

## Sanal Bronkoskopi

T.Bahadır Üskül

SSK Süreyyapaşa Göğüs Kalp ve Damar Hastalıkları Eğitim Hastanesi

### Özet

Bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler, spiral toraks bilgisayarlı tomografisinden elde edilen verilerin kullanılarak, trakeobronşiyal ağacın sanal gerçeklikteki görüntülerinin oluşturulmasına imkan tanımaktadır. Sanal bronkoskopi simülasyonları, endobronşiyal major anatomik bulguları doğru olarak sunmaktadır. Bu teknik, bronkoskopi planlanmasında, endoskopi eğitiminde ve endobronşiyal tedavide rol oynayabilir. Mukosal detayı değerlendiremediğinden ve diagnostik biyopsi yapılamadığından, sanal bronkoskopi gerçek bronkoskopinin önüne geçemez. Mevcut teknik sınırlamalar aşıldığında, sanal gerçeklikteki görüntüleme daha yararlı olabilecek ve gerçek rolü daha iyi tanımlanabilecektir. Akciğer Arşivi: 2005; 1: 44-48

**Anahtar Kelimeler:** 3-boyutlu spiral BT, sanal bronkoskopi

### Summary

#### Virtual Bronchoscopy

Advances in computer technology have permitted development of virtual reality images of the tracheobronchial tree using data sets derived from helical CT of the chest. Virtual bronchoscopy simulations accurately represent major endobronchial anatomic findings. This technique may have a role in prebronchoscopy planning, endoscopy training, and/or endobronchial therapy. Virtual bronchoscopy's inability to render subtle mucosal detail or obtain diagnostic specimens does not obviate the need for real bronchoscopy. As such readily-addressed technical limitations are overcome, virtual reality imaging should become widely available and its true roles better defined. Archives of Lung: 2005; 1: 44-48

**Key Words:** 3-dimensional helical CT, virtual bronchoscopy

### Giriş

Spiral bilgisayarlı tomografideki yenilikler ve 3-boyutlu görüntüleme devam eden ilerlemeler, yeni uygulama alanları nedeniyle heyecan vermektedir. Son zamanlarda, en çok ilgi çeken uygulama, trakeobronşiyal ağacın endoskopi benzeri görüntüsünü veren sanal bronkoskopidir.

Sanal bronkoskopi, hava yollarının lümen içi görüntüsünü veren bilgisayar ortamındaki 3-boyutlu rekonstrüksiyonudur. İlk aşamada, rekonstrüksiyon için gerekli veriler spiral BT ile elde edilir. 15-20 sn.lik nefes tutumu sırasında yapılan spiral BT çekimleri sonucunda BT imaj kalitesi önemli ölçüde artmıştır. Aynı zamanda, harekete ve solunuma bağlı artefaktlar ve veri kayıpları da azaltılmıştır. Tipik olarak tüm bronşiyal sistem 2 veya 3 nefes tutumunda taranabilmektedir. İkinci aşamada, bu veriler bilgisayar ortamına aktarılır. Özel bilgisayar yazılımları ile 2-boyutlu konvansiyel BT verilerinden, 3-boyutlu görünüm oluşturulur. 3-boyutlu imajlar

hem endoluminal hem de ekstraluminal bakış açısıyla rekonstrükte edilebilmektedir (1). Aksiyel BT verilerinden sanal bronkoskopi imajlarının oluşturulmasında temelde birbirinden farklı iki yaklaşım mevcuttur; shared surface rendering ve volüme rendering (2).

Shared surface tekniğinde, bilgisayarın havayolu modeli oluşturması için operatör tarafından bir eşik değeri girilmelidir. Belirlenen bu eşik değere göre akciğer havayollarının iç yüzeyi görüntülenir. Bu model oluşturulduktan sonra, geri kalan datalar silinir. Bu da hızın artmasını ve fiberoptik bronkoskopi ile eş zamanlı uygulanabilmesini sağlar (3).

Volüme rendering tekniğinde, spiral BT'den alınan tüm veriler korunur ve endoluminal imajlar dokuların farklı opasiteleri kullanılarak oluşturulur. Bu yöntemle, stenoz gibi yüzey anormalliklerinin değerlendirilmesi daha zordur. Bir diğer dezavantajı da daha yavaş olmasıdır. Ancak, transbronşiyal biyopsi yerinin planlanmasında daha yararlıdır. Bu yöntemle, hem endobronşiyal hem de ekstrasbronşiyal rekonstrük-

siyon mümkündür (2) (Şekil 1). Rekonstrüksiyonda kullanılan bilgisayar programının, 'fly' uçuş modu kullanılarak, bilgisayarın yarattığı havayolu modelinde ilerlemek ve gerçek zamanlı fiberoptik bronkoskopi perspektifini elde etmek mümkündür. Ek olarak, bilgisayarın yarattığı görüntüleme, bronkoskoplarla mümkün olmayan bakış açılarına da izin verir. Örneğin, bir bronşun içinden trakeaya doğru görüntüleme sanal bronkoskopi ile mümkündür (Şekil 2). SB'nin en büyük dezavantajı, gerekli bilgisayar yazılımının gelişmiş ülkeler için bile pahalı olmasıdır.

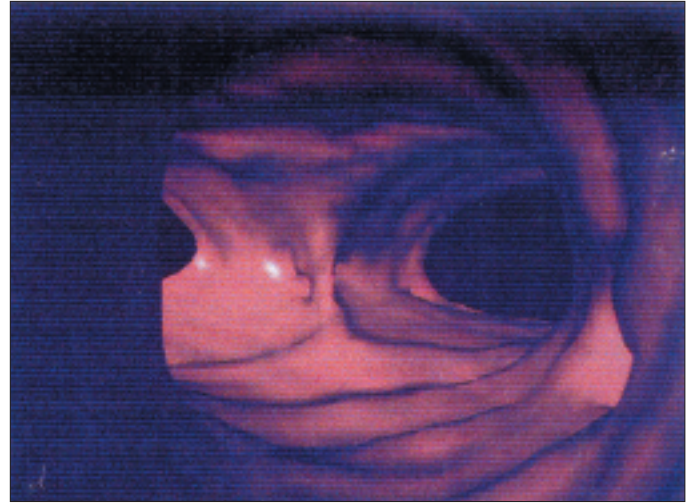
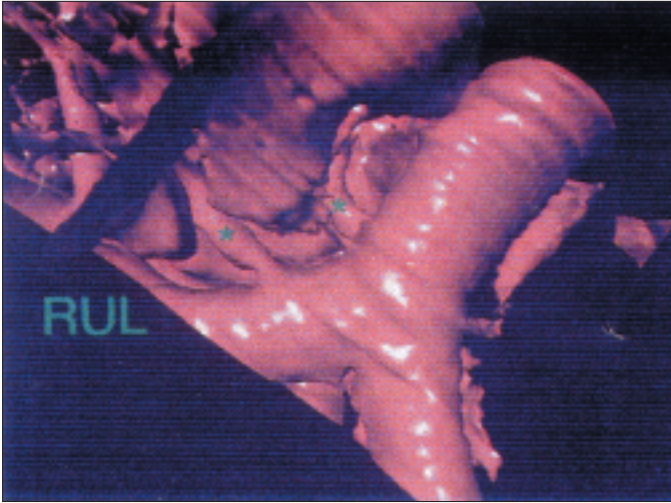
Özellikle son yıllarda, sanal bronkoskopinin uygulama alanları araştırılmış, gerçek zamanlı fiberoptik bronkoskopi ile karşılaştırmalı çalışmalar yapılmıştır (4,5).

Sanal bronkoskopi ile, trakeobronşiyal ağacı 4. ve 5. jenerasyon bronşlara dek görüntülemek mümkündür (1,6). Özellikle trakea ve santral hava yollarındaki lezyonların tanımlanmasında yüksek etkinliğe sahiptir. Bronkoskopi yapılırken ağır stenoz veya total oklüzyonla karşılaşıldığında, distal bronşun durumu, tümörün yaygınlığı veya kollaps olup olmadığı bronkoskopik olarak değerlendirilemez. Akciğer tümörü bulunan hastalarda bu durum ile çok sık karşılaşılır.

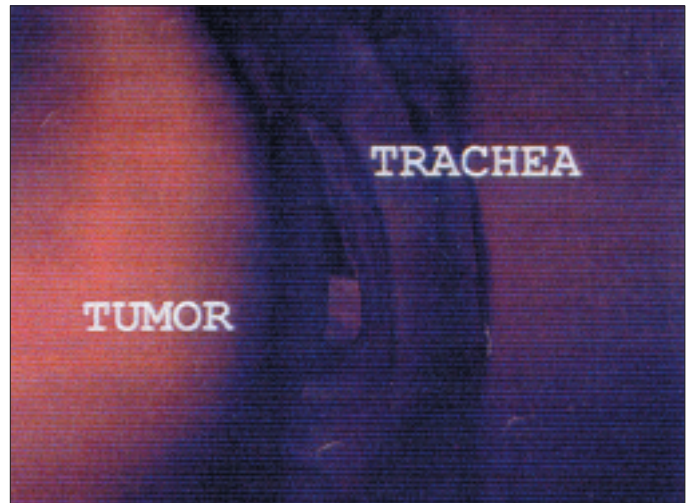
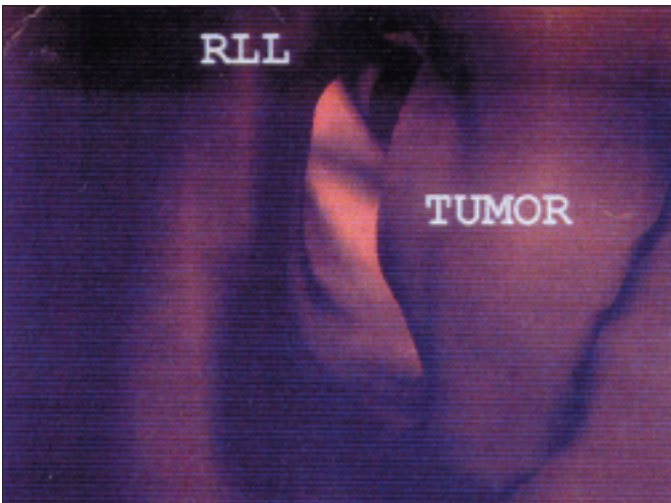
Buna karşın, SB ile stenozun arkasındaki bronşun durumu, stenozun uzunluğunu, dallanma açıları ve konumsal oryantasyonunu görmek mümkündür (2,7-11). Bu tamamlayıcı detaylar, laser tedavisi, stent yerleştirilmesi ve transbronşiyal radyoterapi gibi endobronşiyal terapötik işlemler için çok önemlidir (9,12). Sanal bronkoskopi, endobronşiyal tedavi yönteminin seçilmesini kolaylaştırdığı gibi yerleştirilecek stentin büyüklüğünü de doğru olarak belirler. Endobronşiyal tedavi uygulanan hastaların takiplerinde de bu yöntemin kullanılabileceği önerilmiştir (9).

Trakeobronşiyal ağacın distal kısımlarının sanal bronkoskopi ile değerlendirilmesi ancak bu kısımlar visköz sekresyonlarla veya koagüle kanla dolu olmadığı zaman mümkün olmaktadır (10). Ancak, 3-boyutlu görüntülerle birlikte aksiyel kesitlerinde değerlendirilmesi daima mümkün olduğundan, sekresyonlara bağlı oklüzyonlar identifiye edilebilirler (10,13).

Her ne kadar tümörün bronş içi lokalizasyonu önemliyse de özellikle operabilite kriteri için mukozanın yüzeysel invazyonu çok önem kazanır. Fiberoptik bronkoskopi ile karşılaştığımızda sanal bronkoskopinin major dezavantajı mukozal



Şekil 1: A) Ekstrabronşiyal rekonstrüksiyon B) Endobronşiyal rekonstrüksiyon.



Şekil 2: A) Ara bronşta tümöre bağlı endobronşiyal obstrüksiyon B) Sanal bronkoskopi ile tümör geçilerek, distal havayolundan tümöre ve trakeaya doğru bakış açısı elde edilebilir.



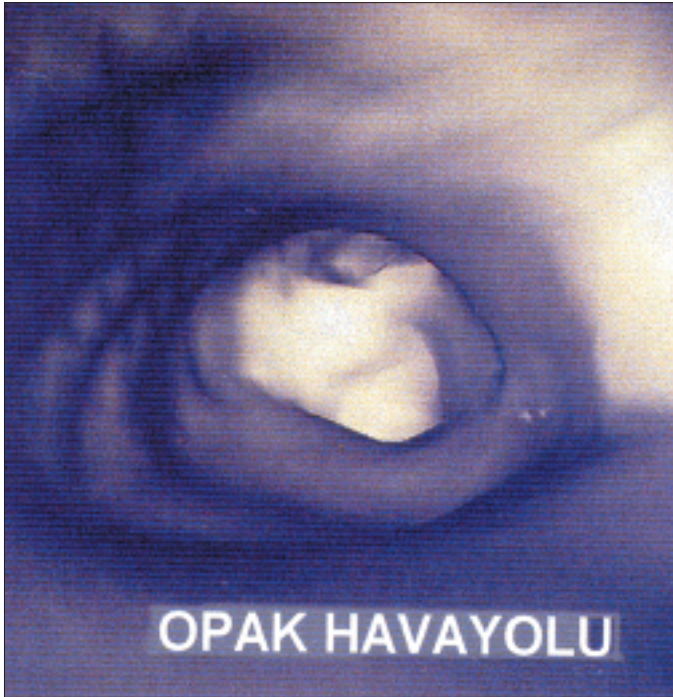
yüzeyi değerlendirmesindeki yetersizliktir (2,7,10,12). Bronşiyal anastomozlu hastalarda bronkoskopi sırasında, enfeksiyonun varlığının belirlenmesinde bronkoskopist için en önemli ipucu mukozal diskolarasyondur. Bu değerli bilgiyi SB ile elde etmek mümkün değildir (2,10).

Aksiyel kesitlerle 3-boyutlu rekonstrüksiyonların birlikte kullanılması ile ekstraluminal yapıların tek bir incelemeyle değerlendirilmesi mümkün olmaktadır (2,7,10). 3-boyutlu görüntülerde ileri bilgisayar uygulamaları ile, sanal bronkoskopinin klinik uygulama alanları daha da genişleyebilir. Örneğin, havayolu duvarları transparan yapılarak, bronşları çevreleyen yapılar görüntülenebilir ve aynı düzlemde hem endobronşiyal hem de ekstrabronşiyal yapıları değerlendirmek mümkün olabilir (8,14) (Şekil 3). Böylece, havayollarını çevreleyen büyük damarlar ve mediastinal lenf nodlarının 3-boyutlu demonstrasyonu, özellikle transbronşiyal biyopsilerle yeni perspektifler kazandırabilir (10). McAdams ve ark. nın yaptığı bir çalışmada, sanal bronkoskopi rehberliğinde mediastinal ve hiler lenf nodlarına yapılan transbronşiyal iğne aspirasyon biyopsilerinin malignite için sensitivitesi %88 gibi yüksek bir değer bildirilmiştir (15).

FOB ile karşılaştığımızda sanal bronkoskopinin bir çok avantajı vardır: non-invaziv bir işlemdir, tümöre bağlı yüksek dereceli stenozların arkasındaki bronşiyal ağacın yapısını gösterebilir; aksiyel BT imajları ile birlikte değerlendirildiğinde bronşiyal lümenin dışındaki yapılar hakkında değerli bilgiler verebilir (2,6-10,16). Ancak, en önemli dezavantajları ise mukozal yüzeyi değerlendirmesindeki yetersizliği ve havayolu patolojilerinden örnek alınmasına izin vermeyişidir. Sanal bronkoskopi ve FOB' nin özellikleri tablo 1' de sıralanmıştır (17) .

Santral ve kritik havayolu stenozu olan yüksek riskli hastalarda, bronkoskopi veya cerrahi öncesi yapılacak 3-boyutlu görüntüleme ile ön bilgi sağlanabilir. Bu şekilde elde edilecek noninvaziv bir bilgi, hem konjenital veya kazanılmış trakeobronşiyal hastalığı olan çocuklarda karar vermeyi kolaylaştıracak hem de postoperatif hastaların değerlendirilmesinde (örneğin travmayı takiben yapılan havayolu anastomozları, akciğer rezeksiyonları veya transplantasyon işlemleri) yardımcı olacaktır (7,10).

Konen ve ark. yaptıkları çalışmada, trakea ve ana bronşda bası veya daralma şüphesi olan çocuk hastalarda, sanal



Şekil 3: A) Sağ ana bronşun sanal bronkoskopi ile görünümü B) Semitransparan yapılarak ana bronşu çevreleyen yapıların örneğin sağ pulmoner arterin demonstrasyonu mümkündür.

Tablo I: Sanal ve Fiberoptik Bronkoskopinin Özellikleri (17).

Sanal Bronkoskopi	Fiberoptik Bronkoskopi
3-boyutlu BT imajlarından elde edilen sanal görüntü	İn vivo endoluminal görüntü
Komplike görüntüleme cihazları	Sadece video
Birçok kantitatif ölçüm imkanı	Sınırlı kantitatif ölçüm
Görüntüleme yönünde sınır yok	Sadece frontal görüntü
Solid yapıların hem içten hem de dıştan görüntülenmesi	Sadece endoluminal görüntü
Kontrol edilebilir görüntüleme geometrisi	Sabit perspektif
Kullanıcı işlem sırasında 3-boyutlu görüntüyü yakalayabilir	Kullanıcı skopun pozisyonunu hatırlamak zorunda
Çok sayıda simultane görüntüler mümkün	Kullanıcı aynı anda tek görüntü görebilir
Sine görüntüler kaydedilebilir	Yüksek rezolüsyonlu video görüntüsü kaydedilebilir
Mukozal yüzey ile ilgili bilgi vermez	Mukozal yüzey ile ilgili detaylı bilgi elde edilir
Girişimsel işlem mümkün değil	Girişimsel işlem mümkün
Görüntü kalitesi imajın rezolüsyonu ile ilgili	Yüksek rezolüsyonlu video görüntüsü

Tablo II: Sanal Bronkoskopinin Potansiyel Uygulama Alanları (7).

<b>Eğitim</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Torasik anatomik ilişkilerin öğrenilmesi</li> <li>• Bronkoskopi eğitimi</li> </ul>
<b>Araştırma</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Yapı-fonksiyon ilişkilerinin aydınlatılması</li> </ul>
<b>Diagnostik</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fiberoptik bronkoskopi için hasta seçimi</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prebronkopik planlama</li> <li>• Santral havayollarının değerlendirilmesi</li> <li>• Periferik lezyonlara rehberlik</li> <li>• Endobronşiyal hastalığın görüntülenmesi</li> </ul>
<b>Evreleme</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TBNA' ya rehberlik</li> <li>• Cerrahi işlemlerin seçimi, preoperatif planlama</li> </ul>
<b>Endobronşiyal tedavi</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trakeobronşiyal stent yerleştirilmesi</li> <li>• Endoluminal radyasyon tedavisi</li> <li>• Laser fotoablasyon</li> <li>• Kriyoterapi</li> </ul>
<b>Non-invaziv takipler</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trakeobronşiyal stenozların değerlendirilmesi</li> </ul>

bronkoskopinin trakeobronşiyal ağacın değerlendirilmesinde yararlı olabileceğini bildirmişlerdir (18). Aynı şekilde Lam ve ark. da, özafajial atrezi ve trakeal stenozlu yenidoğan ve infantlarda preoperatif değerlendirmede sanal bronkoskopinin yeterli olduğunu bildirmişlerdir (19).

Sanal bronkoskopi tüm bu klinik kullanım alanlarının yanı sıra medikal eğitim alanında da heyecan verici umutlar getirmiştir. Uçuş simülatörüne benzer bir simülasyonla bronkoskopi eğitiminin her aşamasına katkıda bulunabileceği düşünülmektedir. Bu konudaki ön araştırmalar devam etmektedir (7,20).

Sanal bronkoskopinin potansiyel uygulama alanları tablo II'de sıralanmıştır (7).

Yakın gelecekte, bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler, rekonstrüksiyon süresinin kısaltılması, görüntü kalitesinin artması ve maliyetinin makul ölçülere gelmesiyle sanal bronkoskopi daha geniş ve daha önemli kullanım alanları bula-

caktır. Daha hızlı BT tarayıcıları ( milimetrenin altında rezolüsyon kapasitesine sahip) ve yüksek güce sahip bilgisayarlar ile günümüzde elde edilen sanal bronkoskopi görüntülerinin gelecekte çok ilkel kalması beklenebilir.

## Kaynaklar

1. Maki DD, Gefter WB, Alavi A. Recent advances in pulmonary imaging. Chest 1999; 116(5): 1388-402.
2. McAdams HP, Palmer SM, Erasmus JJ et al. Bronchial anastomotic complications in lung transplant recipients: Virtual bronchoscopy for noninvasive assessment. Radiology 1998; 209: 689-95.
3. Summers RM, Feng DH, Holland SM, et al. Virtual bronchoscopy: Segmentation method for real-time display. Radiology 1996; 200: 857-62.
4. Liewald F, Lang G, Fleiter T et al. Comparison of virtual and fiberoptic bronchoscopy. Thorac Cardiovasc Surg 1998; 46(6): 361-4.
5. Finkelstein SE, Summers RM, Nguyen DM et al. Virtual bron-

- hoscropy for evaluation of malignant tumors of the thorax. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 123(5): 967-72.
6. Ahmad M, Dweik RA. Future of flexible bronchoscopy. *Clinics in Chest Medicine* 1999; 20: 1-23.
  7. Haponik EF, Aquino SL, Vining DJ. Virtual bronchoscopy. *Clinics in Chest Medicine* 1999; 20: 201-17.
  8. Vining DJ, Liu K, Choplin RH et al. Virtual bronchoscopy, relationship of virtual reality endobronchial simulations to actual bronchoscopic findings. *Chest* 1996; 109: 549-53.
  9. Kauczor HU, Wolcke B, Fischer B et al. Three-dimensional helical CT of the tracheobronchial tree: Evaluation of imaging protocols and assessment of suspected stenoses with bronchoscopic correlation. *AJR Am J Roentgenol* 1996; 167: 419-24.
  10. Fleiter T, Merkle EM, Aschoff AJ et al. Comparison of real-time virtual and fiberoptic bronchoscopy in patients with bronchial carcinoma: Opportunities and limitations. *AJR Am J Roentgenol* 1997; 169: 1591-5.
  11. Summers RM, Selbie WS, Malley JD, et al. Polypoid lesions of airways: Early experience with computer-assisted detection by using virtual bronchoscopy and surface curvature. *Radiology* 1998; 208: 331-7.
  12. Ferretti GR, Vining DJ, Knoploch J et al. Tracheobronchial tree: three-dimensional spiral CT with bronchoscopic perspective. *J Comput Assist Tomogr* 1996; 20(5): 777-81.
  13. LoCicero J, Costello P, Campos CT et al. Spiral CT with multiplanar and three-dimensional reconstructions accurately predicts tracheobronchial pathology. *Ann Thorac Surg* 1996; 62: 811-17.
  14. Touliopoulos P, Costello P. Helical (Spiral) CT of the thorax. *Radiol Clin North Am* 1995; 33(5): 843-61.
  15. McAdams HP, Goodman PC, Kussin P. Virtual bronchoscopy for directing transbronchial needle aspiration of hilar and mediastinal lymph nodes: a pilot study. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 170: 1361-64.
  16. Johnson PT, Fishman EK, Duckwell JR et al. Interactive three-dimensional volume rendering of spiral CT data: Current applications in the thorax. *Radiographics* 1998; 18: 165-87.
  17. Higgins WE, Ramaswamy K, Swift RD et al. Virtual bronchoscopy for three-dimensional pulmonary image assessment: state of the art and future needs. *Radiographics* 1998; 18: 761-78.
  18. Konen E, Katz M, Rozenman J et al. Virtual bronchoscopy in children: early clinical experience. *AJR Am J Roentgenol* 1998; 171(6): 1699-702.
  19. Lam WW, Tam PK, Chan FL et al. Esophageal atresia and tracheal stenosis: use of three-dimensional CT and virtual bronchoscopy in neonates, infants, and children. *AJR Am J Roentgenol* 2000; 174(4): 1009-12.
  20. Colt HG, Crawford SW, Galbraith O 3rd. Virtual reality bronchoscopy simulation: a revolution in procedural training. *Chest* 2001; 120(4): 1333-9.