



ARTIGO ORIGINAL

Volumetric evaluation of pharyngeal segments in obstructive sleep apnea patients^{☆,☆☆}



Marcos Marques Rodrigues^{a,*}, Valfrido Antonio Pereira Filho^b,
Mário Francisco Real Gabrielli^b, Talles Fernando Medeiros de Oliveira^c,
Júlio Américo Pereira Batatinha^d e Luis Augusto Passeri^e

^a Universidade de Araraquara, Faculdade de Medicina da Araraquara, Divisão de Otorrinolaringologia, Araraquara, SP, Brasil

^b Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Odontologia de Araraquara, Departamento de Diagnóstico e Cirurgia, Programa de Cirurgia Oral e Maxilofacial, Araraquara, SP, Brasil

^c Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Odontologia de Araraquara, Departamento de Ortodontia, Araraquara, SP, Brasil

^d Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Medicina, São Paulo, SP, Brasil

^e Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Faculdade de Medicina e Ciências, Departamento de Cirurgia, Cirurgia Oral e Maxilofacial, Campinas, SP, Brasil

Recebido em 23 de outubro de 2015; aceito em 10 de dezembro de 2016

Disponível na Internet em 25 de julho de 2017

KEYWORDS

Upper airway;
Obstructive sleep
apnea;
Cone beam CT

Abstract

Introduction: Obstructive sleep apnea occurs by recurrent collapse of the upper airway during sleep, resulting in total (apnea) or partial (hypopnea) reduction of the airflow and has intimate relation with changes in the upper airway. Cone Beam CT allows the analysis of the upper airway and its volume by three-dimensional reconstruction.

Objective: To evaluate a possible correlation between the volume of the upper airway and the severity of the obstructive sleep apnea.

Methods: A retrospective study was performed reviewing polysomnographic data and Cone Beam CT records of 29 patients (13 males and 16 females). The correlation between the volume of the nasopharynx, the oropharynx and the total superior pharynx with the AHI was assessed by Pearson's rank correlation coefficient.

DOI se refere ao artigo: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjorl.2016.12.001>

☆ Como citar este artigo: Rodrigues MM, Pereira Filho VA, Gabrielli MF, Oliveira TF, Batatinha JA, Passeri LA. Volumetric evaluation of pharyngeal segments in obstructive sleep apnea patients. Braz J Otorhinolaryngol. 2018;84:89–94.

☆☆ Instituição: Divisão de Cirurgia Oral e Maxilofacial da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP e Clínica de Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina da Universidade de Araraquara - UNIARA, Araraquara, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mail: mmrodrigues@uniara.com.br (M.M. Rodrigues).

A revisão por pares é da responsabilidade da Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial.

PALAVRAS-CHAVE

Via aérea superior;
Apneia obstrutiva do sono;
TC de feixe cônico

Results: The obstructive sleep apnea severity division was: ten patients had severe, 7 had moderate, 6 had mild and 6 of them were healthy. The correlation between the nasopharynx, the oropharynx and the total superior pharynx volumes and the Apnea-Hypopnea-Index was respectively: -0.415 ($p=0.025$), 0.186 ($p=0.334$) and -0.329 ($p=0.089$). The Spearman's rank controlled by the Body Mass Index, the age and the gender was: -0.206 ($p=0.304$), -0.155 ($p=0.439$) and 0.242 ($p=0.284$).

Conclusion: There is no correlation between the volume of the airway and the obstructive sleep apnea, assessed by Apnea-Hypopnea-Index and controlled by the Body Mass Index, the age and the gender. The volume of the upper airways as an isolated parameter did not correlate to the severity of the obstructive sleep apnea syndrome, and should be evaluated together with other factors.

© 2017 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Avaliação volumétrica de segmentos faríngeos em pacientes com apneia obstrutiva do sono

Resumo

Introdução: A Apneia Obstrutiva do Sono ocorre por colapso recorrente das vias aéreas superiores durante o sono, resultando em redução total (apneia) ou parcial (hipopneia) do fluxo aéreo, tendo relação estreita com alterações nas vias aéreas superiores. A TC de feixe cônico permite a análise da via aérea superior e seu volume através da reconstrução tridimensional.

Objetivo: Avaliar uma possível correlação entre o volume da via aérea superior e a gravidade da apneia obstrutiva do sono.

Método: Realizou-se um estudo retrospectivo, com revisão de dados polissonográficos e registros de TC de feixe cônico de 29 pacientes (13 do sexo masculino e 16 do sexo feminino). A correlação entre o volume total da nasofaringe, a orofaringe e a faringe superior com o IAH (Índice de Apneia-Hipopneia) foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Pearson.

Resultados: A divisão por gravidade da Apneia Obstrutiva do Sono foi: dez pacientes apresentaram apneia na forma severa, 7 apresentaram apneia moderada, 6 tinham a forma leve e 6 estavam saudáveis. A correlação entre a nasofaringe, a orofaringe e os volumes da faringe superior e o Índice de Apneia-Hipopneia foram respectivamente: $-0,415$ ($p=0,025$), $0,186$ ($p=0,334$) e $-0,329$ ($p=0,089$). A classificação de Spearman controlada pelo Índice de Massa Corporal, idade e sexo foi: $-0,206$ ($p=0,304$), $-0,155$ ($p=0,439$) e $0,242$ ($p=0,284$).

Conclusão: Não há correlação entre o volume da via aérea e a apneia obstrutiva do sono, avaliada pelo índice de apneia-hipopneia e controlada pelo índice de massa corporal, idade e sexo. O volume das vias aéreas superiores como parâmetro isolado não se correlacionou com a gravidade da síndrome da apneia obstrutiva do sono, e deve ser avaliado em conjunto com outros fatores.

© 2017 Associação Brasileira de Otorrinolaringologia e Cirurgia Cérvico-Facial. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Introdução

A apneia obstrutiva do sono (AOS) é o principal distúrbio respiratório do sono.¹ A AOS é definida como um colapso recorrente da via aérea superior durante o sono, resulta em uma redução total (apneia) ou parcial (hipopneia) do fluxo de ar.² Os achados clínicos incluem aumento da circunferência do pescoço, obstrução nasal, hipertrofia de conchas, desvios do septo nasal, flacidez do palato, hipertrofia das tonsilas faríngeas, macroglossia e obstrução orofaríngea.³ Os fatores de risco associados à apneia incluem sexo masculino, índice de massa corporal (IMC) $> 25 \text{ kg/m}^2$, baixo nível socioeconômico, idade avançada e menopausa.⁴ A patência

das vias aéreas também é relatada como um fator determinante da AOS. Obesidade, edema e fatores genéticos contribuem para seu desenvolvimento, uma vez que tais situações podem promover variações no volume das vias aéreas.³ Em populações de adultos ocidentais estima-se que a prevalência da AOS seja em torno de 1% a 5%.¹

O estudo das vias aéreas em pacientes com AOS têm apresentado um avanço importante devido ao uso da tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) em associação com *software* de reconstrução 3D. Isso permite a avaliação tridimensional das vias aéreas, a determinação de seu volume e a detecção de locais de constrição máxima.⁵ Esses parâmetros são muito importantes na avaliação da AOS. Trata-se

de uma doença que afeta principalmente a via aérea superior e induz alterações cardiovasculares e metabólicas. A avaliação da via aérea em 3D nos possibilita determinar os diferentes locais de obstrução e programar um tratamento correto da redução da patência das vias aéreas. A avaliação em 2D permite medição em apenas um plano e pode levar a interpretações errôneas das estruturas das vias aéreas superiores.⁵

Os estudos que correlacionam a AOS com o volume da via aérea superior e anormalidades tomográficas são raros e conflitantes. A TCFC é uma poderosa ferramenta para o entendimento da AOS e deve ser explorada para facilitar o planejamento terapêutico de pacientes com AOS.⁵

O objetivo deste estudo foi buscar uma correlação entre o volume da faringe, avaliado pela TCFC, e a gravidade da AOS.

Método

Estudo retrospectivo de revisão dos prontuários de 33 pacientes. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (registro nº 13185113.9.0000).

Os critérios de inclusão foram idade mínima de 18 anos, indivíduos com avaliação clínica de distúrbios respiratórios do sono associados a sinais e sintomas, tais como ronco, sonolência diurna, apneia testemunhada e sensação de sufocamento durante o sono. Pacientes com obesidade mórbida (IMC > 40), anormalidades craniofaciais, obstrução nasal por polipose, tumores craniofaciais ou de vias aéreas; paralisia da laringe ou faringe e cirurgia prévia maxilofacial ou das vias aéreas superiores foram excluídos. O estudo foi limitado a pacientes com dados suficientes em relação a dados demográficos, IMC, polissonografia basal e TCFC adequada.

O tamanho da amostra foi calculado com o erro de amostra em 7%, nível de confiança de 90% e uma diferença de volume da via aérea de 6% entre os grupos de gravidade da AOS. A amostra consistiu em 1920 pacientes, o que representa a capacidade do serviço ambulatorial durante o período de análise desse estudo. O tamanho da amostra foi calculado em 29 indivíduos.

Para obtenção das imagens tomográficas os pacientes ficavam sentados, a posição principal do exame físico, com a cabeça em posição natural, e foram instruídos a não engolir durante o exame. As imagens foram obtidas em um *scanner* CBCT (I-Cat, KaVo - Brasil) configurado a 120kVp, 36 mA, voxel 0,25 mm e FOV de 16 × 22 cm, desde o vértice do crânio até o nível C3. Todas as imagens foram armazenadas em um DVD para análise com *software* específico. As imagens Dicom (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) foram importadas e reconstruídas com o *software* Dolphin (Dolphin Imaging Management Solutions, Chatsworth, Califórnia, EUA). A orientação de cada conjunto de dados foi padronizada de acordo com o plano horizontal de Frankfurt e plano médio-sagital, com renderização de volume e cortes multiplanares, como descrito por Guijarro-Martinez e Swennen.⁶ A análise volumétrica das sub-regiões tridimensionais da faringe foi feita com esse mesmo *software* e a soma dos volumes em milímetros cúbicos.

Para a medida dos volumes, foram selecionados os cortes sagitais e os planos foram formados com recurso às referências anatômicas, definiram-se dessa forma seus limites

superiores e inferiores. A faringe foi segmentada em nasofaringe e orofaringe. Os limites de cada porção foram determinados conforme o estudo de validação de Guijarro-Martinez e Swennen.⁶ Os limites da nasofaringe foram: anteriormente, um plano perpendicular ao plano horizontal de Frankfurt (FHP) que passa através da espinha nasal posterior (PNS) e inferiormente um plano paralelo ao FHP passa pelo PNS e estende-se até a parede posterior da faringe. A orofaringe se iniciava nesse último plano e seu limite inferior era um plano paralelo ao FHP que passava pelo ponto mais anteroinferior do corpo de C3. O volume total da faringe superior foi obtido pela soma dos volumes da nasofaringe e orofaringe.

As polissonografias foram feitas após a obtenção da TCFC. O sono foi avaliado durante um período médio de seis horas. As variáveis eletrofisiológicas avaliadas durante o sono foram: eletroencefalograma (EEG), eletro-oculograma (EOG), eletromiograma (EMG), eletrocardiograma (ECG), fluxo aéreo (oral e nasal), esforço respiratório (torácico e abdominal), outros movimentos corporais (medidos pelo EMG), gasometria arterial (saturação de oxigênio) e temperatura corporal. Os exames foram avaliados pelos critérios do Manual AASM de 2012.⁷ Um especialista em distúrbios do sono (MMR) obteve o índice de apneia/hipopneia ao somar os eventos de apneia e hipopneia divididos pelas horas de sono. De acordo com os resultados, a AOS foi classificada como ausente (AHI < 5 eventos/h), leve ($5 \leq \text{AHI} < 15$ eventos/h), moderada ($15 \leq \text{AHI} < 30$ eventos/h) ou grave (AHI ≥ 30 eventos/h).

As medidas das imagens tomográficas em 3D foram obtidas por um examinador experiente, cego para qualquer outro dado do estudo, tais como elementos antropométricos, exame físico e polissonografia. Foram obtidas duas determinações de volume separadas por um intervalo de 30 dias, foi usada a média dessas medidas. A reprodutibilidade foi avaliada pela fórmula de Dahlberg (e o coeficiente de correlação intraclasse [ICC]). Os dados foram analisados por meio de testes estatísticos descritivos e a frequência dos resultados. Usou-se o coeficiente de correlação de Pearson para a correlação do volume das sub-regiões da faringe e do IAHL. Para a análise com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), usou-se o sistema SAS System for Windows (*software* Statistical Analysis System), versão 9.3 (SAS Institute Inc, 2002-2008, Cary, NY, EUA).

Resultados

Foram avaliados 33 pacientes entre junho de 2012 e dezembro de 2013. Quatro foram excluídos. Dois deles apresentavam exames tomográficos inadequados e dois tinham registros incompletos. Portanto, 29 foram incluídos, 16 do sexo feminino (55%) e 13 do masculino (45%).

Os dados descritivos das variáveis antropométricas em cada grupo de gravidade da AOS podem ser encontrados na [tabela 1](#). O teste H de Kruskal-Wallis foi usado para avaliar a igualdade desses grupos, considerando que a idade e o sexo dos grupos eram semelhantes. Os grupos de gravidade da AOS diferiram apenas no IMC. A [tabela 2](#) demonstra que as variáveis apresentaram distribuição normal pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. Um teste de homogeneidade marginal pareada foi usado para avaliar a força da medida do volume

Tabela 1 Distribuição dos pacientes de acordo com a gravidade da AOS, segundo o IAH

Gravidade da AOS	Frequência	Percentual	IMC médio	Idade média	Homens Percentual
Normal	6	20,7%	25,85	50,50	50%
Leve	6	20,7%	30,01	51,00	0%
Moderada	7	24,1%	30,72	46,85	57%
Grave	10	34,5%	31,77	40,00	60%
Teste H de Kruskal-Wallis	29	100%	0,014 (s)	0,188 (ns)	0,108 (ns)

Tabela 2 Descrição e teste de normalidade das variáveis contínuas

Variável	Média	Teste de Kolmogorov-Smirnov
IMC (kg/m ²)	29,72	0,957
Idade (anos)	46,10	0,870
IAH (ev/hora)	27,27	0,216
Volume da nasofaringe (mm ³)	5467,67	0,958
Volume da orofaringe (mm ³)	9953,71	0,854
Volume total da faringe superior (mm ³)	15421,39	0,921

IAH, índice apneia-hipopneia; IMC, índice de massa corporal.

Tabela 3 Teste de homogeneidade marginal, erro de Dahlberg e coeficiente de correlação intraclasse (CCI) para as duas determinações de volume em mm³

	Média	p	Erro de Dahlberg	CCI
Volume de nasofaringe	5443,12	0,281	173,47	0,988
Volume de nasofaringe ^a	5492,23			
Volume de orofaringe	9985,96	0,125	160,29	0,997
Volume de orofaringe ^a	9921,45			
Volume total da faringe superior	15429,08	0,654	132,14	0,999
Volume total da faringe superior ^a	15413,69			

^a Segunda determinação de volume.

da via aérea. Os resultados da análise de reprodutibilidade estão resumidos na [tabela 3](#).

O IAH foi estatisticamente avaliado como uma variável contínua e o coeficiente de correlação de Spearman foi escolhido. Os resultados desta análise aparecem nas [tabelas 4 e 5](#). Na [tabela 5](#), a correlação da graduação de Spearman foi controlada pelo IMC, pela idade e pelo sexo. Houve correlação estatisticamente significativa entre o IAH e o IMC. Houve uma correlação moderada entre o IAH e a nasofaringe. A relação entre as medidas de volume da orofaringe e faringe superior total com o IAH foi baixa, não mostrou significância estatística. A correlação entre o volume de sub-regiões da faringe e o IAH também foi baixa, sem significância estatística quando controlada por IMC, idade e sexo.

Discussão

A AOS é uma doença dinâmica, que se desenvolve com a obstrução total ou parcial da via aérea superior durante o sono. Os pacientes podem apresentar um ou mais locais de obstrução localizados na cavidade nasal, orofaringe, base da língua e hipofaringe.⁸ A avaliação completa das vias aéreas é fundamental para o diagnóstico da AOS. A eficácia do

tratamento cirúrgico baseia-se na determinação e no tratamento de todos os múltiplos sítios obstrutivos da via aérea superior.⁸

A distribuição dos pacientes avaliados de acordo com a gravidade da AOS pode ser observada na [tabela 1](#). A maior incidência de pacientes graves foi considerada normal, uma vez que os pacientes vieram de um centro de referência de AOS. Os dados antropométricos obtidos, como o IMC médio compatível com obesidade e idade prevalente entre 40 e 50 anos, permitem concluir que a AOS predominou em indivíduos obesos de meia-idade neste estudo.⁴ A obesidade é uma variável importante na avaliação da AOS. Nesta amostra os grupos com diferentes níveis de gravidade da AOS foram estatisticamente semelhantes em idade e sexo, mas diferentes no IMC ([tabela 4](#)).

A correlação entre o volume dos segmentos da faringe e a AOS ([tabela 5](#)), avaliada pelo IAH, foi moderada e negativa em relação à nasofaringe ($-0,437$, $p=0,018$), mas essa relação não foi mantida quando controlada por IMC, idade e sexo ([tabela 6](#)). Não houve correlação entre o volume da orofaringe e o volume total de faringe superior e o AHI ([tabela 5](#)), e o IMC não influenciou essa relação ([tabela 6](#)). Esses dados vão contra o senso comum, em que se acredita que o alargamento cirúrgico da faringe seja a intervenção primária das vias aéreas no tratamento de pacientes com AOS.⁸

Tabela 4 Coeficiente de correlação de Spearman entre as variáveis antropométricas do IAH

	IAH	IMC	Idade	Sexo
Correlação de Pearson	1	0,570 ^a	-0,355	-0,182
Sig. (bicaudal)		0,002	0,059	0,344
N	29	29	29	29

^a A correlação é significativa no nível de 0,01 (bicaudal).

Tabela 5 Coeficiente de correlação de Spearman entre os índices IAH e volume ou segmentos da faringe

	IAH	Volume da nasofaringe	Volume da orofaringe	Volume total da faringe superior
Correlação de Pearson	1	-0,415 ^a	-0,186	-0,329
Sig. (bicaudal)		0,025	0,334	0,089
N	29	29	29	29

^a A correlação é significativa no nível de 0,05 (bicaudal).

Tabela 6 Coeficiente de correlação de Spearman entre volume e IAH, controlado por IMC, idade e sexo

	Volume da nasofaringe	Volume da orofaringe	Volume total da faringe superior	IAH
Correlação	-0,206	-0,155	-0,242	1,000
Sig (bicaudal)	0,304	0,439	0,284	

Existem poucos estudos sobre a relação entre nasofaringe e AOS em adultos. Cai et al. (2010)⁹ constataram que o estreitamento da via aérea superior em pacientes com AOS pode ser atribuído principalmente à nasofaringe, mas consideraram a influência do comprimento do palato duro nessa relação. É provável que o IMC seja mais importante na avaliação da AOS do que a nasofaringe como variável isolada, pois o volume dessa sub-região não permaneceu estatisticamente significativo quando se considerou o IMC.

Abramson et al. (2010)¹⁰ mostraram que a análise linear do volume da via aérea e da AIH não foi positiva. A AOS também está relacionada com o comprimento da via aérea. Quanto maior o comprimento, maior a chance de ocorrência de colapso. Uma vez que a via aérea é um ducto simples, a resistência ao fluxo de ar apresenta uma combinação seriada, resulta num aumento da resistência total.¹⁰ A análise de volume com controle do IMC e da idade também não mostrou interação com a AOS.

Resultados semelhantes foram encontrados em um estudo sul-coreano, no qual os pacientes foram divididos em dois grupos com IAH maior ou menor do que 30 eventos/hora, mas não houve diferença entre o volume das vias aéreas dos dois grupos.¹¹ Outro estudo que comparou as anormalidades tomográficas das vias aéreas em pacientes com AOS com boca aberta ou fechada encontrou uma redução significativa do comprimento da via aérea superior quando a boca estava aberta. Na avaliação do volume das vias aéreas não houve diferença entre os dois grupos. Portanto, o volume da via aérea não flutuou significativamente em pacientes com diferentes graus de AOS ou devido à abertura bucal.¹²

Esses estudos avaliaram a relação entre a AOS e o volume total da via aérea. Em nossa amostra, a faringe foi estudada por suas sub-regiões, avaliaram-se separadamente a

correspondência entre a AOS e os segmentos da faringe (nasofaringe e orofaringe).

O volume da faringe, como avaliado neste estudo, não prevê a gravidade da AOS. A doença é multifatorial e a avaliação de um setor localizado da via aérea pode conduzir a uma interpretação errônea e falha do tratamento, pois não avalia todos os níveis da via aérea e não avalia os fatores de compressão extrínseca da faringe.^{13,14} É importante considerar que o volume da faringe não é uma medida estática, mas dinâmica. Ele é afetado pela deglutição, respiração e posicionamento. Neste estudo, o volume da faringe foi avaliado por imagens fixas. O volume da faringe pode variar no mesmo indivíduo, embora todos os pacientes tenham recebido as mesmas instruções no momento da aquisição da imagem.

A Academia Americana de Medicina do Sono (*American Academy of Sleep Medicine* – AASM) publicou em 2010 uma metanálise sobre procedimentos cirúrgicos da via aérea superior. Esse estudo concluiu que os procedimentos em uma região isolada das vias aéreas não mostraram consistência na redução do IAH, resultaram em AOS residual após o procedimento. Os melhores resultados foram obtidos com a abordagem cirúrgica multinível.¹⁴ Conclui-se que uma das causas desses achados é a falta de correlação entre o volume da via aérea e o IAH.

A AOS é uma doença relacionada a alterações intrínsecas e extrínsecas de toda a via aérea. Apesar de a faringe desempenhar um papel central no desenvolvimento da doença, não houve correlação entre o volume desse setor isolado da via aérea e a gravidade da AOS. A TCFC é um método rápido e de baixo risco para o exame do paciente, com pequena emissão de radiação. Ela atinge até três vezes a velocidade das usadas na TC convencional, enquanto emite 10 vezes menos radiação para os pacientes. O ciclo não dura mais do que

40 segundos e o feixe emitido é pulsátil, reduz a quantidade de radiação empregada.

No entanto, é um teste estático, feito com o paciente sentado. A medida do IAH, que define a gravidade da AOS, é obtida com o paciente deitado em sono natural. A diferença de posição e a análise estática da faringe podem levar a resultados diferentes entre IAH e volume. É importante notar que na prática atual os pacientes são examinados em estado de vigília e em posição sentada. As decisões cirúrgicas tomadas nessa posição podem levar a uma má interpretação dos espaços da faringe, uma vez que em nossa amostra as dimensões da orofaringe não se correlacionaram com a gravidade da AOS.

Conclusão

Na população estudada, considerando o índice de massa corporal, o volume das sub-regiões da faringe não apresenta relação linear com a gravidade da AOS, conforme o índice de apneia-hipopneia. O volume da nasofaringe apresentou relação negativa e significativa com a gravidade da apneia obstrutiva do sono, mas essa relação não foi sustentada quando se consideraram o IMC, a idade e o sexo.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Referências

1. Partinen M, Telakivi T. Epidemiology of obstructive sleep apnea syndrome. *Sleep*. 1992;15:S1-4.
2. Sleep-related breathing disorders in adults: recommendations for syndrome definition and measurement techniques in clinical research. The Report of an American Academy of Sleep Medicine Task Force. *Sleep*. 1999;22:667-89.
3. Epstein LJ, Kristo D, Strollo PJ Jr, Friedman N, Malhotra A, Patil SP, et al. Clinical guideline for the evaluation, management and long-term care of obstructive sleep apnea in adults. *Sleep Med*. 2009;5:263-76.
4. Tufik S, Santos-Silva R, Taddei JA, Bittencourt LRA. Obstructive sleep apnea syndrome in the Sao Paulo Epidemiologic Sleep Study. *Sleep Med*. 2010;11:441-6.
5. Guijarro-Martínez R, Swennen GRJ. Cone-beam computerized tomography imaging and analysis of the upper airway: a systematic review of the literature. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2011;40:1227-37.
6. Guijarro-Martínez R, Swennen GRJ. Three-dimensional cone beam computed tomography definition of the anatomical subregions of the upper airway: a validation study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2013;42:1140-9.
7. Berry RB, Budhiraja R, Gottlieb DJ, Gozal D, Iber C, Kapur VK, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep: update of the 2007 AASM Manual for the Scoring of Sleep and Associated Events. Deliberations of the Sleep Apnea Definitions Task Force of the American Academy of Sleep Medicine. *J Clin Sleep*. 2012;8:597-619.
8. Friedman M, Soans R, Joseph N, Kakodkar S, Friedman J. The effect of multilevel upper airway surgery on continuous positive airway pressure therapy in obstructive sleep apnea/hypopnea syndrome. *Laryngoscope*. 2009;119:193-6.
9. Zhang L, Li S, Cai C. Compare of CT scan of the nasopharynx in patients with obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome and health. *Lin Chuang Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*. 2010;24:746-9.
10. Abramson Z, Susarla S, August M, Troulis M, Kaban L. Three-dimensional computed tomographic analysis of airway anatomy in patients with obstructive sleep apnea. *J Oral Maxillofac Surg*. 2010;68:354-62.
11. Kim EJ, Choi JH, Kim YS, Kim TH, Lee SH, Lee HM, et al. Upper airway changes in severe obstructive sleep apnea: upper airway length and volumetric analyses using 3D MDCT. *Acta Otolaryngol*. 2011;131:527-32.
12. Kim EJ, Choi JH, Kim KW, Kim TH, Lee SH, Lee HM, et al. The impacts of open-mouth breathing on upper airway space in obstructive sleep apnea: 3-D MDCT analysis. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2011;268:533-9.
13. Goh YH, Mark I, Fee WE. Quality of life 17 to 20 years after uvulopalatopharyngoplasty. *Laryngoscope*. 2007;117:503-6.
14. Caples SM, Rowley JA, Prinsell JR, Pallanch JF, Elamin MB, Katz SG, et al. Surgical modifications of the upper airway for obstructive sleep apnea in adults: a systematic review and meta-analysis. *Sleep*. 2010;33:1396-407.