

ENDOBRONŞİYAL ULTRASON

ENDOBRONCHIAL ULTRASOUND

Ozan Usluer

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Dr. Suat Seren Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göğüs Cerrahisi Kliniği, İzmir, Türkiye

e-mail: ozanusluer@yahoo.com

DOI: 10.5578/tcb.2017.019

Özet

Mediastinal ve hiler lenf bezlerinin değerlendirilmesinde kullanılan görüntüleme yöntemleri patolojik lenf bezlerinin ayırımında yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda, histopatolojik incelemeyle lenf bezleri için kesin değerlendirme yapılabilir. Her ne kadar mediastinoskopi etiyolojisi aydınlatılmamış mediastinal lenf bezlerini değerlendirmede altın standart olsa da endobronşiyal ultrason (EBUS) ile transbronşiyal iğne aspirasyonu hiler ve mediastinal lenf bezlerini değerlendirmede yüksek tanısal oranlara sahip minimal invaziv tekniktir. EBUS, aynı zamanda neoadjuvan tedavi sonrası akciğer kanserini yeniden evrelemede, mediastinal kitlelerin ve peribronşiyal lezyonların tanısında da kullanılabilir. EBUS öğrenim eğrisiyle ilgili çalışmalar değerlendirildiğinde ise 10-50 hastaya işlem uygulandıktan sonra istenen tanısal başarı elde edilmektedir. Sonuçta, EBUS uygulaması, tanısal değeri yüksek ve güvenle uygulayabileceğimiz bir yöntemdir.

Anahtar kelimeler: Endobronşiyal ultrason, mediastinal ve hiler lenf nodu, transbronşiyal iğne aspirasyonu

Abstract

Imaging methods for evaluating of mediastinal and hilar lymph nodes may be insufficient for diagnoses of pathological lymph nodes. Therefore, histopathological examination may be necessary for definitive diagnosis in these cases. Mediastinoscopy is the gold standard for evaluating mediastinal lymphadenopathy of unknown etiology, but endobronchial ultrasound-guided (EBUS) transbronchial needle aspiration is a minimally invasive diagnostic technique with a high diagnostic yield for hilar and mediastinal lymph node staging. EBUS can also be used to restage the lung cancer, and to diagnose mediastinal masses and peribronchial lesions. Literatures on learning curve recommended a minimum of 10-50 procedures be performed for EBUS to achieve competency. In conclusion, EBUS-TBNA is a reliable method with diagnostic value in the evaluation of the mediastinal and hilar lymph nodes.

Keywords: Endobronchial ultrasound, mediastinal and hilar lymph node, transbronchial needle aspiration

GİRİŞ

İnvaziv olmayan tanısal yöntemlerden bilgisayarlı tomografi (BT) ve pozitron emisyon tomografisi (PET), mediastinal lenf bezlerinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan görüntüleme yöntemleridir. Ancak klinik değerlendirmede, bu yöntemler ile patolojik lenf bezlerinin ayırımı yetersiz kalabilmektedir. Bu durumda, histopatolojik incelemeyle lenf bezleri için kesin değerlendirme yapılabilir. Histopatolojik tanıya ulaşmanın altın standart yöntemi hepimizin bildiği gibi mediastinoskopi olup bu invaziv tekniğin genel anestezi ile hastanede yatış gerektirmesi ve düşük de olsa komplikasyon riskleri bulunmaktadır.

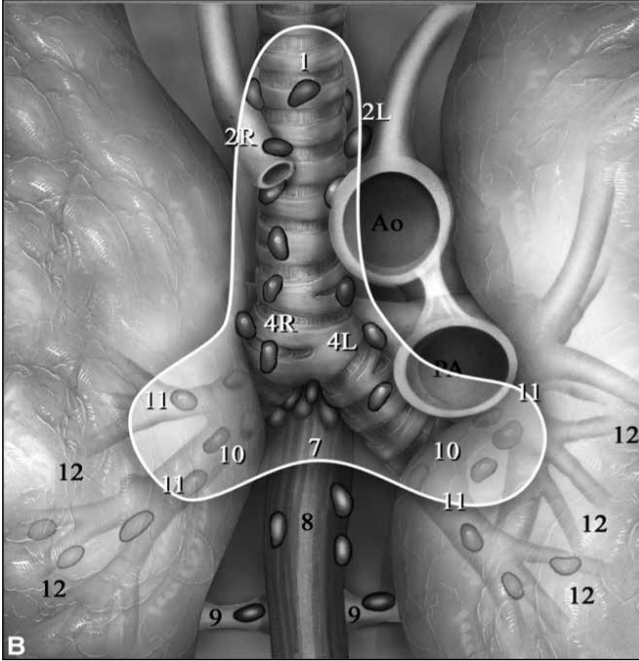
Son yıllarda, endobronşiyal ultrason (EBUS) ile transbronşiyal iğne aspirasyonu (TBİA), mediastinal ve hiler lenf bezlerinin histopatolojik tanısı için rutin kullanılmaya başlanmış bu minimal invaziv tekniğin tanısal doğruluk oranları yüksek

olup meta-analizlerde duyarlılığı %88'in üzerinde bulunmuştur (1-3). EBUS-TBİA'nın hem mediastinal hem de hiler lenf bezlerini değerlendirebilmesi önemli bir avantajdır. Olasılıkla ileri ki yıllarda, EBUS-TBİA kullanımı daha da yaygınlaşacaktır.

Endobronşiyal Ultrason (EBUS) Rehberliğinde Transbronşiyal İğne Aspirasyonu (TBİA) Tekniği

Bronkoskopik görüntü, trakea-bronşiyal duvar yapısının yalnızca iç yüzeyi ile sınırlıdır. Her ne kadar birçok hastalığın hava yollarındaki doğrudan veya dolaylı bulgusu bronkoskopiyle saptanabilse de, lümen dışını da değerlendirilebilen endobronşiyal ultrason uygulamasını gündeme getirmiştir.

Günümüzde, miniprob (radyal prob) EBUS ve konveks prob (gerçek zamanlı) EBUS olmak üzere iki EBUS tekniği bulunmaktadır. Burada değineceğimiz, rutinde mediastinal ve hiler lenf bezlerinin tanısında kullanılan konveks prob EBUS'dur.



Şekil 1. EBUS'un ulaşabildiği mediastinal vehiler lenf bezleri.

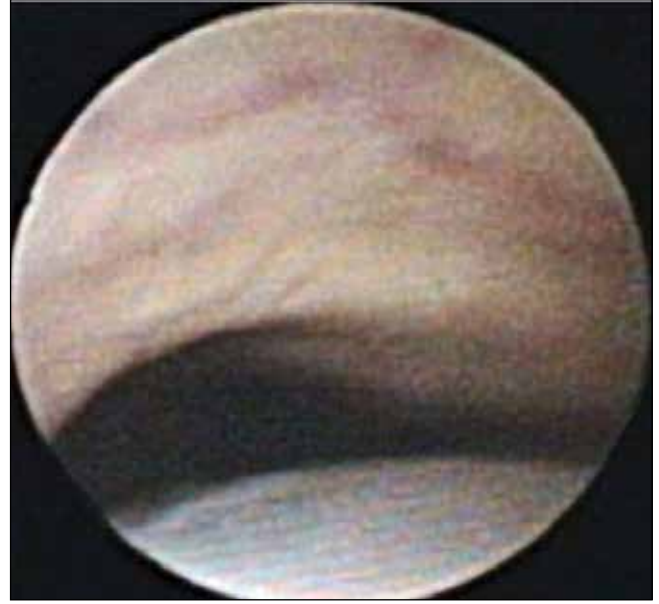
İlk olarak 2003 yılında, trakea-bronşiyal duvarın ardını da değerlendirip aynı zamanda aspirasyon biyopsisi alabilecek olan konveks probu olan bir cihaz geliştirildi. Bu cihaz, geleneksel fiberoptik bronkoskopa benzer özellikte olup ek olarak ucunda ultrason probu bulunmaktadır. Böylece hava yollarının hemen arkası ultrasonik görüntü ile ortaya konulmuştur. Cihazın yapısı gereği ulaşabileceği hava yolu, segment girişleriyle sınırlıdır, yani EBUS'un ulaşabileceği temel alanlar ana hava yolları (bronş sistemi) ile sınırlanmıştır (Şekil 1).

EBUS'un bronkoskopu ile glottik aralıktan trakea-bronşiyal sisteme girilir. Ekran üzerinde, hem hava yolunun standart bronkoskopik görüntüsü hem de ultrasonik görüntüsü bulunmaktadır. Öncelikle, standart bronkoskopik görüntüyle uygun alanlar belirlenir.

Ana hava yollarının geniş çapı, EBUS bronkoskopunun ince çapı ile karşılaştırıldığında, ortaya çıkan boşluk, ultrason probunun ucundaki balonun steril su ile şişirilmesiyle giderilmekte, hava yolu lümeni kısmen veya tamamen yakın, şişirilen balonla kaplanarak, ultrason probunun duvara yaslanması ve görüntü alması sağlanmaktadır (Resim 1). İşlem sırasında 22 gauge iğnesi olan tek kullanımlık bir set ile aspirasyon biyopsisi kullanılabilir.

Konveks prob EBUS'un bronkoskopunda yaklaşık 2 mm'lik biyopsi kanalı bulunur. Günlük pratikte kullanılan ultrasonik frekans 7.5 MHz ve penetrasyon derinliği 5 cm'dir. Ancak frekans ve derinlik, cihazda ayarlanabilir özellikler arasındadır. Biyopsi kanalından dokuya ilerlemiş olan iğnenin eş zamanlı görüntüsü, ultrason probunun 50 derecelik tarama açısıyla izlenir (4).

Vasküler yapılar ayırt edilmek isteniyorsa "doppler modu" kullanılır. Çünkü torasik yapıların santralinde işlem yapıldığı için birçok büyük vasküler yapı, lenf bezlerine kom-



Resim 1. Steril suyla balon şişirilir ve proba trakeal/bronşiyal duvar arasındaki teması sağlar.

şu olup her iki dokunun ayırt edilmesi kimi zaman zor olabilir. Bu durum, uygulayıcı hekimin deneyim kazanmasıyla ilgilidir. Lezyona batırılan iğnenin içindeki kanaldan, negatif basınç ile çekilen aspirasyon materyali hem hücre bloğuna (içi solüsyon ile dolu cam tüpe) konulur ve hem de lamlara yayılır.

EBUS uygulaması, fiberoptik bronkoskopla yapılan işlemlere göre biraz daha zaman alabileceği için sedasyonla veya genel anestezi altında yapılır. Ayaktan hastalara midazolam ya tek başına ya da morfin, fentanil veya propofol ile kombine kullanılabilir.

EBUS Endikasyonları ve Kontrendikasyonları

Geniş bir perspektifle bakacak olursak EBUS işleminin endikasyonları oldukça geniştir. Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

- Akciğer kanserinde lenf bezinin evrelemesi
- Akciğer kanserinde neoadjuvan tedavi sonrası yeniden evreleme
- Mediastinal ve hiler lenf bezi tanısı
- Mediastinal kitlelerinin tanısı
- Peribronşiyal lezyonların tanısı

EBUS'a özgü kontrendikasyonlar standart bronkoskopi-den farklı değildir.

Kılavuzlarda EBUS Vurgusu

Kılavuzları EBUS açısından incelerken özellikle içinde minimal invaziv evreleme veya EBUS geçen sözcüklere göre değerlendirdiğimizde,

NCCN (National Comprehensive Cancer Network)'nin 2015 versiyonunda (5);

- N2 varlığının N3 riskini arttırabileceğini, bu durumda mutlaka subkarinal ve karşı taraf lenf bezlerinin de histopatolojik olarak değerlendirilmesi gerektiği,

- EBUS ve/veya EUS minimal invaziv tetkiklerinin mediastinoskopiye tamamlayıcı olduğu,
- Özellikle karşı taraf lenf bezi tutulumu ve uygun sayıda istasyonun değerlendirilmesinin hastaya verilecek tedaviyi yönlendirdiği,
- Her ne kadar re-mediastinoskopi yapmak mümkün olsa bile, bunun teknik olarak zor olduğu ve primer mediastinoskopi ile karşılaştırıldığında doğruluk oranının düşük olduğu, dolayısıyla başlangıçta mediastinal evrelemeyi EBUS ile yapmak ve mediastinoskopi hakkımızı neoadjuvan tedavi sonrasında saklamanın yararlı olabileceği,
- EBUS ve EUS evrelemede veya mediastinal lezyonların tanısında kendini kanıtlamış bir yöntem olduğu,
- Bu teknikler seçilmiş hastalarda invaziv evreleme teknikleri yerine kullanılabilirliği,
- BT ve PET ile karşılaştırıldığında EBUS'un akciğer kanserinde mediastinal ve hilar lenf bezlerini daha yüksek duyarlılıkta ve özgüllükte değerlendirdiği,
- BT veya PET ile pozitif bulunan lenf bezlerinin EBUS ile değerlendirilebileceği,
- EBUS ile negatif bulunan lenf bezlerinin ise konvansiyonel mediastinoskopi ile değerlendirilebileceği,
- Sonuçta EBUS'un endosonografik bir yöntem olduğu belirtilmiştir.

Ayrıca 2010 yılında NCCN üyelerine yapılan ankette, mediastinumun ilk değerlendirmesini EBUS (+/-EUS) ile yapar mısınız sorusuna %80 katılımcı evet demiştir.

Chest 2013 kılavuzunda (6);

Eğer bir hastada akciğer kanserinden şüpheleniyorsak ve bu kanser de mediasteni yaygın olarak infiltrate etmiş ve radyolojik olarak toraks dışı metastaz saptanmamış ise tanı için kullanılacak yöntemler arasında konvansiyonel bronkoskopi, transtorasik iğne biyopsisi, EUS ve mediastinoskopi yanında EBUS'un da kullanılabilirliği,

- N2 ve N3 metastazının kuvvetli şüphesinde (hem lenf bezi büyük hem de PET tetkikinde FDG tutulumu var ise, uzak metastaz olmadan) cerrahi girişime göre en iyi ilk seçeneğin EBUS ve/veya EUS olduğu, ancak bu durumun; bronkopistin deneyimi ve yeteneğinden etkilenir olduğu,
- EBUS ile yapılan evreleme çalışmalarının derlemesinde ortalama %89'luk duyarlılık ve %91'lik negatif öngörü oranı saptandığı da eklenmiştir.

ESTS'nin revize edilmiş 2014 kılavuzunda (7);

- BT veya PET ile lenf bezleri negatif olsa bile; cN1 durumunda, tümör santral yerleşimli ise, ayrıca 3 cm üzerinde ve PET tetkikinde yüksek FDG tutan adenokarsinom olması durumunda EBUS/EUS veya mediastinoskopi ile lenf bezlerinde metastaz saptanmış ise direkt cerrahi yapılabilirliği,

- BT veya PET ile lenf bezlerinin pozitif olması durumunda, negatif EBUS'u takiben mediastinoskopi yapılması önerilmektedir. Ancak, uygun lenf bezlerinden yeterli sayıda aspirasyon uygulanan olgularda direkt cerrahi girişim yapılabileceği de eklenmiştir.

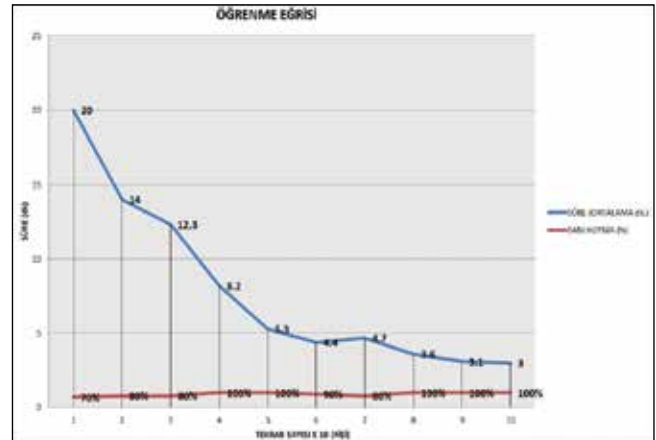
EBUS İçin Öğrenim Eğrisi

ACCP (American College of Chest Physicians) kılavuzuna göre EBUS işlemi için ilk 50 uygulamanın deneyimli bir bronkoskopist eşliğinde yapılması ve her yıl en az 20 işlem yapılması gerektiği belirtilmiştir. ERS (European Respiratory Society) ve ATS (American Thoracic Society) ise ilk 40 uygulamanın gözetim altında yapılması ve her yıl en az 25 işlem uygulanması gerektiğini ifade etmişlerdir (8,9). Bizdeki ve arkadaşlarımızın, 4 göğüs cerrahının ilk EBUS deneyimlerini değerlendirdiği 51 hastadan oluşan çalışmada, ilk 25 hastada duyarlılık %72.22 ve doğruluk %80 iken son 26 hastada duyarlılık %95.45 ve doğruluk oranı %96.15'tir (10).

EBUS öğrenim eğrisi için yaptığımız çalışmada, konvansiyonel fiberoptik bronkoskopiyle körlemesine yapılan transbronşiyal deneyimi sınırlı olan göğüs cerrahının ilk 99 EBUS uygulaması değerlendirildi (11). Endüstri ve üretim sektöründe kalite kontrol yöntemi olarak uzun yıllardır kullanılan CUSUM (cumulative sum) tekniği, son yıllarda hekimlerin girişimsel işlemlerde teknik yetenek ve yeterliliğini değerlendirmede kullanılmaktadır (12-16).

Bu çalışmada da CUSUM tekniği kullanılmış olup EBUS uygulayan hekimin hem tanılma başarı yönünden hem de işlem süresi açısından yeterliliğine bakılmış ve yaklaşık 37 olgudan sonra tanılma başarıya ve ilk 50 olgudan sonra optimum süreye ulaştığı gözlenmişti (Şekil 2). Tanılma başarı ölçütü; uygunsuz/yetersiz materyal örnekleme ve yanlış negatiflik durumuna karar verilmiş olup duyarlılık ilk 50 uygulamada %71.4 iken son 49 hastada %89.5'e yükselmisti.

Genel olarak bakıldığında ise EBUS işleminin öğrenim eğrisi 10 ile 50 hasta arasında değişmektedir (Tablo 1) (10,11,17-19).



Şekil 2. EBUS öğrenim eğrisinin tanılma doğruluğu ve işlem süresi.

Tablo 1. EBUS öğrenim eğrisi için yapılan çalışmalar			
Yazar	Toplam hasta sayısı	Cut-off değeri	Duyarlılık (%)
Steinfort	215	50	90
Bizekis	51	25	96.15
Groth	100	10	96.2
Wahidi	-	13	-
Usluer	99	37	91.5

Sonuç

EBUS'un en önemli yararı, mediastinal ve hiler lenf bezlerinden histopatolojik tanı alarak özellikle akciğer kanserinde operabiliteyi belirleyen minimal invaziv bir işlem olması denebilir. Servikal mediastinoskopinin ulaşmakta güçlük çektiği hiler ve posteriyor yerleşimli subkarinal bölgedeki lenf bezlerinden EBUS, rahatlıkla biyopsi alabilir. Ancak EBUS yapabilmek için temel bronkoskopi bilgisine ve özellikle de fiberoptik bronkoskopi deneyimine sahip olmak önemlidir. Buna EBUS ile ilgili çok iyi bir düzeyde teorik bilginin eklenmesi tanısal başarının olmazsa olmazıdır.

EBUS Ekibinin Deneyimi

EBUS uygulamasında "ekip" olabilmek kuşkusuz önemlidir. Ekipte çok önemli bir unsur, EBUS hemşirelerinin -gerek hekime işlem sırasında yardımcı olma, gerekse alınan örnekleri patolojik inceleme için hazırlama konusunda- ilk EBUS uygulamasından önce deneyimli bir merkezde eğitim almalarının gerekliliğidir. Aksi takdirde hekimin uygulamasından bağımsız, patoloji raporlarında istenilen sonuçlar izlenemeyebilir.

Patoloji Hekimi

EBUS ile alınan aspiratlar, lama yayılır ve içinde formol gibi solüsyon içeren cam tüplere konular, genellikle de patoloji bölümüne gönderilerek seri kesitlerde incelenir. Patoloji hekiminin hasta başında (on-site) değerlendirmesi sağlık kurumunun olanakları nedeniyle nispeten az yapılan uygulamadır. Her iki durumda da sitolojik açıdan değerlendirme, alanında deneyimli ve iş birliğine açık patolog(lar) ile iyi iletişim kurularak yapılmalıdır.

Anestezi Hekiminin Varlığı ve Sedasyon Tipi

EBUS uygulamalarımızda, bronkoskopi ünitemizin koşulları açısından yaklaşık ilk 200 olguya sedasyonu yalnızca midazolamla sağladık, ancak nispeten az da olsa bazı hastalarda istenen sedatif etkiye ya ulaşılmadı ya da sedasyon derinliği beklenenden fazla oldu. Daha sonraları anestezi uzmanı gözetiminde midazolama propofol ve/veya fentanilin de eklendiği sedasyonla istenen hasta ve hekim konforu sağlandı.

Komplikasyonlar

EBUS işlemi sırasında her ne kadar işleme bağlı ağır komplikasyonlar görülme de hava yollarından iğne ile alınan biyopsiye bağlı hemoraji, yoğun öksürükle ajitasyon

(özellikle tek başına midazolam kullanılıyor ise), aritmi ve hipertansif ataklara kimi zaman rastlamaktayız. Bu durumlar genellikle medikal tedaviye yanıt veren ve işlemin sürdürülmesine engel olmayan etkiler olarak görülmektedir. Uygulayıcı hekimin ilk EBUS deneyimlerinde sürenin de uzaması eklenince bu komplikasyonlara daha sık rastlanabilmektedir.

Sonuç

Trakea-bronşiyal ağaçla lenf bezleri ve vasküler yapının anatomik yapılarını üç boyutlu düşünebilmek doğru tanı koyabilmeyi ve hızlı işlem yapmayı sağlar. EBUS uygulayıcısı hekimin anatomiye mutlak hakimiyeti, işlemin başarısını da yanında getirmektedir.

Teknik açıdan bakıldığında ise göğüs hastalıkları uzmanlarının yoğun fiberoptik deneyimine ve transbronşiyal iğne biyopsi deneyimine sahip olması ve göğüs cerrahisi uzmanlarının cerrahi teknik deneyimleri nedeniyle EBUS uygulaması kolaylıkla öğrenilebilir (20).

EBUS'u ilk uygulayan göğüs cerrahisi olan Yasufuku, mediastinal evrelemede altın standardımız olan mediastinoskopiyle EBUS ile alınan sonuçlar karşılaştırıldığında, eğitilmiş bir göğüs cerrahisinin ellerinde EBUS'un ilk seçenek olarak düşünülebileceğini ifade etmektedir (21).

Groth ise EBUS'u uygulamanın göğüs cerrahisi için bir zorunluluk olduğunu, endoskopik ultrasonografi (EUS) ile kombine edilen EBUS'un, torasik malignitelerin evrelemesini doğru bir şekilde yapabileceğini belirtmiştir (22).

Sonuçta, EBUS uygulaması, çok hızlı öğrenebileceğimiz ve güvenli bir biçimde doğru tanımlara ulaşabileceğimiz bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Mediastinoskopi sırasında düşük oranda da olsa, gelişebilecek olası bir komplikasyon, hemen tüm göğüs cerrahilerinin korkulu rüyasıdır demek yanlış olmaz. EBUS'u, gerek ilk adımda mediastinal evreleme için gerekse neoadjuvan tedavi sonrası yeniden evreleme için kullanmak, biz hekimlerin EBUS ile hastaların önemli bir kısmına histopatolojik kesin tanı koyup seçilmiş hasta grubuna mediastinoskopiye uygulama şansı verebilir. EBUS ile lenf bezlerinden malign tanısı almak gereksiz cerrahi işlemleri önlediği gibi benign tanısı almak da eğer göğüs cerrahisi tarafından EBUS yapılmış ise mediastinoskopi/VATS/torakotomi ile doğrulamasını yapmak da EBUS uygulayan cerrahin ufkunu genişletebilir.

KAYNAKLAR

1. Adams K, Shah PL, Edmonds L, Lim E. Test performance of endobronchial ultrasound and transbronchial needle aspiration biopsy for mediastinal staging in patients with lung cancer: systematic review and metaanalysis. Thorax 2009;64:757-2.
2. Gu P, Zhao YZ, Jiang LY, et al. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration for staging of lung cancer: a systematic review and meta-analysis. Eur J Cancer 2009;45:1389-6.
3. Chandra S, Nehra M, Agarwal D, Mohan A. Diagnostic accuracy of endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle biopsy in mediastinal lymphadenopathy: a systematic review and meta-analysis. Respir Care 2012;57:384-1.

4. Krasnik M, Vilmann P, Larsen SS, Jacobsen GK. Preliminary experience with a new method of endoscopic transbronchial real time ultrasound guided biopsy for diagnosis of mediastinal and hilar lesions. *Thorax* 2003;58:1083-6.
5. National Comprehensive Cancer Network. NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology (NCCN Guidelines) Non-Small Cell Lung Cancer, 2015. http://www.nccn.org/professionals/physician_gls/f_guidelines.asp. Accessed, 2015.
6. Detterbeck FC, Lewis SZ, Diekemper R, et al. Executive summary: diagnosis and management of lung cancer, 3rd ed: American College of Chest Physicians evidence-based clinical practice guidelines. *Chest* 2013;143(Suppl):78-378.
7. De Leyn P, Dooms C, Kuzdzal J, et al. Revised ESTS guidelines for preoperative mediastinal lymph node staging for non-small-cell lung cancer. *Eur J Cardio Thorac Surg* 2014;45:787-98.
8. Ernst A, Silvestri GA, Johnstone D. Interventional pulmonary procedures: guidelines from the American College of Chest Physicians. *Chest* 2003;123:1693-717.
9. Bollinger CT, Mathur PN. ERS/ATS statement on interventional pulmonology. *Eur Respir J* 2002;19:356-73.
10. Bizakis CS, Santo TJ, Parker KL, et al. Initial experience with endobronchial ultrasound in an academic thoracic surgery program. *Clin Lung Cancer* 2010;11:25-9.
11. Usluer O, Kaya SO. Endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration of mediastinal lymphadenopathy: effect of the learning curve. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2014;19:693-5.
12. Bolsin S, Colson M. The use of the Cusum Technique in the assessment of trainee competence in new procedures. *Int J Qual Health Care* 2000;12:433-8. (Grunkemeier GL, Wu YX, Furnary AP. Cumulative sum techniques for assessing surgical results. *Ann Thorac Surg* 2003;76:663-7.)
13. Toker A, Tanju S, Ziyade S, Kaya S. Learning curve in videothoracoscopic thymectomy: how many operations and in which situations? *Eur J Cardiothorac Surg* 2008;34:155-8.
14. Kemp SV, El Batrawy SH, Harrison RN, et al. Learning curves for endobronchial ultrasound using cusum analysis. *Thorax* 2010;65:534-8.
15. Murzi M, Cerillo AG, Bevilacqua S, et al. Enhancing departmental quality control in minimally invasive mitral valve surgery: a single-institution experience. *Eur J Cardiothorac Surg* 2012;42:500-6.
16. Buchs NC, Pugin F, Bucher P, et al. Learning curve for robot-assisted Roux-en-Y gastric bypass. *Surg Endosc* 2012;26:1116-21.
17. Steinfurt DP, Hew MJ, Irving LB. Bronchoscopic evaluation of the mediastinum using endobronchial ultrasound-a description of the first 216 cases performed at an Australian tertiary hospital. *Intern Med J* 2011;41:815-24.
18. Groth SS, Whitson BA, D'Cunha J, et al. Endobronchial ultrasound-guided fine-needle aspiration of mediastinal lymph nodes: a single institution's early learning curve. *Ann Thorac Surg* 2008;86:1104-9.
19. Wahidi MM, Hulett C, Pastis N, et al. Learning experience of linear endobronchial ultrasound among pulmonary trainees. *Chest* 2014;145:574-8.
20. Rice DC. Endobronchial Ultrasound (EBUS) Biopsy of Mediastinal Lymph Nodes. Texas, Houston, MD Anderson Cancer Centre http://www.ctsnet.org/sections/clinicalresources/thoracic/expert_tech-40.
21. Yasufuku K, Chiyo M, Sekine Y, et al. Real-time endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration of mediastinal and hilar lymph nodes. *Chest* 2004;126:122-8.
22. Groth SS, Andrade RS. Endobronchial and endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration: a must for thoracic surgeons. *Ann Thorac Surg* 2010;89:S2079-83.