structures of the oropharynx and nasopharynx.

**Key words** – Cone beam computed tomography; Pharynx; Airways.

<sup>1</sup>Mestre em Ortodontia – Unicid; Professor do Curso de Especialização em Ortodontia – Funorte/lappem-BA; Especialista em Ortodontia – Cebeo/BA.

<sup>2</sup>Mestre em Ortodontia – Unicid; Coordenador dos Cursos de Especialização em Ortodontia – Instituto Lumier/Famosp e do Funorte/lappem-BA; Especialista em Ortodontia – Cebeo/BA; Membro da Sociedade Brasileira de Pesquisa Odontológica – SBPQQ.

<sup>3</sup>Aluna do Curso de Especialização em Ortodontia – Funorte/lappem-BA.

<sup>4</sup>Mestre em Ortodontia – Faculdade de Odontologia da USP; Doutor em Diagnóstico Bucal – Faculdade de Odontologia da USP; Professor associado dos Cursos de Especialização e Mestrado em Ortodontia – Instituto Vellini; Editor científico – Revista OrtodontiaSPO.

Introdução

A relação entre a morfologia craniofacial e a função respiratória tem sido investigada desde o século XIX<sup>1</sup>. A correlação dos problemas nas vias aéreas e seus impactos causados durante o crescimento e desenvolvimento das estruturas que compõem o osso maxilar foram discutidos já na segunda década do século XX pelo médico norte-americano Dr. Wright. Em suas publicações na Dental Cosmos, ele noticiou o desenvolvimento de um instrumento que mensurava as obstruções nasais causadas pela hipertrofia dos cornetos e o correlacionou com a forma dos arcos dentários superiores, concluindo em seus estudos clínicos uma forte relação entre a causa e o efeito<sup>2,3</sup> (Figura 1).

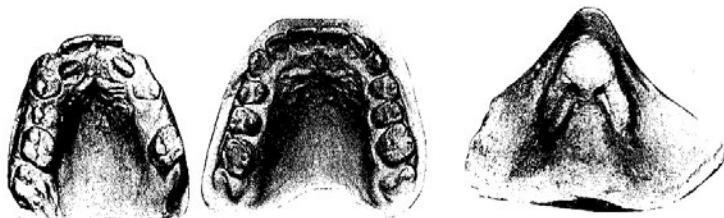
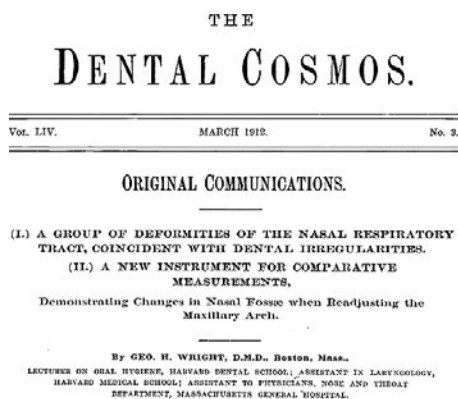


Figura 1

Mensuração das vias aéreas e sua correlação com os arcos maxilares.

A via aérea superior sempre foi uma área de interesse de diversos estudos, pois as estruturas da orofaringe e nasofaringe desempenham um papel importante no crescimento e no desenvolvimento do complexo craniofacial e orodental<sup>4</sup>. No entanto, a maioria dos estudos baseados em imagens que buscam avaliar as vias aéreas era, e ainda é, realizada com radiografias bidimensionais (2D), fornecendo dados limitados (lineares e angulares) para uma estrutura tão complexa em uma perspectiva tridimensional (3D)<sup>5</sup>.

Novas tecnologias têm possibilitado o mapeamento e a quantificação da morfologia facial, desde as cefalometrias de Bolton-Broadbent<sup>6</sup>. Esse método tem sido utilizado para quantificar os tecidos moles e duros em diversos estudos<sup>6-7</sup>. No entanto, muitos problemas têm sido relatados quanto à representação bidimensional das estruturas e à consequente sobreposição das imagens, além de possuírem severas limitações, como distorções, dificuldades de identificação dos marcos, devido às diferenças de ampliação, e impossibilidade de avaliação volumétrica<sup>1</sup>.

Com a introdução da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), as principais desvantagens dos dispositivos de TC convencionais, tais como elevada dose de radiação e tempos de exposição mais longos, foram eliminadas. Apesar da ressonância magnética funcionar sem a necessidade de radiação ionizante, uma RMN requer significativamente mais tempo de funcionamento, o que resulta na diminuição da qualidade da imagem das vias respiratórias, devido aos artefatos do movimento<sup>4</sup>.

A capacidade de realizar medições transversais precisas, reconstruções tridimensionais (3D) e medições volumétricas das vias aéreas superiores é uma das vantagens da tecnologia da tomografia computadorizada (TC), quando comparada com as técnicas cefalométricas clássicas.

O objetivo deste artigo foi revisar a literatura científica recente sobre a análise tridimensional e volumétrica das vias aéreas superiores, e sua utilização na prática clínica.

As vias aéreas

A via aérea faríngea (AF) é composta de três partes: nasofaringe, orofaringe e hipofaringe. A via aérea da nasofaringe (AN) é um tubo em forma de cone, constituído por músculos e mucosa. Ele inclui a adenoide, uma complexa rede de tecido linfático localizado na região posterior. Nas crianças em crescimento, fatores predisponentes, infecções repetidas ou inflamação geralmente levam à hipertrofia da adenoide e constrição das vias aéreas posteriores. A via aérea orofaríngea (AO) situa-se entre o palato mole e o osso hioide. Muitos estudos têm demonstrado uma relação entre vários padrões de má-oclusão e variações no tamanho e na forma da via aérea orofaríngea, causadas pela orientação do palato e/ou posição da língua<sup>8</sup>.

O conhecimento da morfologia e funcionamento das estruturas esqueléticas e de tecido mole que compõem o espaço aéreo superior é essencial para compreender a fisiologia e a patogênese de sua obstrução. No entanto, sua avaliação é complexa, uma vez que sua localização não permite visualização direta<sup>9</sup>.

### Tomografia computadorizada de feixe cônico

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) fornece imagens em 3D reconstruídas a partir de múltiplas imagens de projeção planar sequenciais. É possível visualizar locais de interesse, ajustando a orientação da imagem e de rotação. TCFC possui diferentes intensidades de nível cinza, que permitem a visualização de tecidos moles, assim como de tecidos duros com diferentes densidades. Também permite a visualização de estruturas anatômicas internas, tais como as vias aéreas, de forma independente, eliminando estruturas externas. Além disso, a TCFC permite análises lineares, angulares e planas, bem como análise volumétrica<sup>8</sup>.

Para visualizar uma varredura TCFC, é necessário utilizar um *software viewer*, que seja capaz de processar os dados contidos nos arquivos Dicom (Digital Imaging Communications in Medicine). Esse é o formato de arquivo padrão e universal, utilizado em exames imagiológicos tridimensionais médicos, o qual permite a visualização, a medição, a segmentação e a análise completa de uma varredura TCFC<sup>5</sup>.

### TCFC na avaliação das vias aéreas

Além da anatomia do tecido mole e esquelético, o espaço aéreo depende de algumas variáveis dinâmicas, como volume pulmonar, pressão intraluminal e extraluminal, tonicidade muscular e posição da cabeça. O espaço aéreo faríngeo parece sofrer influência de mudanças na posição da cabeça. Tanto o palato mole quanto a língua são estruturas compostas por tecido mole, sem suporte rígido, sendo consideravelmente afetadas pelas forças gravitacionais. Portanto, em tomografias e em outros exames obtidos na posição supina, essas estruturas deslocam-se posteriormente em direção à parede posterior da faringe, ocasionando alterações nas medidas dimensionais do espaço aéreo superior<sup>9</sup>.

Observa-se também que o tamanho e a morfologia do espaço aéreo podem variar durante a inspiração e a expiração. O tempo de aquisição dos exames tomográficos gira em torno de 20 a 40 segundos, muito longo para que o indivíduo possa controlar os movimentos respiratórios. Espera-se que, em um futuro próximo, o tempo de aquisição da TCFC seja menor, de maneira a evitar que a movimentação indesejada do paciente durante a aquisição (movimentos respiratórios, deglutição e movimentos involuntários), e que desta forma o resultado do exame seja alterado<sup>9</sup>.

A segmentação das vias aéreas pode ser conseguida de forma manual ou automática, através da utilização de *softwares*. A segmentação manual parece ser o método mais preciso e

permite o maior controle do operador. Conseqüentemente, é significativamente mais demorada porque requer o operador para delinear os limites das vias aéreas em cada corte bidimensional e, em seguida, transformar os dados em um volume (3D). A segmentação automática, por outro lado, pode reduzir drasticamente o tempo de segmentação. A segmentação 3D automática ou semiautomática das vias aéreas superiores pode ser muito desafiadora, especialmente em função da complexa anatomia das vias aéreas, estreitas e tortuosas nas regiões das conchas nasais e meatos<sup>10</sup> (Figuras 2 e 3).

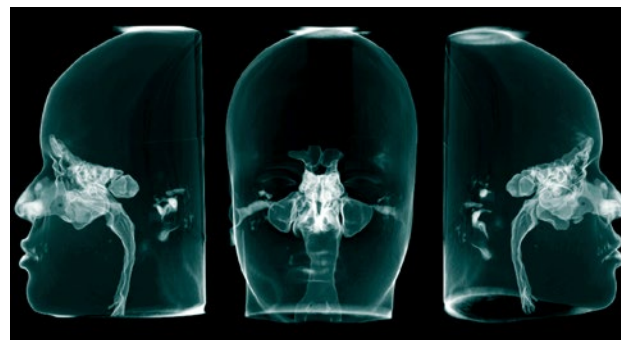


Figura 2  
Anatomia das vias aéreas superiores.

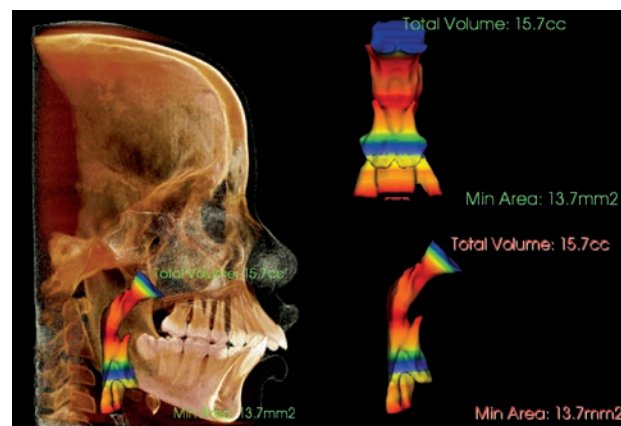


Figura 3  
Segmentação automática das vias aéreas superiores.

### A apneia obstrutiva do sono e a avaliação 3D

A apneia obstrutiva do sono (AOS) pode ser definida como uma cessação da respiração durante o sono por causa de uma obstrução mecânica, como um retroposicionamento da língua, uma grande quantidade de tecido nas vias aéreas superiores, ou mesmo uma traqueia parcialmente em colapso. Independentemente da etiologia, a identificação da área de obstrução das vias aéreas tem sido um desafio<sup>11</sup>.

A imagem cefalométrica bidimensional tem sido usada para avaliar as diferenças anatômicas em pacientes com AOS por mais de 15 anos. Uma grande desvantagem da cefalometria é a realização da imagem em uma postura ereta, que não é uma posição natural para dormir em relação à posição supina. Uma vista cefalométrica lateral da via aérea não aprecia sua forma tridimensional, uma vez que não é possível captar a largura da via aérea<sup>12</sup>.

Aparelhos de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) foram disponibilizados para gerar imagens craniofaciais desde 2001 nos Estados Unidos. Seu tamanho compacto e dosagem de radiação relativamente baixa permitem a digitalização das imagens, contribuindo para superar os desafios previamente estabelecidos de forma eficaz e eficiente. O volume resultante de dados digitais pode ser manipulado, permitindo que as imagens tridimensionais (3D) possam ser giradas em três eixos, passíveis de serem contrastadas seletivamente, enfatizadas ou reduzidas para visualizar certas estruturas anatômicas, tais como as vias respiratórias<sup>13</sup>.

### | Discussão

A resistência do fluxo de ar parece estar relacionada com o tamanho e a forma das vias aéreas. Então, se a via aérea tem um grande volume, mas apresenta uma constricção, isto pode afetar muito a respiração. Teste de fluxo de ar, exame nasofibrocópio, medidas da resistência nasal e cefalogramas laterais são usados no diagnóstico de obstrução nasal<sup>14</sup>. Telerradiografias em particular têm sido uma ferramenta muito útil por causa de sua simplicidade, baixo custo e reprodutibilidade. Por outro lado, uma vez que as crianças crescem e apresentam vários tamanhos e formas das vias aéreas, ocorrem variações significativas nas medições volumétricas dessas vias. Assim, apesar da utilidade de cefalogramas laterais para medir a área e a dimensão de estruturas simples, como a adenoide, existem limitações quando estruturas 3D mais complexas são avaliadas, tais como a via aérea faríngea. Cefalogramas laterais não permitem a visualização das estruturas mais profundas, como as áreas retroglóssal ou retropalatal, ou a detecção de volumes reduzidos das vias aéreas e variações derivadas dos tipos de formas<sup>8</sup>.

Utilizando-se de um simulador equivalente a tecidos moles para avaliar a confiabilidade e a precisão do TCFC em medir os valores de densidade do ar, da água e dos tecidos moles, concluiu-se que a medição do espaço aéreo rodeado por tecidos moles foi bastante precisa, e que o volume da via aérea adquirida de TCFC é quase uma representação de um para um do volume real<sup>13</sup>.

Ainda para avaliar a precisão e a confiabilidade das medições das vias aéreas através de imagens volumétricas digitais da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), em comparação com as medições manuais de um modelo de vias aéreas, foi construído um modelo das vias aéreas de acrílico e anexado em um crânio humano seco na posição natural da passagem das vias aéreas. Os volumes totais e internos das vias aéreas, bem como a área das vias aéreas mais constrictas, foram medidos manualmente no modelo, e submetidos também a tomadas de exames tomográficos. As imagens de TCFC foram analisadas utilizando o *software* Dolphin3D (Dolphin Imaging & Management solutions, Chatsworth, Califórnia, EUA). Neste estudo não houve diferença estatística significativa entre o volume total da via aérea interna e da área das vias aéreas mais constrictas medidas e submetidas aos exames tomográficos, em comparação com as medições manuais. Os resultados desta pesquisa sugerem que as medições digitais volumétricas realizadas em TCFC tridimensionais das vias aéreas e das zonas mais estreitas da via respiratória são confiáveis e precisas. E que o uso de imagens de TCFC para a avaliação das vias aéreas podem fornecer informações clinicamente úteis em Ortodontia<sup>10</sup>.

Com o objetivo de avaliar a precisão das medições das vias aéreas a partir de telerradiografias em norma lateral, reconstruções laterais da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) e planos axiais da TCFC, bem como correlacionar estes achados com as mensurações de área nos cortes axiais, marcos foram definidos para as mensurações da naso e orofaringe em 30 pacientes (12 do sexo masculino e 18 do sexo feminino, com idade média de 17,5 anos), para os diferentes planos. Foram usadas medidas anteroposteriores lineares e da área correspondente. As medidas lineares do espaço aéreo, obtidas utilizando as diferentes técnicas, estão positivamente correlacionadas com as respectivas medidas de área, o que demonstra a confiabilidade das técnicas estudadas. Os resultados indicam que medidas lineares das vias aéreas são confiáveis, tanto para a telerradiografia lateral quanto para a reconstrução da TCFC, já que há uma correlação positiva com as respectivas medidas de área em cortes axiais<sup>15</sup>.

Uma pesquisa foi realizada com o intuito de avaliar as diferenças na forma e no volume das vias aéreas entre os indivíduos com diferentes padrões faciais. Exames com tomografia computadorizada de feixe cônico em 62 pacientes sem crescimento foram utilizados para avaliar o volume aéreo faríngeo (superiores e inferiores) e sua forma. Isso foi feito por meio de modelos virtuais de superfície em 3D para calcular

volumes das vias aéreas em vez de estimativas baseadas em medições lineares. Subgrupos da amostra foram determinadas por relações maxilares proporcionais anteroposteriores e verticais. Houve uma relação estatisticamente significativa entre o volume da porção inferior da via aérea e o relacionamento anteroposterior da mandíbula, e entre o volume das vias aéreas e o tamanho do rosto ou sexo. Não foram encontradas diferenças nos volumes das vias aéreas relacionadas a proporções faciais verticais. Pacientes Classe II esquelética muitas vezes possuíam uma tendência à inclinação anterior das vias aéreas, enquanto que os pacientes Classe III esquelética tiveram uma via aérea mais orientada verticalmente<sup>16</sup>.

No entanto, quando comparados pacientes com padrão esquelético sagital normal e diferentes padrões esqueléticos verticais (padrões de ângulo alto e baixo) com um grupo controle (ângulo normal), usando a análise 3D em TCFC e avaliando os volumes aéreo faríngeo, observou-se que o volume das vias aéreas nasofaríngeas foi significativamente menor nos indivíduos com ângulos altos; o volume das vias aéreas orofaríngeas foi maior no grupo de ângulo baixo e diminuía na medida em que aumentava o ângulo, assim como o volume total das vias aéreas<sup>16</sup>. Pôde-se concluir, com base no estudo, que selecionando indivíduos sem discrepância esquelética e dentária anteroposterior (classe I esquelética e dentária), a altura da face era relacionada com o volume das vias aéreas. Quanto maior a altura facial anterior, menor o volume das vias aéreas.

Utilizando-se de um simulador equivalente a tecidos moles para avaliar a confiabilidade e a precisão do TCFC em medir os valores de densidade do ar, da água e dos tecidos moles, concluiu-se que a medição do espaço aéreo rodeado por tecidos moles

foi bastante precisa, e que o volume da via aérea adquirida de TCFC é quase uma representação de um para um do volume real.

## Conclusão

A tomografia computadorizada de feixe cônico é um recurso na área da radiologia odontológica que possibilita uma avaliação tridimensional de estruturas anatômicas complexas, como as vias aéreas superiores. Os *softwares* vêm sendo desenvolvidos e possibilitam realizar mensurações lineares e angulares, além de processarem e analisarem volumetricamente estas estruturas através da segmentação e quantificação dos *voxels* ali contidos, podendo também sobrepor as superfícies de pacientes pré e pós-tratamento.

Por ser um recurso contemporâneo, diversos estudos e protocolos vêm sendo desenvolvidos, muitos deles voltados para o entendimento das causas e efeitos que as alterações respiratórias possam gerar nas estruturas esqueléticas, dentárias e tegumentares.

Muitos estudos mostram a precisão e a confiabilidade das mensurações das vias aéreas através de imagens volumétricas digitais da tomografia computadorizada de feixe cônico, o que faz dessa metodologia um importante avanço no diagnóstico das condições de anormalidade das estruturas da orofaringe e nasofaringe, aprimorando os planejamentos tanto na Ortodontia como na Cirurgia bucomaxilofacial.

### Endereço para correspondência

**Marlos Eurípedes de Andrade Loiola**

Av. ACM, 1.034 – Ed. Pituba Parque Center – Sala 346 – Ala A – Pituba  
41858-900 – Salvador – BA  
marlosloiola@gmail.com

### Referências

- Celikoglu M, Bayram M, Sekerci AE, Buyuk SK. Comparison of pharyngeal airway volume among different vertical skeletal patterns: A cone-beam computed tomography study. *Angle Orthod*; 2014.
- Wright GH. A study of the maxillary sutures. *Dental Cosmos* 1911;53:633-42.
- Wright GH. I. A Group of Deformities of the Nasal Respiratory Tract, Coincident With Dental Irregularities. *Dental Cosmos*.1912;54:261 Wright GH. II. A New Instrument for Comparative Measurements. *Dental Cosmos* 1912;54:261.
- Valiathana M, Elb H, Hansc MG, Palomod MJ. Effects of extraction versus non-extraction treatment on airway volume. *Angle Orthod* 2010;80:1068-74.
- El H, Palomo JM. Three-dimensional evaluation of upper airway following rapid maxillary expansion: A CBCT study. *Angle Orthod* 2014;84:265-73.
- Upadhyay M, Yadav S, Nagaraj K, Uribe F, Nanda R. Mini-implants vs fixed functional appliances for treatment of young adult Class II female patients. *Angle Orthod* 2012;82(2):294-303.
- Altug Z, Arslan AD. A mini-maxillary protractor for Class III correction. *J Clin Orthod* 2005;39(9):522-31.
- Oh KM et al. Three-dimensional analysis of pharyngeal airway form in children with anteroposterior facial patterns. *Angle Orthod* 2011;81:1075-82.
- Zinsly SDR, de Moraes LC, de Moura P, Ursi W. Avaliação do espaço aéreo faríngeo por meio da tomografia computadorizada de feixe cônico. *Dental Press J. Orthod* 2010;15(5):150-8.
- Ghoneima A, Katherine K. Accuracy and reliability of cone-beam computed tomography for airway volume analysis. *European Journal of Orthodontics* 2013;35:256-61.
- Enciso R, Nguyen M, Shigeta Y, Ogawa T, Clark GT. Comparison of cbct parameters and sleep questionnaires in sleep apnea patients and controls. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2010;109(2):285-93.
- McCrillis JM, Haskell J, Haskell BS, Brammer M, Chenin D, Scarfe WC, Farman AG. Obstructive Sleep Apnea and the Use of Cone Beam Computed Tomography in Airway Imaging: A Review. *Semin Orthod* 2009;15:63-9.
- Yamashina A, Tanimoto K, Sutthiprapaporn P, Hayakawa Y. The reliability of computed tomography (CT) values and dimensional measurements of the oropharyngeal region using cone beam CT: comparison with multidetector CT. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:245-51.
- Aboudara CA, Hatcher D, Nielsen IL, Miller A. A three-dimensional evaluation of the upper airway in adolescents. *Orthod Craniofac Res* 2003;6 Suppl 1:173-5.
- Vizzotto MB, Liedke GS, Delamare EL, Silveira HD, Dutra V, Silveira HE. A comparative study of lateral cephalograms and cone-beam computed tomographic images in upper airway assessment. *European Journal of Orthodontics* 2012;34:390-3.
- Grauer D, Cevidanis LSH, Styner MA, Ackerman JL, Proffit WR. Pharyngeal airway volume and shape from cone-beam computed tomography: relationship to facial morphology. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2009;136(6):805-14.