



ARAŞTIRMA

TRAKEOTOMİ SONRASI DÖNEMDE LARENGOTRAKEAL STENOZUN DEĞERLENDİRİLMESİNDE SANAL ENDOSKOPIK YÖNTEM

Dr. Lokman UZUN¹, Dr. Ahmet SAVRANLAR², Dr. Remzi ALTIN³,
Dr. Evrim ŞENTÜRK BALBALOĞLU¹, Dr. Sadi GÜNDOĞDU²
¹Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, KBB AD, Zonguldak, Türkiye
²Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Radyodiagnostik AD, Zonguldak, Türkiye
³Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Göğüs Hastalıkları AD, Zonguldak, Türkiye

ÖZET

Giriş ve Amaç: Koronal ve aksiyel planda çekilmiş spiral bilgisayarlı tomografi görüntüleri ve bilgisayar programı kullanılarak, lümenli organların endoskopik görüntülerinin oluşturulması işlemi sanal endoskopi (SE) olarak bilinmektedir. Bu çalışmada trakeotomi yapılan ve daha sonra dekanüle edilmiş olan hastalarda trakeotomi bölgesinde oluşabilecek stenozun sanal endoskopi yöntemiyle değerlendirilmesi amaçlandı. **Materyal Metod:** Farklı sebeplerle trakeotomi yapılmış 8 hastanın larengotrakeal stenoz (LTS) yönüyle semptomları araştırıldı ve fizik muayeneleri yapıldı. Trakeotomi bölgesinin değerlendirilmesinde spiral aksiyel bilgisayarlı tomografi görüntülerinden elde edilen reformat sanal endoskopik görüntülerle trakeotomi bölgesinin endoluminal görüntüleri elde edildi. Stenoz derecesi Myer derecelendirme sistemine göre değerlendirildi. **Bulgular:** İki hastada Grade I stenoz saptandı. Stenoz olmayan hastalarda, trakea ön duvarda geçirilen operasyona sekonder trakeal halka düzensizliği ve yer yer trakeal kartilaj fraktürü gözlemlendi. **Sonuç:** SE, larengotrakeal bölge normal anatomik yapılarında ve bu bölgede lokalize lezyonlarda, gerçeğine çok yakın endoluminal görüntü verebilmektedir. Videolarengoskopi ve/veya rijit veya fleksibl bronkoskopi ile lezyonun distal bölgesinin değerlendirilemediği durumlarda ve bronkoskopi yapılamayan hastalarda, yardımcı tanı yöntemi olarak uygulanabilir.

Anahtar Sözcükler: Trakeotomi; larengotrakeal stenoz; sanal endoskopi

VIRTUAL ENDOSCOPY IN THE EVALUATION OF POST-TRACHEOTOMY LARYNGOTRACHEAL STENOSIS

SUMMARY

Objective: Virtual endoscopy (VE) is three-dimensional representation of hollow structures generated from two-dimensional computerized tomography images by the help of computer. We aimed to evaluate the tracheotomy site by virtual endoscopy in patients who underwent tracheotomy. **Material and Method:** Eight patients who underwent tracheotomy for various reasons and were decannulated after a limited period entered the study. Three-dimensional reconstruction images of the tracheotomy site were generated and the degree of stenosis was graded according to Myer grading system for each patient. **Results:** Low grade tracheal stenosis was detected in two patients. Irregularity of the anterior tracheal wall and fractures of the tracheal rings secondary to tracheotomy were detected in all of the remaining six patients. **Conclusion:** VE can be used to obtain reliable endoluminal images of the lesions localized in the larynx and trachea. It can also be used as a supplementary diagnostic method when videolaryngoscopy and/or rigid or flexible bronchoscopy fail to show regions distal to the lesion.

Keywords: Tracheotomy; laryngotracheal stenosis; virtual endoscopy

GİRİŞ

Trakeotomi, havayolu tehdit altında olan kritik hastalarda en fazla yapılan operasyondur ve geç dönem komplikasyonları içinde en sık görüleni trakeal stenozdur¹⁻⁵. Larengotrakeal stenozların tanısı, anamnez, fizik muayene, radyolojik görüntüleme yöntemleri ve endoskopik inceleme ile konur. Düz trakeal radyogramlar, spiral BT ve MR tanıda en sık kullanılan non-invaziv yöntemlerdir. Larengotrakeoskopi tanıda sık kullanılan ancak invaziv olan bir tanı yöntemidir¹.

Son yıllarda spiral bilgisayarlı tomografi (BT) alanındaki gelişmeler ışığında, elde edilen BT görüntülerinin retrospektif olarak rekonstrüksiyonu ile, yüksek görüntü kalitesinde sanal endoskopi (SE) görüntülerinin oluşturulması mümkün hale gelmiştir. Bilgisayar ortamında endoskopi modunun bu teknikte birlikte kullanılması ile, iki boyutlu BT görüntüleri üzerinden, endoskopi yapılabilen lümenli organların üç boyutlu görüntüleri oluşturulmuş ve yöntem SE olarak tanımlanmıştır^{6,7}. Bu yöntemle kolonoskopi⁸, sistoskopi⁶, otoendoskopi⁸⁻¹⁰, burun ve paranasal sinüs endoskopisi^{8,11}, bronkoskopi⁸ ve larengoskopi^{7,12} ye benzer sanal endoskopi teknikleri geliştirilmiştir. Elde edilen görüntüler, patolojik oluşumların üç boyutlu uzaysal konumunun daha kolay değerlendirilmesine imkan vermekte ameliyat planı yapma aşamasında veya ameliyat sonrası

İletişim kurulacak yazar: Dr. Lokman Uzun, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, KBB Anabilim Dalı, Zonguldak, Türkiye, Tel: 0 372 261 01 69 Faks: 0 372 261 01 55 E-mail: luzun@lycos.com

Gönderilme tarihi: 03 Nisan 2004, revizyon isteme tarihi : 26 Mayıs 2004, yayın için kabul edilme tarihi: 02 Haziran 2004



kontrollerde cerraha ve radyoloğa ek bilgi vermektedir⁶.

Bu çalışmada, elektif trakeotomi yapılan hastalar LTS yönüyle semptom, klinik bulguları ile değerlendirilmiş ve eski stoma bölgesinin endoluminal görüntülenmesinde sanal endoskopik yöntem uygulanmış ve yöntemin endikasyonları, konvansiyonel yöntemlere göre avantaj ve dezavantajlı özellikleri tartışılmıştır.

HASTALAR VE YÖNTEM

Hastalar:

Daha önce trakeotomi yapılan ve iyileşme sonrası dekanüle edilmiş olan 4'ü kadın toplam 8 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların kontrol muayeneleri sırasında yapılan boyun aksiyel plan BT görüntüleri yardımıyla üç boyutlu reformat SE görüntüleri elde edildi. Çalışma için ZKÜ Tıp Fakültesi Etik Kurulu onayı alındı.

SE Tekniği:

Çalışmada Philips Secura spiral tomografi cihazı (Best, Holland) kullanıldı. Önce standart boyun BT tetkiki yapıldı. Tetkik hava yollarına yönelik olarak yapıldığı için intravenöz kontrast madde kullanılmadı. Yan skenogramla tetkike başlandı. Standart çekim parametreleri, üreticinin önerdiği 120 kV, 100 mA, çekim süresi 1 sn, kesit kalınlığı 3 mm ve masa hareketi 3mm olarak seçildi. Boyun standart olarak aksiyel planda açı verilmeksizin tarandı. Elde edilen aksiyel kesitler incelenerek endo BT görüntülerinin alınacağı bölgenin üst ve alt sınırları belirlendi. Başlangıçta alınan yan skenogram üzerinden bu mesafe aksiyel planda tarandı. Bu taramada çekim parametreleri 120 kV, 100 mA, çekim süresi 1sn, kesit kalınlığı 1 mm ve masa hareketi 1 mm idi. Hareket artefaktını önlemek amacıyla hastalardan çekim sırasında da nefesini tutmaları istendi. Kaynak aksiyel görüntüler 0.5 mm kalınlığında rekonstrükte edilerek görüntü işleme ünitesine (Easy Vision version 5.2, Philips Medical Systems) aktarıldı. Bu ünite de bulunan Endo 3D programı ile manuel olarak endo BT görüntüleri oluşturuldu. Görüntü işlenirken üreticinin önerdiği standart trakea protokolü kullanıldı. Endo BT görüntülerinin rengi doğal mukoza görünümüne yakın olarak seçildi. Görüntüler değişik açılarda oluşturuldu ve kaydedildi. Endo BT görüntüleri kaynak aksiyel ve standart aksiyel görüntülerle birlikte yorumlandı. Stenozun derecesi, Myer derecelendirme sistemi¹³ ne göre değerlendirildi.

BULGULAR

Hastaların demografik özellikleri, primer tanıları, trakeotomi yapıldıktan sonra dekanülasyona

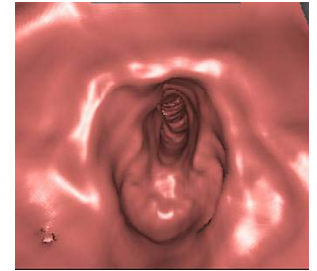
kadar geçen süreler Tablo 1.de özetlenmiştir. Çalışma grubundaki hastalarda, hastaların günlük aktivitelerini kısıtlamayan ancak eforla belirginleşen değişik derecelerde efor dispnesi bulunmaktaydı. Buna karşın hastaların hiçbirinde stridor mevcut değildi.

Hasta No	Cinsiyet	Yaş	Primer Tanı	Trakeotomi – dekanülasyon arası geçen süre (gün)
1	K	49	Subglottik kitle	2
2	E	48	Pnömoni + ARDS	20
3	E	48	Larenkste dev kitle	4
4	E	75	Darp, MF travma	37
5	K	34	UDE gerektiren hasta	120
6	E	24	Ateşli silah yaralanması	58
7	K	46	Bilateral vokal kord paralizisi	240
8	K	49	UDE gerektiren hasta	14

Tablo 1. Hastaların demografik özellikleri ve yapılan trakeotominin açık kalma süreleri. UDE: Uzun dönem entübasyon, ARDS: Akut respiratuar distress sendrom, MF: Maksillofasial

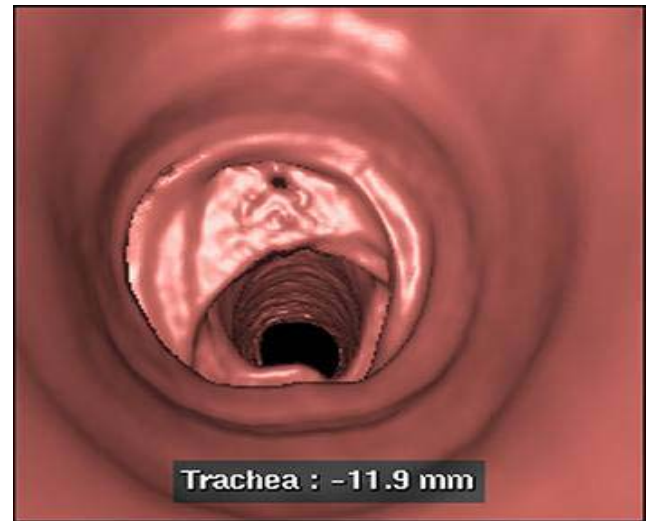


Resim 1a

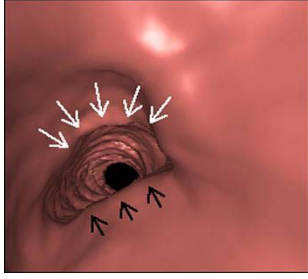


Resim 1b

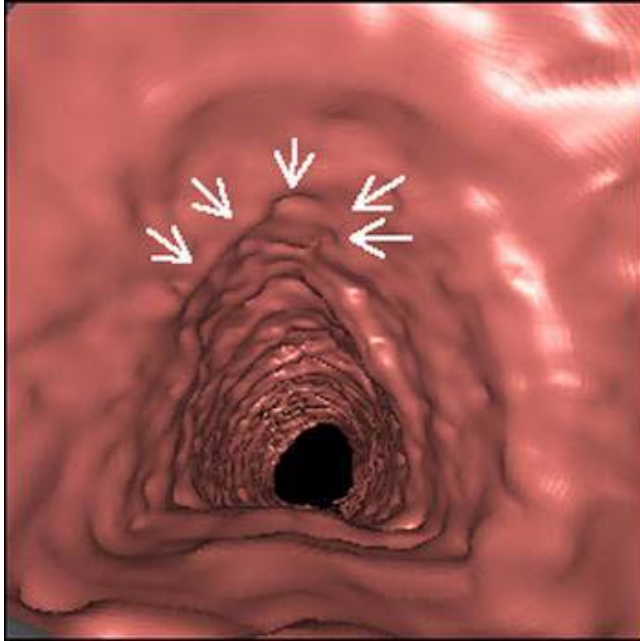
Resim 1. A) Subglottik bölge yerleşimli kitlenin videolaren-goskopik görünümü, lezyonun distalde uzandığı seviye, lezyonun büyüklüğü sebebiyle net olarak değerlendirilemiyor. B) Aynı hastada larenks ve subglottisin sanal endoskopik görünümü; lezyonun distalde uzandığı seviye daha net olarak değerlendirilebiliyor.



Resim 2. Trakeotomi bölgesinde yapılan operasyona sekonder % 40-45 oranında trakeal lümeni kapatan stenoz oluşumu



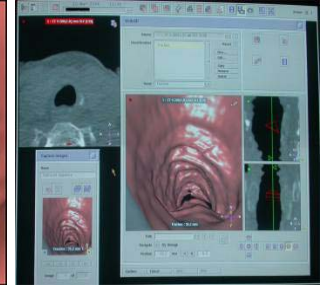
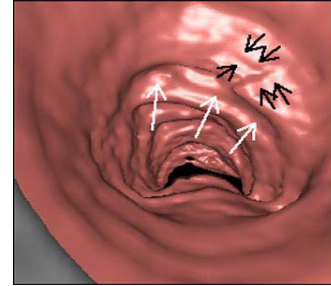
Resim 3a **Resim 3b**
Resim 3. A) Trakeotomi bölgesinde operasyona sekonder stenoz; trakeal lümeni % 10-15 oranında daraltıyor (beyaz ok). Stoma seviyesinde sağda posterolateralde trakeal lümeni daraltan tümefaksiyon izleniyor (siyah ok). **B)** Aynı hastaya ait görüntü işleme ekranı; ekranın sol üst köşesindeki aksiyel BT kesitinde aynı lokalizasyon ve boyutta tümefaksiyon ve stoma bölgesinde trakea ön duvarda stenotik segment izleniyor.



Resim 4. Belirgin stenoz bulunmayan bir hastada trakea ön duvarda operasyona sekonder oluşan defektif görüntü (beyaz ok).

Larenkste subglottik bölgede larengeal açıklığı büyük oranda kapatan kitle (Resim 1.A) saptanan bir hastada kitlenin subglottik bölgedeki uzanımını saptamak için yaptığımız SE görüntülemelerde (Resim 1.B) lezyon boyutlarını SE'nin gerçeğine yakın boyutlarda verdiğini gözlemledik. Daha önce bir acil serviste trakeotomi yapılan ve dekanüle edildikten sonra ikinci kez hastanemizde operasyon sebebiyle elektif trakeotomi yapılan bir hastada trakea ön duvarda ve trakeotomi bölgesinde SE ile % 40-45 darlık yapan stenotik segment izlendi (Resim 2). Subglottik kitle sebebiyle operasyon sırasında trakeotomi yapılan ve 48 saat sonra dekanüle edilen hastanın erken dönem yapılan SE görüntülemesinde, trakea ön duvarda defekt ve

trakeada % 10-15 oranında stenoz izlendi (Resim 3.A). Bu hastada aynı zamanda trakeotomi sırasında, eski geçirmiş olduğu operasyonlara sekonder stoma seviyesinde, sağda trakea posterolateralinde izlenen skatris ve dens fibröz doku nedeniyle oluşan daralma, aksiyel kesit tomografi ve SE ile hemen aynı boyutlarda saptandı (Resim 3.B). Belirgin stenoz bulunmayan 6 hastada trakea ön duvarda operasyon sırasında oluşturulan U flebe ait defektif görüntü (Resim 4) ve yer yer trakeal kartilaj halka fraktürleri (Resim 5.A-B) saptandı.



Resim 5a **Resim 5b**
Resim 5. A) Trakea ön duvarda operasyon sırasında oluşturulan trakeal U flebe ait defektif görüntü (beyaz ok) ve yer yer trakeal kartilaj halka fraktürü gözleniyor (siyah ok). **B)** Aynı hastaya ait görüntü işleme ekranı; trakeada aksiyel kesitte izlenen deforme görünüm aynı şekliyle SE görüntüde de izlenmektedir.

TARTIŞMA

LTS'un tanısında, anamnez, fizik muayene, radyolojik görüntüleme yöntemleri ve endoskopik inceleme ile konur. Stenozla daralan trakeal lümen, orijinal çapının % 75' ine ulaşmaya kadar semptom vermez ve trakea çapı 5 mm. den daha az oluncaya kadar da stridor oluşmaz¹⁴.

Akciğer fonksiyon testleri ve sesin akustik analizi gibi testler de tanıda yardımcıdır^{1,14}. Düz trakeal radyogramlar, spiral BT ve MR tanıda en sık kullanılan non-invaziv yöntemlerdir. Larenotrakeoskopi tanıda kullanılan altın standart yöntem olmakla birlikte, invaziv işlem olması yönüyle hastalar tarafından bu yöntemin reddedilmesi oranı yüksektir¹.

Organ ve dokuların kompleks anatomik yapısı, sadece aksiyel ve koronal planda çekilmiş BT görüntülerle her zaman detaylı olarak değerlendirmek mümkün olmamaktadır⁹. Alışlagelen yöntemde cerrah, koronal ve aksiyel planda alınmış kesit görüntülerine bakarak anatomik yapıları ve patolojiyi ancak zihninde üç boyutlu olarak canlandırmaya çalışmaktadır¹¹. Spiral tomografi tekniğindeki son gelişmeler paralelinde bu noktadaki eksik giderilmeye çalışılmış ve endoskopi yapılabilen



lümenli organların sanal endoskopi görüntüleri bilgisayar yardımıyla oluşturulmaya başlanmıştır. Bu yöntemle, 3 mm.den daha büyük patolojik oluşumlar rahatlıkla görüntülenebilmektedir⁶. Ancak, SE yöntemi ile görüntülerin değerlendirilmesinde bir noktayı gözden kaçırmamak gerekir; mukoza üzerindeki koyu kıvamlı sekresyonlar, SE ile yanlışlıkla yumuşak doku kitlesi olarak değerlendirilebilmektedir⁷. Heyer ve ark. bronşu tıkayan bir endobronşial tümörde, konvansiyonel ve sanal bronkoskopi ile aynı görüntüyü elde etmişler¹⁵, Kirchner ve ark. invaziv bronkoskopinin özellikle zor yapıldığı çocuk grubu üzerinde yaptıkları çalışmada, sanal bronkoskopi tekniği ile vakaların çok büyük bir çoğunluğunda invaziv diagnostik bronkoskopiye gerek kalınmadan tanıya gidildiğini göstermişlerdir¹⁶. Vining ve ark. on hasta üzerinde endobronşial patolojilerin görüntülenmesinde sanal bronkoskopi yaptıkları çalışmanın sonucunda SE tekniğinin major endobronşial anatomik bulguları doğru olarak gösterdiğini ifade etmişlerdir¹⁷. Gore ve ark. klinik olarak inhalasyon yanığı şüphesi olan on hastada sanal bronkoskopi yapmışlar ve sekizinde tanıyı SE ile doğrulamışlardır¹⁸. Joshi ve ark. trakeotomi sonrası dönemde trakeal stenozun değerlendirilmesinde 3 hastada rijit, 6 hastada fleksibl bronkoskopi uygulamışlar ve non-invaziv görüntüleme yöntemi olarak 9 hastanın tamamında SE yapmışlar ve sonuçta invaziv endoskopi ile kıyaslanabilir tatminkar sonuç elde etmişlerdir. Stenozun distal bölümünün değerlendirilmesinde SE'nin, invaziv bronkoskopiye nazaran daha avantajlı bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir¹⁹.

Subglottik bölgede kitlesi olan bir hastada gerçek endoskopik yöntemle saptanan lezyonu, daha önceki klinik uygulamamızda hemen aynı boyutlarıyla SE yöntemi ile görüntülemiştik (Resim 1.A-B). Bu hastada larengeal inletini büyük oranda kapatan kitle sebebiyle lezyonun distali videolaringoskopi ile değerlendirilemezken SE ile lezyon distalini değerlendirme imkanı bulduk. Bu gözlemimizden ve literatürdeki konu ile ilgili bilgilerden yola çıkarak bu çalışmada, elektif trakeotomi yapılan 8 hastada stoma bölgesinin endoluminal değerlendirilmesinde SE yöntemi uyguladık. Daha önce acil trakeotomi yapılmış dekanülasyon sonrası ikinci kez elektif trakeotomi yapılan bir hastada % 40-45 trakeal stenoz, operasyon sırasında trakeotomi yapıldı 48 saat sonra dekanüle edilen hastada, stoma bölgesinde oluşturulan U şeklindeki trakeal flebe ait lümeneye doğru protrüzyon ve % 10-15 oranında stenoz saptandı. Bu hastada trakeotomi yapılırken trakeada, trakeotomi seviyesinde sağda posterolateral bölgede daha önce geçirmiş operasyonlara sekonder sert

fibröz doku skatrisin gözleendiği ve bu lezyon sebebiyle trakeal segmentin daraldığı aksiyel BT ve SE ile hemen aynı boyutlarda saptandı (Resim 3-B). Diğer hastalarda stenoz bulgusu olmamakla birlikte eski stoma bölgesinde trakea ön duvarda kartilaj halkalarda düzensizlik, U flebe ait görünüm ve yer yer trakeal kartilaj fraktürleri SE yöntemi ile görüntüledi. Dollner ve ark. perkütan dilatasyonel trakeotomi yapılan 19 hastada invaziv larengotrakeoskopi ile yaptıkları incelemede 7 hastada krikoid kartilajda lezyon bulunduğunu, 12 (%63) hastada % 10-50 arasında stenoz bulunduğunu, bu hastalardan sadece birinde klinik olarak trakeal stenoz bulunduğunu¹, Joshi ve ark. trakeotomi sonrası uzun dönem komplikasyonu sebebiyle tedavi edilmekte olan dokuz hastada yaptıkları sanal bronkoskopi çalışması ile 5 hastada stenoz, 3 hastada obstrüktif granülasyon dokusu, bir hastada obstrüktif membran ve bir hastada sineşi saptamışlardır¹⁹. Bizim çalışma grubumuzda stenoz vakalarının az olmasının ve olan vakalarda da stenozun yüksek grade'li olmamasının sebebi hasta grubumuz içerisinde günlük aktiviteleri ile hastalarda LTS ile ilişkili olabilecek semptomlarının bulunmaması olarak açıklanabilir. Hasta grubumuzda özellikle eforla belirginleşen dispne, muhtemelen LTS sebebiyle değil, hastaların solunum distresi yapacak primer hastalıkları ile açıklanabilir.

SONUÇ

SE, larengotrakeal bölge normal anatomik yapılarında ve bu bölgede lokalize lezyonlarda, gerçeğine çok yakın boyutlarda endoluminal görüntü verebilmektedir. Bu sebeple, obstrükte eden kitle lezyonlarında videolaringoskopi ve/veya rijit veya fleksibl bronkoskopi ile lezyonun distal bölgesinin değerlendirilemediği durumlarda ve bronkoskopi yapılamayan hastalarda, yardımcı tanı yöntemi olarak uygulanabilir.

KAYNAKLAR

1. Dollner R, Verch M, Scgweiger P, Deluigi C, Graf B, Wallner F. Laryngotracheoscopic findings in long-term follow-up after Griggs tracheostomy, Chest 2002;122:206-212. (PMID: 12114360)
2. Pata YS, Akbaş Y, Ünal M, Aydın Ö, Görür K, Özcan C, Polat G. Prevention of laryngotracheal stenosis with carnitine after tracheotomy: an experimental study on rats Int J Pediatr Otorhinolaryngol 2003;67:881-888. (PMID: 12880668)
3. Cansız H, Yener M, Karakullukçu B, Güneş M, Şekercioglu N. İleri Evre Laringotrakeal Stenozlarda Rekonstrüksiyon, Türk Otorinolaringoloji XXVI.Ulusal Kongresi Özet Kitabı, 2001:192.
4. Güneri EA, Sütay S, İkiz AÖ. Laringotrakeal Stenoz'da Tedavi Sonuçlarımız. Türk Otorinolaringoloji X XIV.Ulusal Kongresi Tutanaklar Kitabı 1997:395-398.



5. Önal K., Uğuz M.Z., Öncel S., Topaloğlu İ., Çelenkoğlu Ş., Larengotrakeal Stenoz KBB İhtisas Dergisi, 1999;6(1):108-110.
6. Han P, Pirsig W, Ilgen F, Görlich J, Sokiranski R. Virtual endoscopy of the nasal cavity in comparison with fiberoptic endoscopy. *Eur Arch Otorhinolaryngol*, 2000;257:578-583. (PMID: 11195040)
7. Walshe P, Hamilton S, MCS Shane D, MCConn R, Walsh MA, Timon C. The potential of virtual laryngoscopy in the assessment of vocal cord lesions. *Clin. Otolaryngol*. 2002;27:98-100. (PMID: 11994114)
8. Nakasato T, Sasaki M, Ehara S, Tamakawa Y, Muranaka K, Yamamoto T, Chiba H, Ishida T, Murai K. Virtual CT endoscopy of ossicles in the middle ear *Journal of Clinical Imaging* 2001; 25:171- 177. (PMID: 11679223)
9. Klingebiel R, Bauknecht HC, Kaschke O, Werbs M, Freigang B, Behrbohm H, Rogalla P, Lehmann R. Virtual endoscopy of the tympanic cavity based on high-resolution multislice computed tomographic data. *Otol Neurotol*. 2001;22:803-807. (PMID: 11698799)
10. Seemann MD, Seemann O, Bonel H, Suckfull M, Englmeier KH, Naumann A, Allen CM, Reiser MF. Evaluation of the middle and inner ear structures: comparison of hybrid rendering, virtual endoscopy and axial 2D source images *Eur. Radiol*. 1999;9:1851-1858. (PMID: 10602962)
11. Rogalla P, Nischwitz A, Gottschalk S, Huitema A, Kaschke A, Hamm B. Virtual endoscopy of the nose and paranasal sinuses, *Eur. Radiol*. 1998;8:946-950. (PMID:9683698)
12. Burke AJ, Vining DJ, McGuirt WF Jr, Postma G, Browne JD. Evaluation of airway obstruction using virtual endoscopy. *Laryngoscope* 2000; 110: 23-29. (PMID: 10646710)
13. Myer CM, O'Connor DM, Cotton RT. Proposed gording system for subglottic stenosis based on endotracheal tube sizes, *Ann Otol Rhinol Laryngol* 1994;103:319-323. (PMID: 8154776)
14. Law RC, Carney AS, Manara AR. Long-term outcome after percutaneous dilatational tracheostomy: Endoscopic and spirometry findings *Anaesthesia* 1997;52:51-56. (PMID: 9014545)
15. Heyer CM, Bauer TT, Orth M, Muller KM, Nicolas V, Schultze-Werninghaus G. Virtual multislice-CT-bronchoscopy as a diagnostic tool in patients with endobronchial tumors: case report of a carcinoid tumor *Pneumologie*. 2003;57(5):272-277. (PMID: 12784180)
16. Kirchner J, Laufer U, Jendreck M, Kickuth R, Schilling EM, Liermann D. Virtual bronchoscopy in the child using multislice CT: initial clinical experiences *Rontgenpraxis*. 2000;53(3):87-91. (PMID: 11131113)
17. Vining DJ, Liu K, Choplin RH, Haponik EF. Virtual bronchoscopy. Relationships of virtual reality endobronchial simulations to actual bronchoscopic findings. *Chest*. 1996;109(2):549-553. (PMID: 8620734)
18. Gore MA, Joshi AR, Nagarajan G, Iyer SP, Kulkarni T, Khandelwal A. Virtual bronchoscopy for diagnosis of inhalation injury in burnt patients. *Burns*. 2004;30(2):165-168. (PMID: 15019127)
19. Joshi AR, Khanna PC, Merchant SA, Khandelwal A, Agrawal N, Karnik ND. Role of multidetector CT virtual bronchoscopy in the evaluation of post-tracheostomy tracheal stenosis--a preliminary study. *J Assoc Physicians India*. 2003;51:871-876. (PMID: 14710971)