



DERLEME

OSAS' LI HASTALARIN ÜST SOLUNUM YOLLARININ DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN TEKNİKLER

Dr. Murat ENÖZ¹, Dr. Halil YANARDAĞ², Dr. Mehmet GÜVEN³

¹İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları AD, İstanbul, Türkiye

²İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları AD, Akciğer Hastalıkları Birimi, İstanbul, Türkiye

³Gaziosmanpaşa Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları AD, Tokat, Türkiye

ÖZET

Üst solunum yollarının görüntülenmesi, OSAS (obstrüktif sleep apne sendromu)' nun biyomekaniği, fizyopatolojisi ve tedavisinin nasıl olacağını anlamamızı kolaylaştıran araştırma aracı haline gelmiştir. Üst solunum yolu ve çevreleyen yumuşak dokunun yapı ve fonksiyonuna ait yüksek çözünürlüklü anatomik bilgi, modern görüntüleme yöntemleriyle elde edilebilmektedir. Özellikle MRG (Manyetik Rezonans Görüntüleme) ve BT (Bilgisayarlı Tomografi), solunum yolu ve çevreleyen yumuşak doku hakkında kesin bilgi vermektedir. Bununla birlikte dinamik görüntüleme yöntemleri, üst solunum yollarındaki yumuşak doku ve kemik yapının, solunum, uyku ve hava yolunun kapanması esnasındaki boyut değişikliğini bize gösterebilmektedir. Bu makalede OSAS'lı hastalarda üst solunum yollarının değerlendirilmesinde kullanılan görüntüleme ve değerlendirme yöntemlerinin klinik endikasyonları, avantaj ve dezavantajları literatür eşliğinde tartışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: OSAS, görüntüleme, fleksibl nazofarengoskopi, avantaj, dezavantaj

THE TECHNIQUES FOR UPPER AIRWAY EVALUATION IN OSA PATIENTS

SUMMARY

Upper airway imaging has become a powerful research tool that has significantly advanced our understanding of the biomechanics, physiopathology and treatment of OSAS. High resolution anatomical information on the structure and function of the upper airway and surrounding soft tissue structures can be obtained with modern imaging techniques. In particular, MR imaging and CT scanning allow precise anatomic examination of the airway and surrounding soft tissue structures. Additionally, dynamic imaging techniques can allow us to study dimensional changes in the upper airway soft tissue and bony structures during respiration, sleep and airway closure. The clinical indications, advantages and disadvantages of various upper airway imaging and assessment techniques in the OSAS patients are discussed and literatures are reviewed in this article.

Keywords: OSAS, imaging, flexible nasopharyngoscopy, advantage, disadvantage

Üst Solunum Yollarını Değerlendirme Yöntemleri

OSAS'lı hastalarda üst solunum yolları ve onu çevreleyen yumuşak doku ve kemik yapının değerlendirilmesi için sefalometri¹⁻⁴, fleksibl nazofarengoskopi⁵⁻⁸, floroskopi⁹⁻¹¹, akustik refleksiyon¹²⁻¹⁸, BT¹⁹⁻²¹, MRG²³⁻²⁵ ve özofageal manometri²⁶⁻²⁹ gibi birçok farklı yöntem kullanılmaktadır. Üst solunum yollarını görüntülemeye kullanılan yöntem ideal olarak; ucuz, noninvazif olmalı ve supin pozisyonda görüntüleme yapılabilir. Bunların dışında bu görüntüleme yöntemleri, üst solunum yolları ve bunları çevreleyen yumuşak dokuların anatomisi hakkında yüksek rezolüsyonlu bilgi verebilmeli hatta uyku ve uyanıklık halinde dinamik testler yapılabilir.

Sayılan özelliklerin hepsini taşıyan bir görüntüleme yöntemi bulunmamakla birlikte; bütün görüntüleme yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır.

Sefalometri

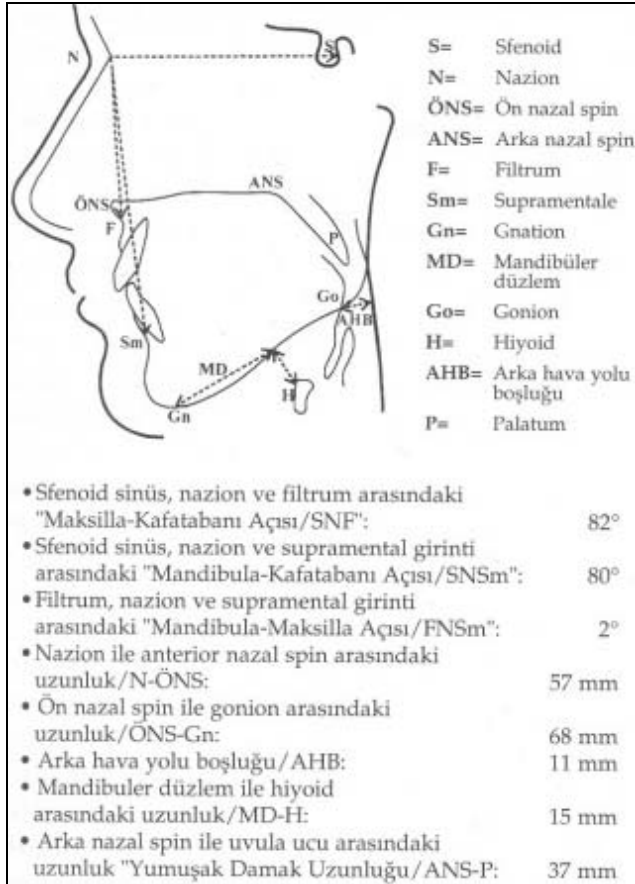
Sefalometri, baş-boyun bölgesinde bulunan kemik ve yumuşak dokunun değerlendirilmesi amacıyla çekilen standart lateral grafidir. Sefalometride iskelet ve yumuşak dokuda birçok referans noktaları tanımlanmıştır (Şekil 1¹). Kolay ulaşılabilen, kolay yapılabilen, BT ve MRG' ye göre nispeten ucuz bir görüntüleme tekniğidir. Bu yöntemde, baş stabilize edildikten sonra, ekspirasyonun sonunda lateral grafler çekilir. Sefalometri, kraniyofasyal kemik yapının, yumuşak damak ve dil kökünün, retrognati ve mikrognati gibi çeşitli faysal anomalilerin değerlendirilmesinde faydalı bir tekniktir. Fasyal cerrahi öncesi kemik yapının değerlendirilmesinde ve oral ilerletme cihazlarının etkinliğinin araştırılmasında kullanılabilir². OSAS'lı hastaların sefalometrik incelemeleri sonucunda, genellikle mandibuler düzlem ile hiyoidi dik olarak birleştiren uzaklığı ve

İletişim kurulacak yazar: Dr. Murat Enöz, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi, Kulak Burun Boğaz Hastalıkları AD, İstanbul, Türkiye, Tel: 0 555 4293937 E-mail: muratenoz@yahoo.com

Gönderilme tarihi: 21 Ocak 2006, revizyon gönderme tarihi : 8 Şubat 2006, yayın için kabul edilme tarihi: 20 Mart 2006



arka nazal spin ile uvula alt ucunu birleştiren uzaklığın normale göre daha uzun, arka hava yolu boşluğunun ise normale göre daha dar olduğu saptanmıştır³. Bu yöntemde değerlendirme iki boyutlu olduğu için üst hava yolları ve bunları çevreleyen yumuşak doku hakkında volumetrik bilgi edinilemez⁴. Ucuz ve kolay bir yöntem olmasına rağmen, dinamik inceleme olanağı vermemesi ve uykuda kullanılmaması başlıca dezavantajlarındandır (Tablo 1).



Şekil 1¹. Sefalometrik incelemede kullanılan referans noktaları ve önemli ölçümlerin normal değerleri.

Fleksibl Fiberoptik Nazofarengoskopi

Nazal pasaj, orofarenks ve vokal kordların değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilen, kolay ulaşılabilen faydalı bir yöntemdir.

Bu yöntem ile Mueller manevrası yapılarak retropalatal, retrolingual obstrüksiyon olup olmadığı saptanabilir. Bu manevra ile farenksin kollabe olan bölümlerinin tayini ve kollapsın ciddiyeti tespit edilir. Nazal dekonjesyon ve topikal anesteziyi takiben endoskop nazofarenkse doğru ilerletilir, retropalatal bölgeye ulaşıldığında manevra uygulanır. Manevrada hastadan ağız ve burunu kapattıktan sonra burnundan nefes alma çabasına girmesi istenir. Hem retropalatal hem de retrolingual alanlarda manevra tekrarlanarak

bu bölgelerde oluşan kollaps subjektif olarak değerlendirilir⁵⁻⁸.

Endoskopiye içermesi nedeni ile invaziv kabul edilebilecek bir girişim olmasına rağmen incelemenin olası komplikasyon riski çok düşüktür ve kolay yapılabilmesi, radyasyon içermemesi ve dinamik olarak hava yolunun değerlendirilebilmesi başlıca avantajlarıdır (Tablo 2).

Sefalometrik değerlendirmenin avantaj ve dezavantajları

Avantajları

- Ucuz, kolay ve kısa sürede yapılabilecek bir tekniktir
- Noninvaziftir
- Kemik yapı ve yumuşak doku arasındaki ilişki objektif olarak değerlendirilebilir.

Dezavantajları

- Yumuşak doku landmarkları hastanın pozisyonu, respirasyonun fazı ve röntgenografik tetkige bağlı olarak değişir
- Hasta uyurken yapılmadığı için horlama esnasındaki obstrüksiyon alanı hakkında kesin bilgi veremez.

Tablo 1. Sefalometrik değerlendirmenin avantaj ve dezavantajları.

Fleksibl nazofarengoskopinin avantaj ve dezavantajları

Avantajları

- Bu tetkik sırasında, Müller manevrası gibi dinamik testler yapılabilir
- Retropalatal ve retrolingual alanlar kolaylıkla değerlendirilebilir
- Kemik yapı ve yumuşak doku arasındaki ilişki objektif olarak değerlendirilebilir.
- Hasta uyanırken veya uyurken yapılabilir
- Hasta otururken veya supin pozisyonundayken yapılabilir
- Ucuzdur
- Hasta radyasyona maruz kalmaz

Dezavantajları

- Değerlendirmeyi yapan hekimin bilgi ve deneyimine bağlıdır
- Nazofarengoskop hastanın burnuna girdiğinde rahatsızlık hissi oluşabilir
- Farengal obstrüksiyon alanı kesin olarak hesaplanamaz
- Nazofarengoskop, retropalatal negatif basınç ve kollaps oluşumunu önleyebilir

Tablo 2. Fleksibl nazofarengoskopinin avantaj ve dezavantajları.

Floroskopi

OSAS'lı hastalarda uyanırken ve uyku esnasında uygulanabilen, dinamik bir görüntüleme yöntemidir. Hava yolu alanı ölçümünde yeterli çapraz kesitler alınmadığından ve hasta radyasyona maruz kaldığı için rutin klinik uygulamada pratik değildir⁹⁻¹¹ (Tablo 3).



Floroskopinin avantaj ve dezavantajları

Avantajları

- Hasta uyanırken üst solunum yolları dinamik olarak değerlendirilebilir
- Uyku esnasında yapılabilir

Dezavantajları

- Hasta radyasyona maruz kalır
- Üst solunum yollarındaki hava pasajı değişikliklerinin ölçülmesinde ve üst solunum yollarını çevreleyen yumuşak dokuların hareketi hakkında detaylı bilgi vermez
- Aksiyel kesit alınmaz
- Nazofarengoskop, retropalatal negatif basınç ve kollaps oluşumunu önleyebilir

Tablo 3. Floroskopinin avantaj ve dezavantajları.

Akustik Refleksiyon

Üst solunum yollarından geri dönen ses dalgalarının analizi ile; kesici dişlerden itibaren üst hava yolu alanının hesaplanması esasına dayanan, noninvazif bir tekniktir^{12,13}. Bu teknikte geri dönen ses dalgalarının faz ve amplitüd bilgisi iki nokta arasındaki uzaklık bilgisine dönüştürülür^{14,15}. OSAS'lı hastalarda, akustik refleksiyon kullanılarak normal insanlarla karşılaştırıldığında üst hava yolu alanında azalma saptanmıştır. Bu teknikte hasta radyasyona maruz kalmaz, 0,2 saniye aralarla görüntüler yeniden elde edilebilir, kolayca tekrarlanabilir ve hava yolu dinamik olarak değerlendirilebilir¹⁶. Anatomik yapı hakkında geometrik bilgi vermez, çoğunlukla hasta otururken yapılır ve hasta ağzını açtığında üst solunum yolu anatomisi değişebilir^{17,18} (Tablo 4). Bu yüzden akustik refleksiyon, primer olarak araştırma amaçlı kullanılır.

Akustik refleksiyonun avantaj ve dezavantajları

Avantajları

- Noninvaziftir
- Hasta radyasyona maruz kalmaz
- Kolayca tekrar edilebilir
- Dinamik bir tekniktir

Dezavantajları

- Çoğunlukla araştırma amaçlı kullanılır, klinik olarak faydası tam olarak kesinleşmemiştir
- Çoğunlukla hasta otururken yapılır, supin pozisyonda yapılmaz
- Obstrüksiyon alanını oluşturan yumuşak dokuların anatomisi hakkında kaliteli bilgi vermez
- Ağız içerisinden çalışıldığı için üst solunum yollarının anatomisi değişebilir

Tablo 4. Akustik refleksiyonun avantaj ve dezavantajları.

Bilgisayarlı Tomografi (BT)

BT ile nazofarenksten larenkse kadar hava yolu, yumuşak doku ve kemik yapı hakkında kaliteli görüntüler elde edilebilir. Kolay ulaşılabilir oluşu, hasta supin pozisyonda iken yapılabilir olması ve

hava yolunun üç boyutlu alanının ölçülebilmesi başlıca avantajlarından. Helikal BT ile dokunun volumetrik ölçümü sağlanabilir. Ultrafast modu ile hava yolu dinamik olarak değerlendirilebilir¹⁹. Manyetik rezonans görüntülemeye göre yumuşak doku rezolüsyonunun düşük oluşu, diğer yöntemlere göre pahalı olması ve hastanın radyasyona maruz kalması başlıca dezavantajlarından (Tablo 5).

Bilgisayarlı Tomografi (BT)'nin avantaj ve dezavantajları

Avantajları

- Kolay ulaşılabilir
- Supin pozisyonda çekilir
- Mükemmel hava ve kemik rezolüsyonuna sahiptir
- Üst solunum yolları hava pasajı alanı hesaplanabilir
- Kraniofasyal yapıların ve hava yolunun üç boyutlu anatomisi hakkında bilgi verebilir
- Ağız içi araç kullanan ve maksillomandibuler ilerletme yapılan uyku apneli hastaların değerlendirilmesinde faydalıdır
- "Ultrafast" modu ile dinamik inceleme yapılabilir
- Üç boyutlu görüntüler elde edilebilir

Dezavantajları

- Pahalıdır
- Hasta radyasyona maruz kalır
- MRG'ye göre üst solunum yollarındaki yağ dokusu rezolüsyonu düşüktür

Tablo 5. BT'nin avantaj ve dezavantajları.

BT ile ilgili OSAS'lı hastalarda yapılan birçok çalışmada, hastalar uyanırken retropalatal alanda darlık saptanmıştır^{20,21}. Şişman OSAS'lı hastalarda yapılan çalışmalarda, hastalarda üst hava yolu darlığı ve artmış dil volümü saptanmıştır^{19,21}. BT ile retropalatal alanda darlık saptanan hastalarda, retroglossal alanda daralma saptanan hastalara göre UPPP başarı oranı daha yüksektir²¹.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

MRG, mükemmel yumuşak doku ve hava yolu rezolüsyonu ile, hava yolunun, yumuşak dokuların ve kemik yapıların üç boyutlu alanının hesaplanmasına olanak sağladığı için OSAS'lı hastaların değerlendirilmesinde kullanılan faydalı bir yöntemdir. Hasta uyurken ve uyanırken hasta radyasyona maruz kalmadan yapılabilir. Hasta uyurken MRG ile inceleme için uykunun indüklenen bir uyku olması veya hastanın anestezi altında olması gerekmektedir. Pahalı oluşu ve BT kadar kolay ulaşılabilmesi başlıca dezavantajlarıdır. MRG için başlıca kontrendikasyonlar, ferromanyetik implantlar, pacemaker, 135 kilodan daha fazla vücut ağırlığı olması ve klastrofobidir²².

MRG ile kraniofasyal yapı, üst hava yolundaki yumuşak dokular, yumuşak damak, dil ve



lateral farengeal duvarlar hakkında bilgi edinilir²³⁻²⁵. OSAS'lı hastalarda, hasta radyasyona maruz kalmadan, üst hava yolu ve onu çevreleyen yumuşak dokuların üç boyutlu yapısı hakkında detaylı bilgi edinilebilir. Non invaziftir (Tablo 6).UPPP planlanan OSAS'lı hastalarda operasyon öncesi retroglossal alanı değerlendirmek amacıyla kullanılabilir²⁵.

MRG'nin avantaj ve dezavantajları

Avantajları

- Supin pozisyonda çekilir
- Üst solunum yollarının hacim ve alanları, farklı boyutlarda kesin olarak değerlendirilebilir
- Mükemmel yumuşak doku ve yağ dokusu rezolüsyonuna sahiptir
- Koronal, sagittal ve aksiyal kesitler hasta radyasyona maruz kalmadan alınabilir ve tekrarlanabilir
- Dil, yumuşak damak, lateral parafarengeal yağlı dokular, lateral farengeal duvarlar ve hava yolu üç boyutlu olarak değerlendirilebilir
- OSAS'lı hastaların cerrahi sonrası değerlendirilmesi için kullanılabilir
- "Ultrafast" modu ile dinamik görüntüleme yapılabilir

Dezavantajları

- Pahalıdır
- Kolaylıkla ulaşılamaz
- Klastrofobi olan hastalarda sorun yaşanabilir
- Ferromanyetik klips ya da Pacemaker'ı olan hastalarda uygulanamaz

Tablo 6. MRG'nin avantaj ve dezavantajları.

Balon Yardımlı Farengoözofageal Manometri

Özofageal manometri, solunum sırasında intratorasik basınç değişikliklerine paralel olarak oluşan özofagus lümen içi basıncındaki değişiklikleri ölçmek için kullanılır^{26,27}. Apne veya hipopnelerin olmamasına rağmen; horlama, uykuda tıkanıklık atakları, gündüz uykululuk şikayetleri olarak tanımlanan üst solunum yolu direnç artışı sendromu (UARS: Upper airway resistance syndrome) kesin tanısı özofageal manometri ile konulur. Ucuz, kolay uygulanabilen, hasta evinde, normal uyku şartlarında iken yapılabilir. Obstrüksiyon yerinin tespiti ve palatal cerrahi için hasta seçiminde yardımcı olabilir^{27, 28}. Kullanılan kateter hasta tarafından tolere edilmeyebilir. Bu yöntemde kullanılan hava akımı sensörlerinin çoğu termal sensörlerdir ve hava akımındaki ufak değişimler bu sensörlerle saptanamayabilir²⁹ (Tablo 7).

Özofageal Manometri' nin avantaj ve dezavantajları

Avantajları

- Göreceli olarak ucuz ve kolay bir yöntemdir
- Hava yolu dinamik olarak değerlendirilebilir
- UARS* tanısı kesin olarak özofageal manometri ile konulur
- Hasta evinde, normal uyku şartlarında iken uygulanabilir

Dezavantajları

- Kullanılan kateter hasta tarafından tolere edilmeyebilir
- Bu yöntemde kullanılan hava akımı sensörlerinin çoğu termal sensörlerdir ve hava akımındaki ufak değişimler bu sensörlerle saptanamayabilir

* UARS (Upper airway resistance syndrome): Üst solunum yolu direnç artışı sendromu

Tablo 7. Özofageal Manometrinin avantaj ve dezavantajları.

KAYNAKLAR

1. Çelik O. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş ve Boyun Cerrahisi. 1. Baskı, İstanbul: Turgut Yayıncılık, 2002: 964-984.
2. Sakakibara H, Tong M, Matsushita K, Hirata M, Konishi Y, Suetsugu S. Cephalometric abnormalities in non-obese and obese patients with obstructive sleep apnoea. Eur Respir J. 1999 Feb;13(2):403-10. (PMID: 10065689)
3. Simmons EB. Sleep apnea. In English GM, ed. Otolaryngology, Vol 4, Ch 19. Philadelphia: J B Lippincott Company, 1985:1-13.
4. Launois SH, Feroah TR, Campbell WN, Issa FG, Morrison D, Whitelaw WA, Isono S, Remmers JE. Site of pharyngeal narrowing predicts outcome of surgery for obstructive sleep apnea. Am Rev Respir Dis. 1993 Jan;147(1):182-9. (PMID: 8420415)
5. Koç C. Kulak Burun Boğaz Hastalıkları ve Baş ve Boyun Cerrahisi. 1. Baskı, Ankara: Güneş Kitabevi, 2004: 685-698.
6. Enöz M. OSAS Tedavisinde Palatal Cerrahinin Yeri. Fırat Tıp Derg. 2005;10(4): 147-150.
7. Sher AE, Thorpy MJ, Shprintzen RJ, Spielman AJ, Burack B, McGregor PA. Predictive value of Muller maneuver in selection of patients for uvulopalatopharyngoplasty. Laryngoscope. 1985 Dec;95(12):1483-7. (PMID: 4068867)
8. Fujita S, Conway WA, Zorick FJ, Sicklesteel JM, Roehrs TA, Wittig RM, Roth T. Evaluation of the effectiveness of uvulopalatopharyngoplasty. Laryngoscope. 1985 Jan;95(1):70-4. (PMID: 3965833)
9. Fleetham JA. Upper airway imaging in relation to obstructive sleep apnea. Clin Chest Med. 1992 Sep;13(3):399-416. (PMID: 1521409)
10. Katsantonis GP, Walsh JK. Somnofluoroscopy: its role in the selection of candidates for uvulopalatopharyngoplasty. Otolaryngol Head Neck Surg. 1986 Jan;94(1):56-60. (PMID: 3081857)



11. Rojewski TE, Schuller DE, Clark RW, Schmidt HS, Potts RE. Synchronous video recording of the pharyngeal airway and polysomnograph in patients with obstructive sleep apnea. *Laryngoscope*. 1982 Mar;92(3):246-50. (PMID: 7070167)
12. Brooks LJ, Strohl KP. Size and mechanical properties of the pharynx in healthy men and women. *Am Rev Respir Dis*. 1992 Dec;146(6):1394-7. (PMID: 1456554)
13. Brown IG, Zamel N, Hoffstein V. Pharyngeal cross-sectional area in normal men and women. *J Appl Physiol*. 1986 Sep;61(3):890-5. (PMID: 3759773)
14. Martin SE, Mathur R, Marshall I, Douglas NJ. The effect of age, sex, obesity and posture on upper airway size. *Eur Respir J*. 1997 Sep;10(9):2087-90. (PMID: 9311508)
15. Thurnheer R, Wraith PK, Douglas NJ. Influence of age and gender on upper airway resistance in NREM and REM sleep. *J Appl Physiol*. 2001 Mar;90(3):981-8. (PMID: 11181609)
16. Fredberg JJ, Wohl ME, Glass GM, Dorkin HL. Airway area by acoustic reflections measured at the mouth. *J Appl Physiol*. 1980 May;48(5):749-58. (PMID: 7451282)
17. Hoffstein V, Zamel N, Phillipson EA. Lung volume dependence of pharyngeal cross-sectional area in patients with obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis*. 1984 Aug;130(2):175-8. (PMID: 6465671)
18. Rivlin J, Hoffstein V, Kalbfleisch J, McNicholas W, Zamel N, Bryan AC. Upper airway morphology in patients with idiopathic obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis*. 1984 Mar;129(3):355-60. (PMID: 6703493)
19. Li HY, Chen NH, Wang CR, Shu YH, Wang PC. Use of 3-dimensional computed tomography scan to evaluate upper airway patency for patients undergoing sleep-disordered breathing surgery. *Otolaryngol Head Neck Surg*. 2003 Oct;129(4):336-42. (PMID: 14574286)
20. Tokunaga K, Matsuzawa Y, Ishikawa K, Tarui S. A novel technique for the determination of body fat by computed tomography. *Int J Obes*. 1983;7(5):437-45. (PMID: 6642855)
21. Shepard JW Jr, Thawley SE. Evaluation of the upper airway by computerized tomography in patients undergoing uvulopalatopharyngoplasty for obstructive sleep apnea. *Am Rev Respir Dis*. 1989 Sep;140(3):711-6. (PMID: 2506784)
22. Cosentini T, Le Donne R, Mancini D, Colavita N. Magnetic resonance imaging of the upper airway in obstructive sleep apnea. *Radiol Med (Torino)*. 2004 Oct;108(4):404-16. (PMID: 15525894)
23. Sanner BM, Heise M, Knoblen B, Machnick M, Laufer U, Kikuth R, Zidek W, Hellmich B. MRI of the pharynx and treatment efficacy of a mandibular advancement device in obstructive sleep apnoea syndrome. *Eur Respir J*. 2002 Jul;20(1):143-50. (PMID: 12166562)
24. Arens R, McDonough JM, Costarino AT, Mahboubi S, Tayag-Kier CE, Maislin G, Schwab RJ, Pack AI. Magnetic resonance imaging of the upper airway structure of children with obstructive sleep apnea syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001 Aug 15;164(4):698-703. (PMID: 11520739)
25. Yokoyama M, Yamanaka N, Ishii H, Tamaki K, Yoshikawa A, Morita R. Evaluation of the pharyngeal airway in obstructive sleep apnea: study by ultrafast MR imaging. *Acta Otolaryngol Suppl*. 1996;523:242-4. (PMID: 9082795)
26. Higgs BD, Behrakis PK, Bevan DR, Milic-Emili J. Measurement of pleural pressure with esophageal balloon in anesthetized humans. *Anesthesiology*. 1983 Oct;59(4):340-3. (PMID: 6614543)
27. Katsantonis GP, Moss K, Miyazaki S, Walsh J. Determining the site of airway collapse in obstructive sleep apnea with airway pressure monitoring. *Laryngoscope* 1993;103:1126-31. (PMID: 8412449)
28. Skatvedt O. Continuous pressure measurements during sleep to localize obstructions in the upper airways in heavy snorers and patients with obstructive sleep apnea syndrome. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 1994;252:11-4. (PMID: 7718222)
29. Norman RG, Ahmed MM, Walsleben JA, Rapoport DM. Detection of respiratory events during NPSG: nasal cannula/pressure sensor versus thermistor. *Sleep* 1997;20:1157-84. (PMID: 9493929)