



Periferik Pulmoner Nodüllere Yaklaşım: Ultra İnce FOB, Navigasyon, RP-EBUS, Robotik Bronkoskopi

Dr. Barıř Demirkol

SBÜ Bařakřehir am ve Sakura řehir Hastanesi

5 Aralık 2025



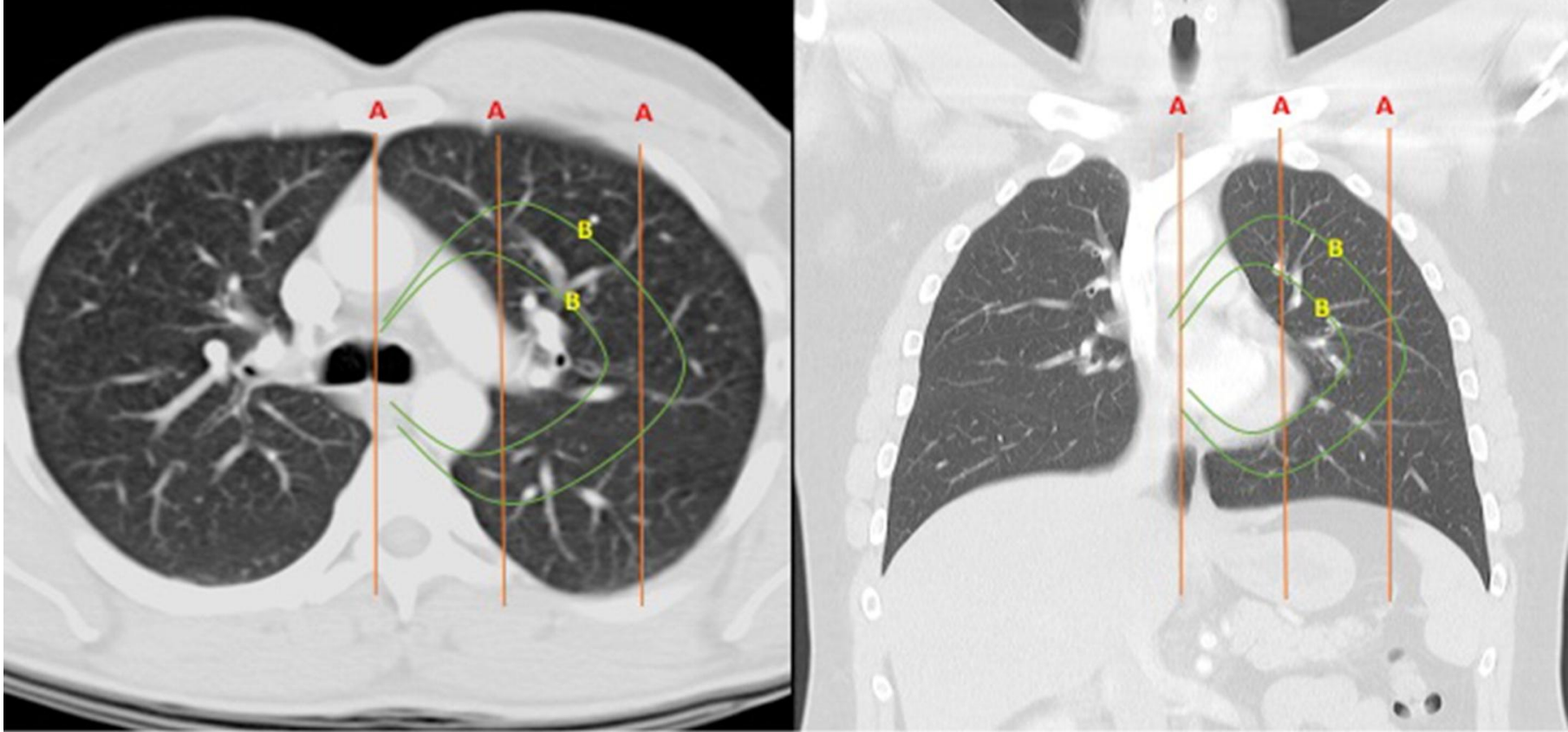
Approach to Peripheral Pulmonary Nodules: Ultra-Thin FOB, Navigation, RP-EBUS, Robotic Bronchoscopy

Dr Baris Demirkol

University of Health Sciences Turkey
Basaksehir Cam and Sakura City Hospital

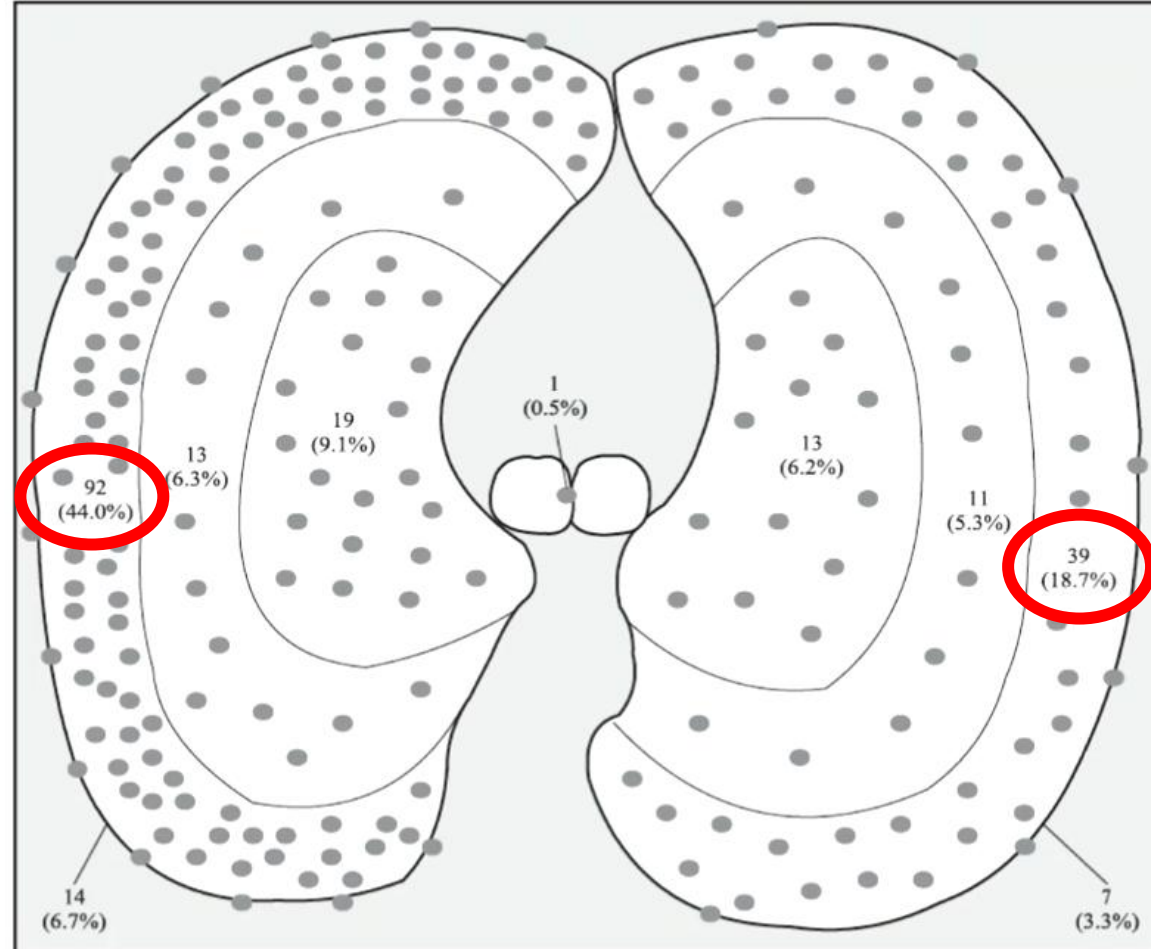
5 December 2025

Akciğerin periferi neresi ?



- ✓ Akciğerin dış 1/3'lük bölümü
- ✓ Kostal plevral yüzeyden 3 cm içeri

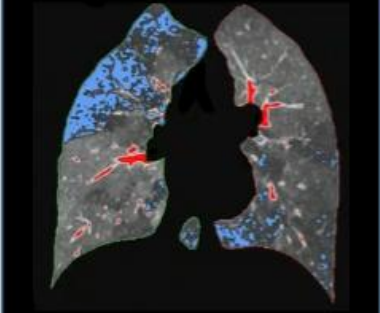
Kanser taramasında nodül dağılımı



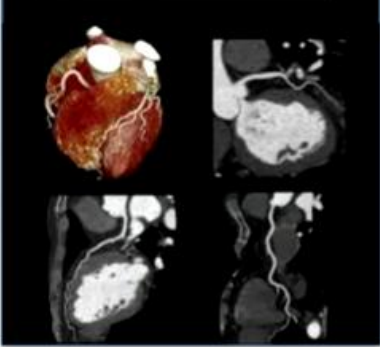
Akciğerlerde görülen lezyon sayısı artıyor...



Kanser tarama programları
(daha ince kesitli BT'ler)



BT kullanım sıklığında artış
(özellikle COVID-19 nedeniyle)



Kardiyak BT kullanımı



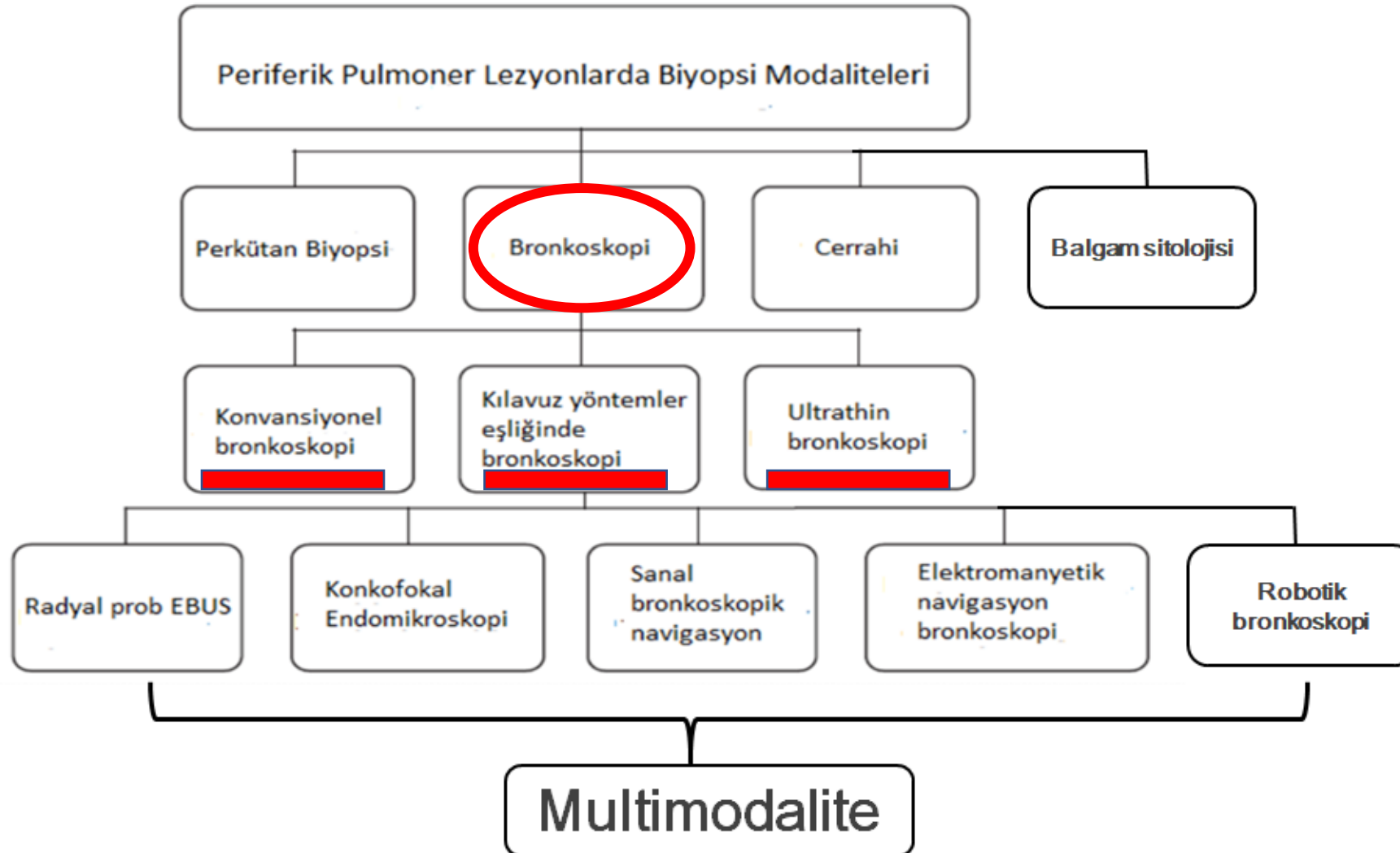
Ekstratorasik malignitelerden
metastaz

İkinci primer akciğer kanseri

SPN %25-30 inoperabl

Choi I, Transl Lung Cancer Res. 2019
Koshy M et al. J Thorac Oncol. 2015

Periferik Akciğer Lezyonları – Biyopsi Modaliteleri



Periferik Akciğer Lezyonları Bronkoskopik Yöntemler

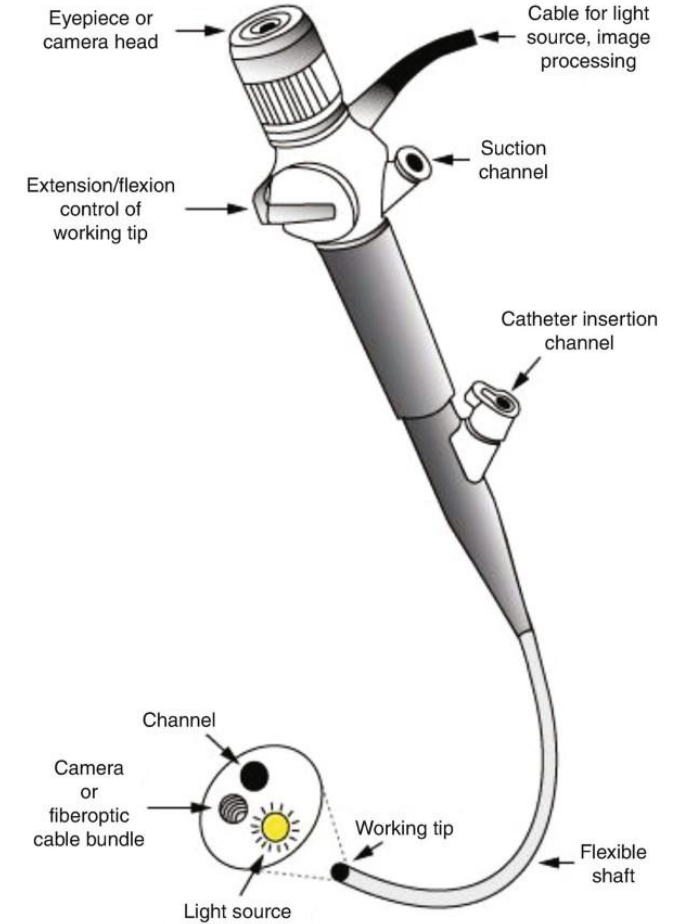
- Konvansiyonel bronkoscopi
- Ultra ince bronkoscopi
- Radial-prob endobronşiyal ultrasonografi (rp-EBUS)
- Navigasyonel bronkoscopi
 - Sanal navigasyon bronkoscopi
 - Elektromanyetik navigasyon bronkoscopi
- Konfokal lazer endomikroskopi
- Robotik bronkoscopi

M
U
L
T
I
M
O
D
A
L
İ
T
E



Konvansiyonel Bronkoskopi

- Standart bronkoskop: 4.9-6.1 mm
- 5.9 mm'lik bronkoskopi ile;
 - 4-5. dallanmaya ulaşılabilir ve sonraki 1-2 dallanma sadece görüntülenebilir
 - Bronkoskopide görünen lezyonlarda tanı başarısı %85
 - Periferik malign lezyonların tanısında sensitivite 0.34-0.63
- <2 cm lezyonlar için;
 - Santral alanda ≈%30
 - Periferal alanda ≈%15
 - PET (+) ise ≈%53



Konvansiyonel Bronkoskopi

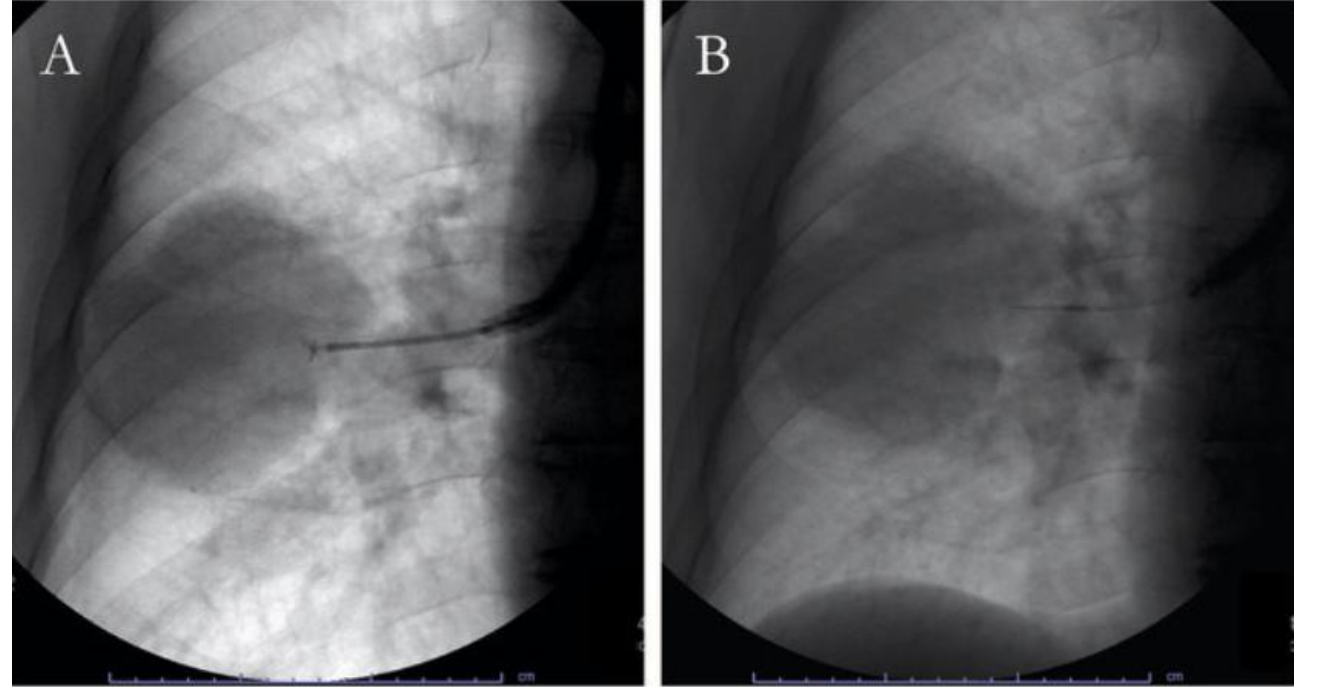
Temel sorunlar;

- Bronkoskopun distale ilerletilememesi
- Bronkoskop ve biyopsi ekipmanlarının yönlendirilmesinde zorluklar
- Biyopsi ekipmanlarının lezyona ulaşp ulaşmadığının doğrulanamaması



Transbronşiyal biyopsi - Fluoroskopi eşliğinde

- Tanı başarısı **%36-38**
- Radyasyon maruziyeti
- Sorun:
 - Küçük lezyonlar
 - Skopide görülemeyen lezyonlar



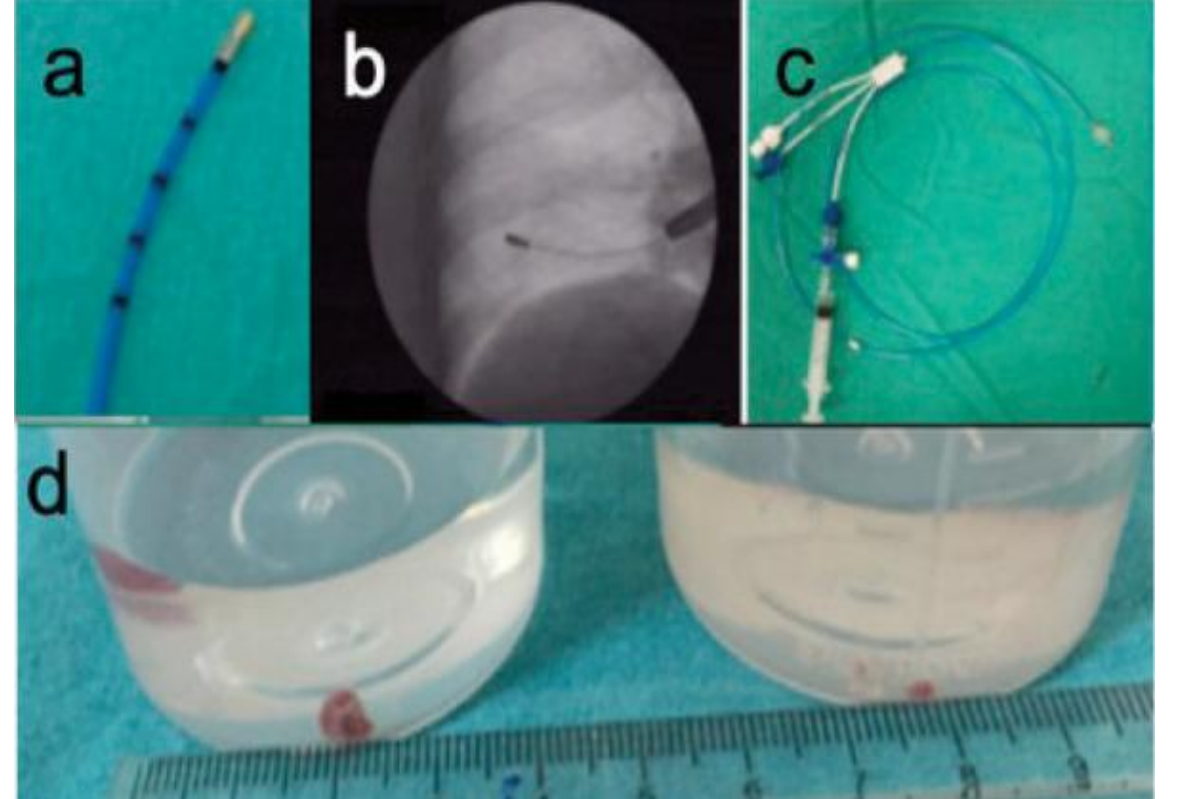
Transbronşiyal biyopsi - BT eşliğinde

- Tanı başarısı: %62-75
- Pnömotoraks sıklığı daha düşük
- Tanı başarısı ile ilişkili faktörler;
 - Bronş işareti
 - Lezyonun hilustan uzaklığı
 - Boyut
- Radyasyon maruziyeti
 - Konvansiyonel floroskopiye göre $\approx$ 5 kat
 - ❖ Düşük doz BT ile azaltılabilir



Transbronşiyal kriyobiyopsi $\pm$ Fluoroskopi

- Tanı başarısı: %66.7 (PPN için)
- Ameliyathane şartları ve genel anestezi
 - Rijid bronkoskopi
 - Entübasyon tüpü $\pm$ Fleksibl bronkoskop



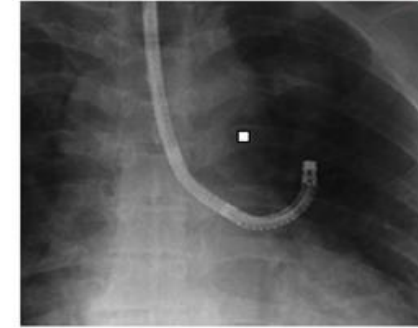
a) 1,9 mm $\varnothing$ unda ve 900 mm uzunluğunda kriyoprob

c) Fogarty balonu

d) Kriyo-transbronşiyal akciğer biyopsi ile geleneksel biyopsi karşılaştırılması

Ultra ince bronkoscopi

- Ultra ince bronkoskop
 - 2.8–3.5 mm
 - 5.–6. dallanma ötesi
- Küçük hava yollarındaki sekresyon görüntü kalitesini bozabilir
- Küçük çalışma kanalı nedeni ile sekresyonların etkin aspirasyonu yapılamayabilir
- Tek başına kullanıldığında %57-70
- Sıklıkla diğer yöntemler ile kombine



Standart bronkoskop



Ultrathin bronkoskop

Ultra ince bronkoskop + Sanal bronkoscopi

Ultra ince bronkoskop + Fluoroscopi

Ultra ince bronkoskop + rp-EBUS

Tanı başarısı: %74

Ultra ince bronkoskopi Olgu sunumu

61, E

Şikayet

Kilo kaybı ve vücut ağrısı

Hikaye

Son 6 aydır olan vücut ağrısı ve kilo kaybı

Öz/soygeçmiş ve alışkanlık

DM, HT, Depresyon. 50 p/yıl sigara, aktif içici

Muayene

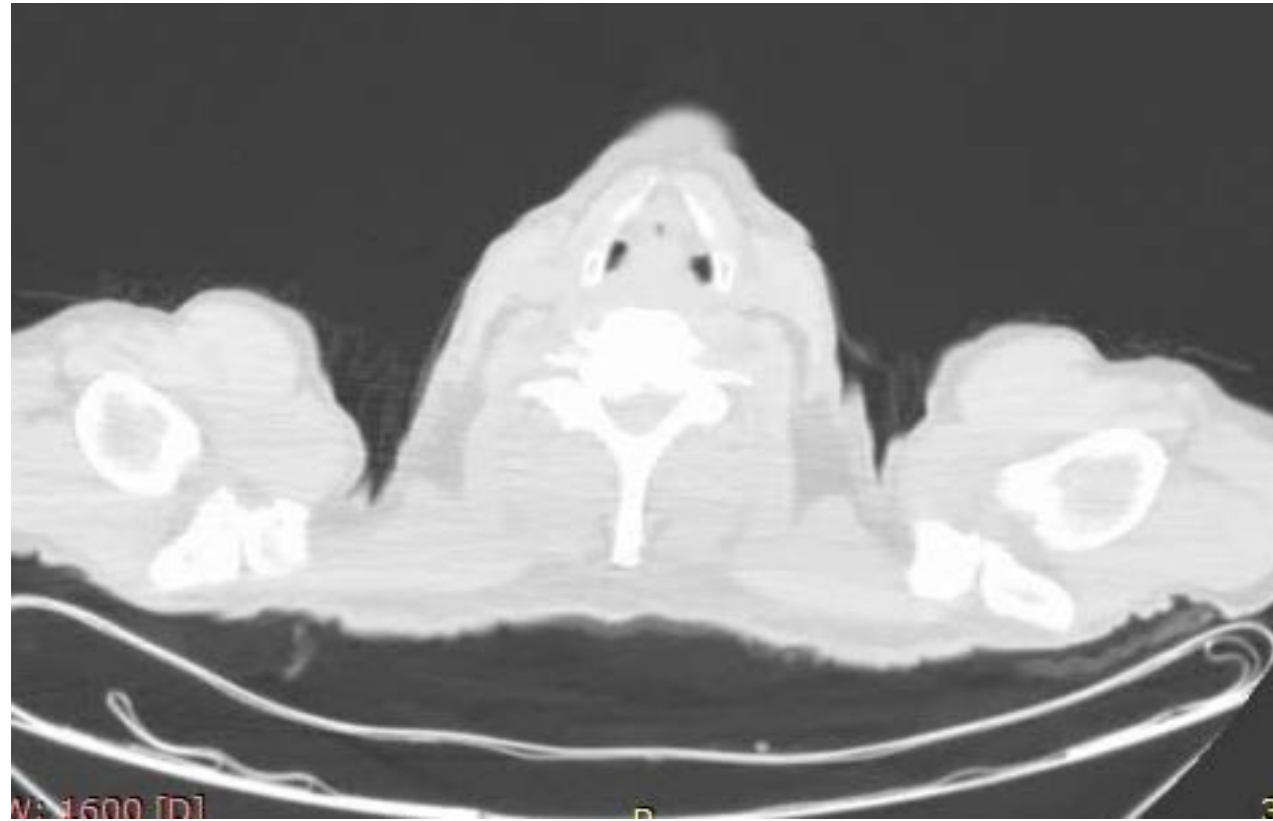
Clubbing(+) dışında normal

Laboratuvar

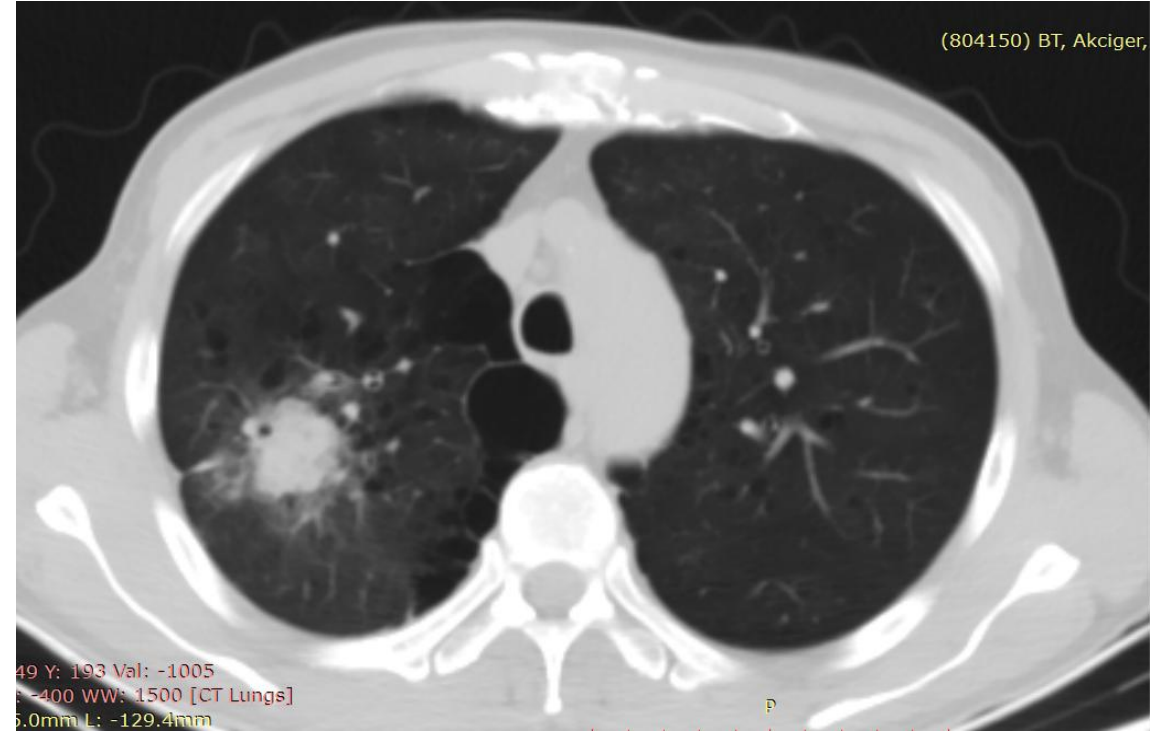
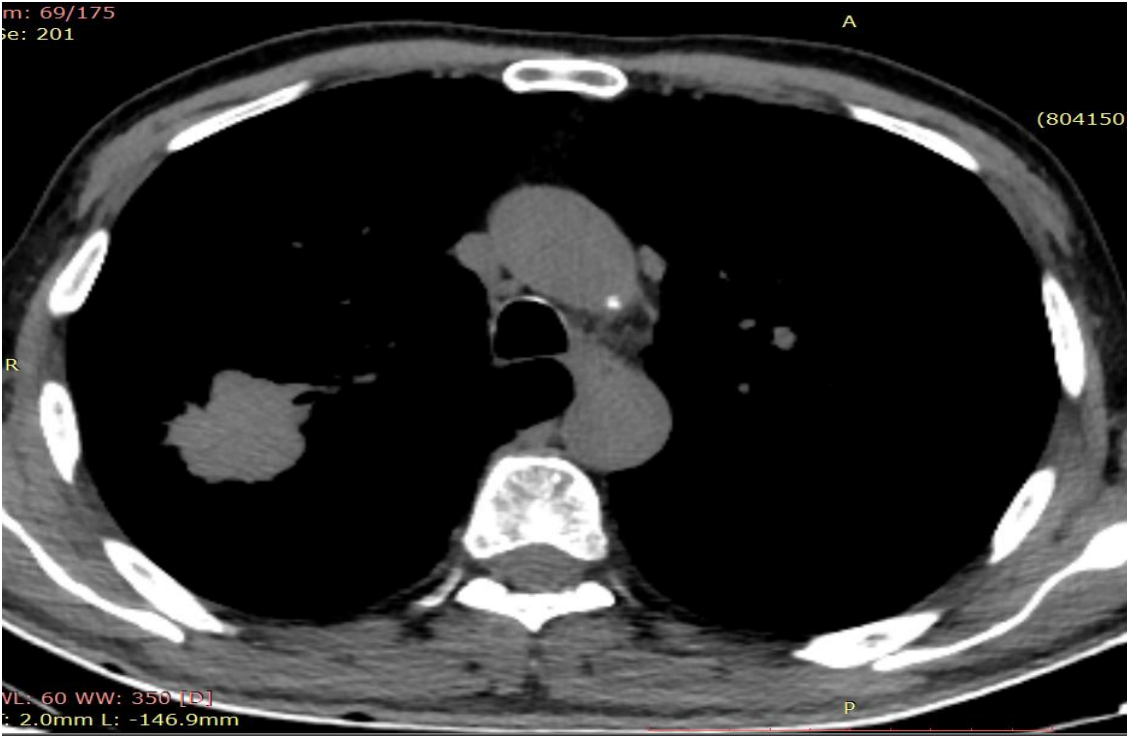
WBC: 12200, CRP 56.3 mg/L



TORAKS BT



TORAKS BT

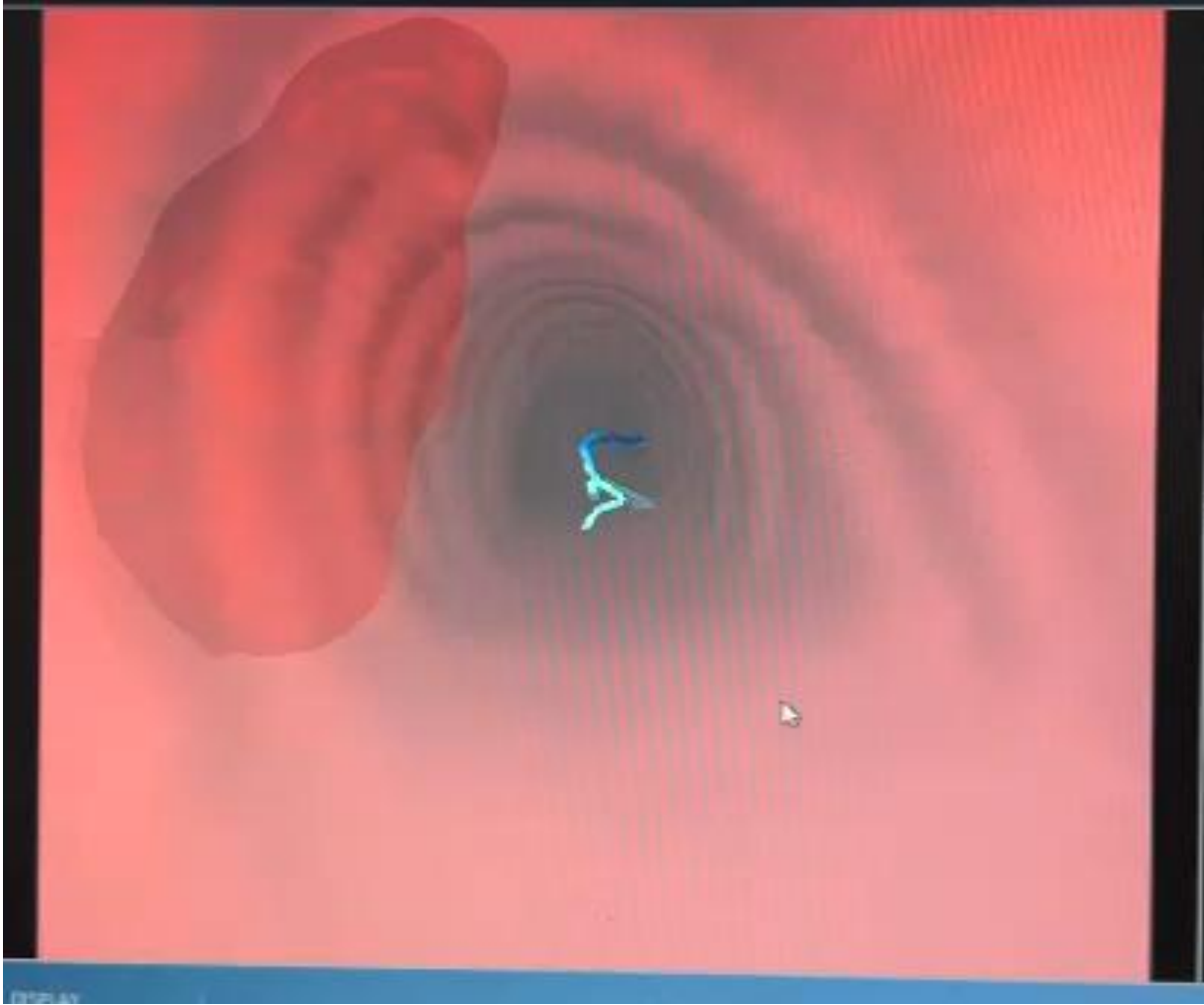


PET BT'de lezyon SUVmax: 15, sağ hiler lenf nodunda SUVmax: 2.8

Konvansiyonel Fleksibl Bronkoskopi



Sanal Bronkoskopik Görüntü

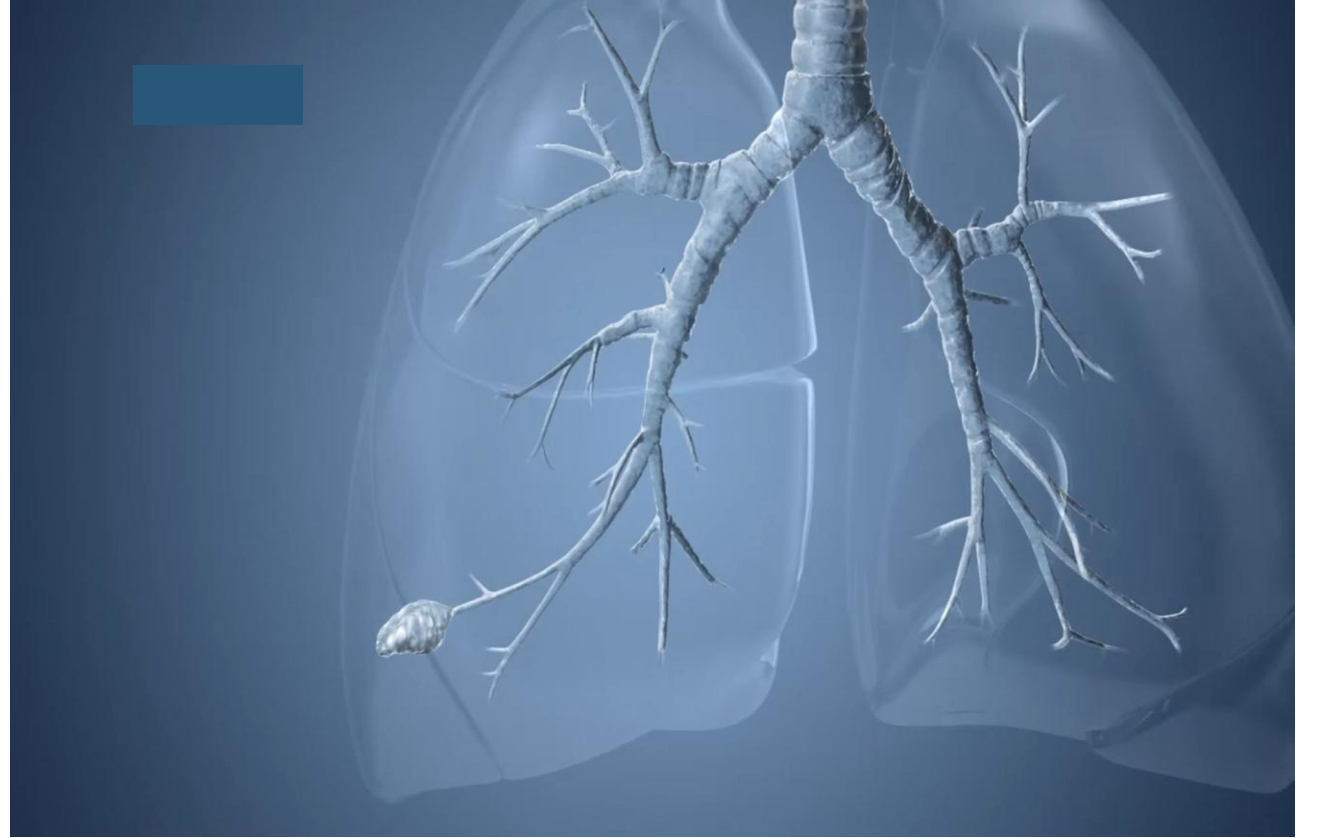


Ultra İnce Bronkoskopi

- Tanı: **Küçük hücreli akciğer karsinomu**
- EBUS: Sol hiler ve subkarinal LN örneklendi. Sonuç antrakoz ile uyumlu bulunmuş
- Kontrastlı **kranial MR'da dural metastaz** ile uyumlu alan izlendi
- Hasta onkoloji kliniğimize refere edildi

Radial Prob Endobronşiyal Ultrasonografi (rp-EBUS)

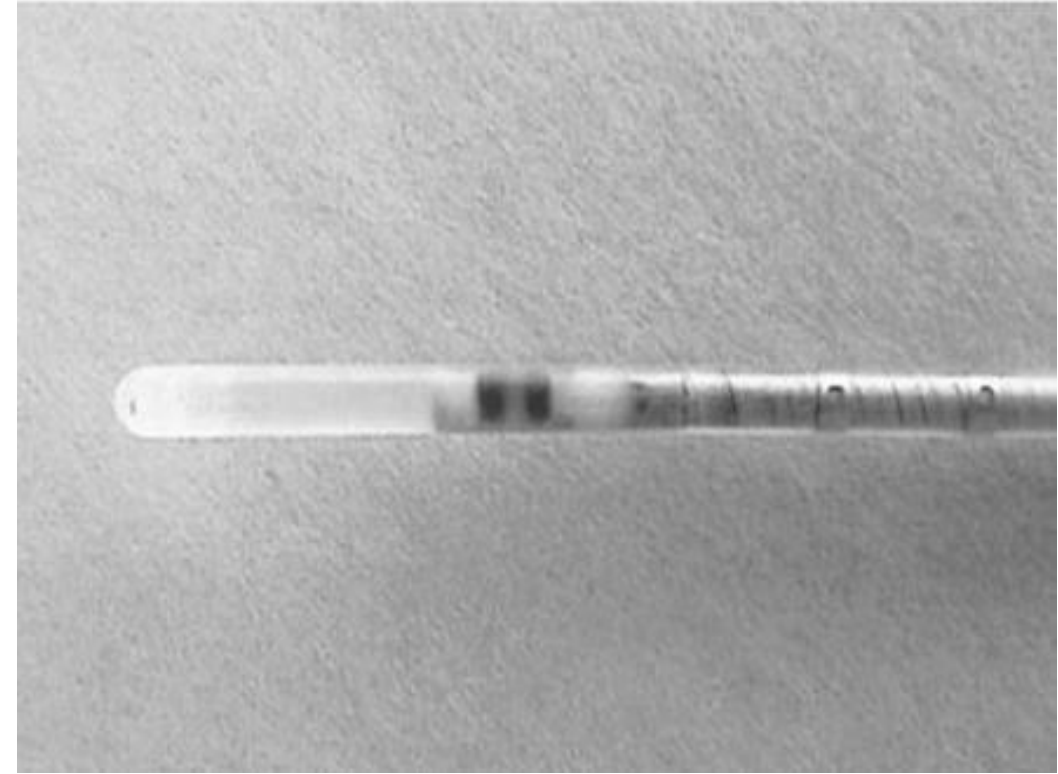
- Standart / ince bronkoskop
- Hedef segment/subsegmente bronkoskop yerleştirilir
- EBUS prob distale ilerletilir
 - 95 cm, 2 mm, teflon katater, 20 mHz US
 - 4-5 cm penetrens
- “Yağan kar” manzarası
- İnceleme
 - Anormal görünüm
 - Anormal yoğunluk
 - Homojenite
 - Sınır



Radial Prob Endobronşiyal Ultrasonografi (rp-EBUS)

Kullanım alanları;

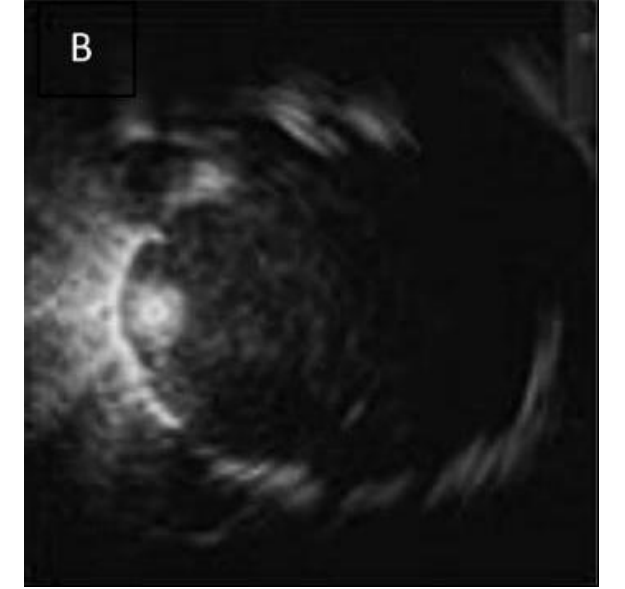
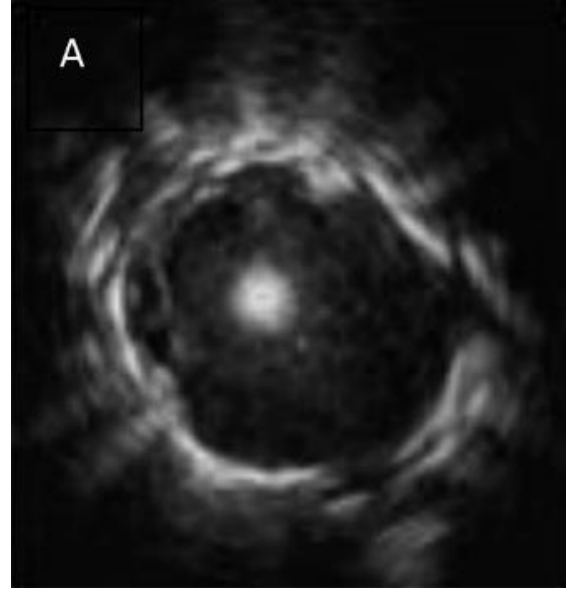
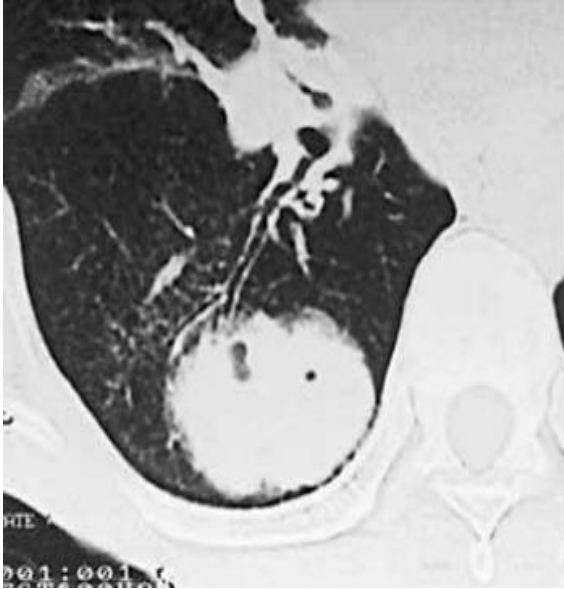
- Hiler-mediastinal lenfadenopatilerin tanısı
- Akciğer kanserli hastalarda mediastinal evreleme
- Erken akciğer kanseri (tanı-tedavi)
- Tümörün trakeobronşiyal duvar ve mediastene invazyonu
- Periferik akciğer lezyonları



Radyal Prob Endobronşiyal Ultrasonografi (rp-EBUS)

%84 Tanısal

%48 Tanısal



Tanı başarısı;

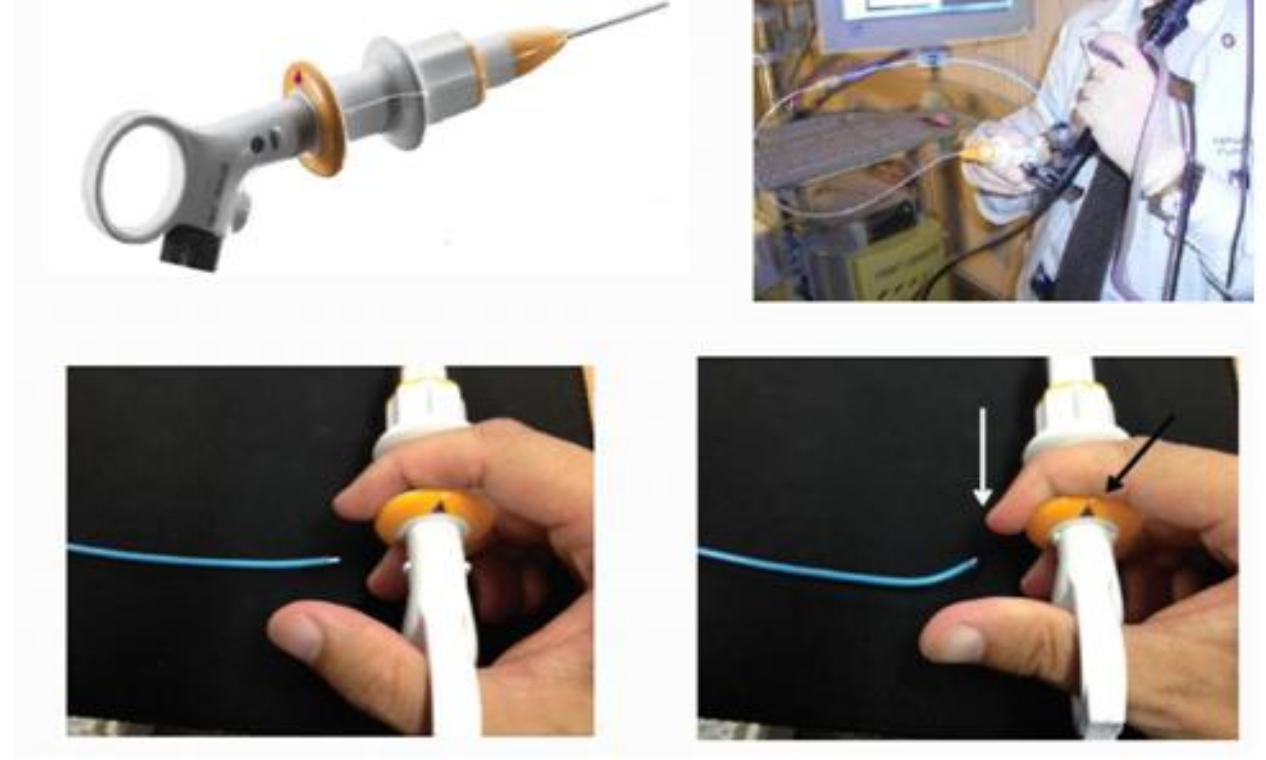
- >2 cm lezyonlarda
- Malign lezyonlarda
- BT'de bronş işareti varlığında

Konsantrik görüntü (A)

Eksantrik görüntü (B)

Elektromanyetik Navigasyon (EMN)

- 3 aşamalı işlem;
 - Planlama safhası
 - Kayıt safhası
 - Navigasyon safhası
- İşlem öncesi 1,25 mm ve daha ince kesit kalınlığında çekilmiş bilgisayarlı tomografi görüntüleri alınır
- EMN yazılım sistemine tomografi görüntüleri yüklenir ve hedef alanlar belirlenerek kaydedilir
- EMN sistemi,
 - elektromanyetik alan jeneratörü
 - hastaya bağlanan sensörler



Elektromanyetik Navigasyon (EMN)

RESEARCH ARTICLE

Open Access



Electromagnetic navigation bronchoscopy to access lung lesions in 1,000 subjects: first results of the prospective, multicenter NAVIGATE study

Sandeep J. Khandhar^{1†}, Mark R. Bowling², Javier Flandes³, Thomas R. Gildea⁴, Kristin L. Hood⁵, William S. Krimsky⁶, Douglas J. Minnich^{7,14}, Septimiu D. Murgu⁸, Michael Pritchett⁹, Eric M. Toloza^{10,11}, Momen M. Wahidi¹², Jennifer J. Wolvers⁵, Erik E. Folch^{13*†} and for the NAVIGATE Study Investigators

Diagnostic Yield and Safety of Electromagnetic Navigation Bronchoscopy for Lung Nodules: A Systematic Review and Meta-Analysis

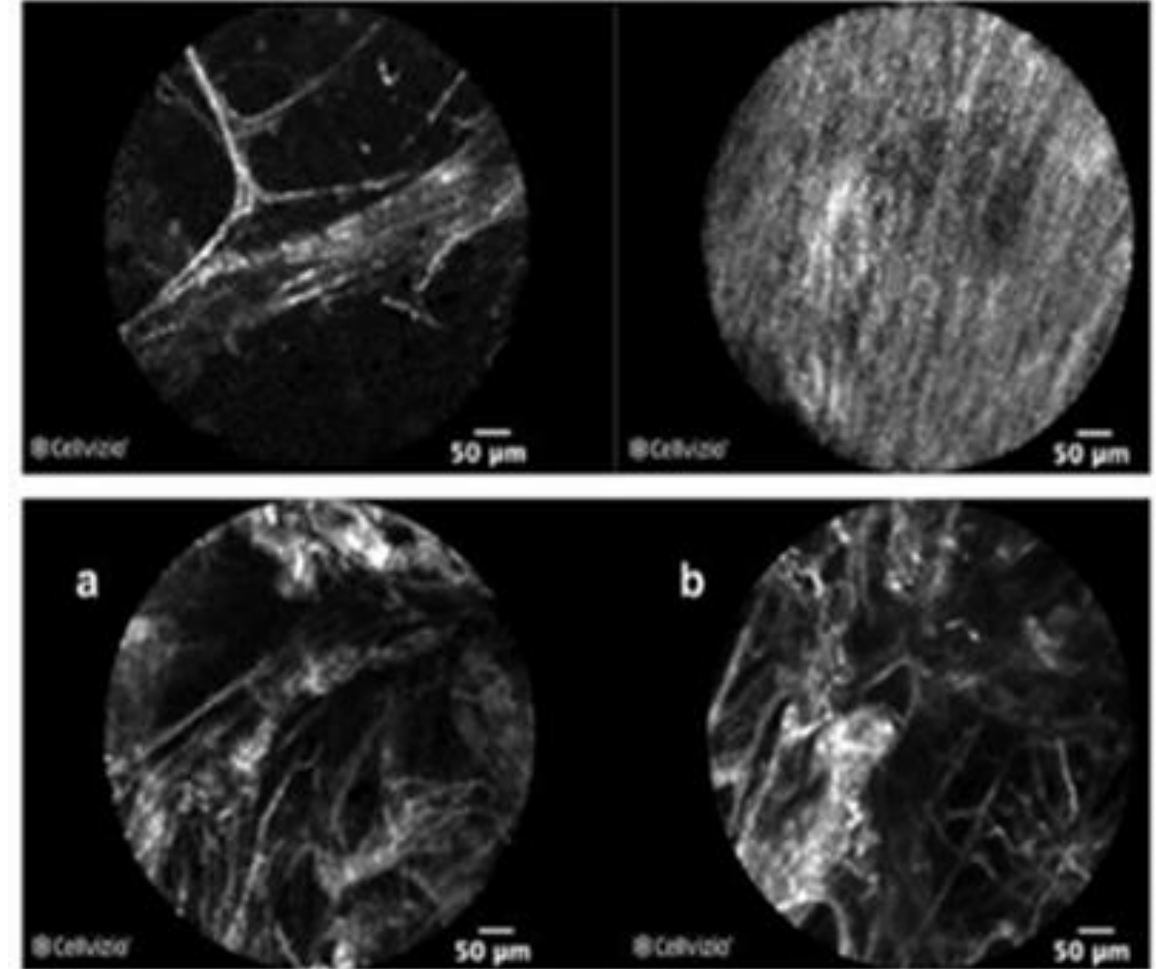
Respiration 2014;87:165–176

• Tanı başarısı ile ilişkili bildirilen faktörler;

- *Nodül lokalizasyonu
- *Nodül boyutu
- *BT'de "bronş işareti"
- *Biyopsi araçları: İğne aspirasyonu+fırça+biyopsi kombinasyonu
- *Radyal prob EBUS/floroskopi kombinasyonu
- *Düşük kayıt hatası
- *ROSE
- *Operatör tecrübesi
- *Anestezi tipi

Konfokal Lazer Endomikroskopi

- Prob ve lazer kullanarak, bronkoscopi sırasında in vivo mikroskopik inceleme
- 2 teknik bulunmakta
 - Prob temelli CLE
 - İğne temelli CLE
- Malign lezyonlarda
- Benign patolojilerde (İAH)

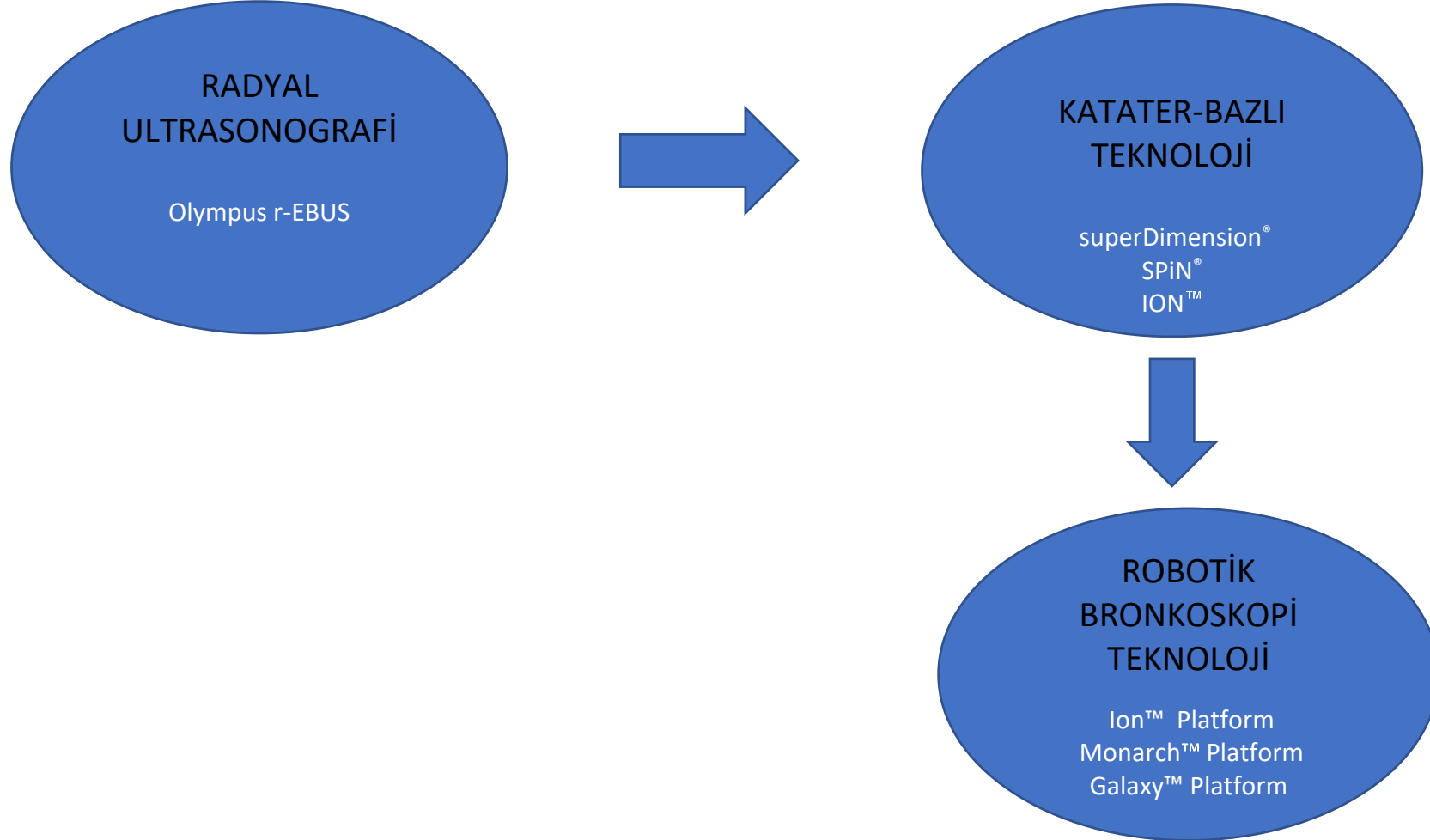


1. Nesil Kılavuzlu Bronkoskopiler

Technology	Studies, No.	Weighted Proportion, %	95% CI	Q Statistic	Q <i>P</i> Value
VB	10	72.0	(65.7-78.4)	21.0	.01
ENB	11	67.0	(62.6-71.4)	13.3	.21
GS	10	73.2	(64.4-81.9)	63.8	< .0001
U	11	70.0	(65.0-75.1)	15.2	.12
R-EBUS	20	71.1	(66.5-75.7)	84.2	< .0001
All	39	70.0	(67.1-72.9)	119.4	< .0001

*39 çalışmadan 3,052 lezyonun meta-analizi

Periferik Bronkoskopinin Gelişimi



Robotik Bronkoscopi

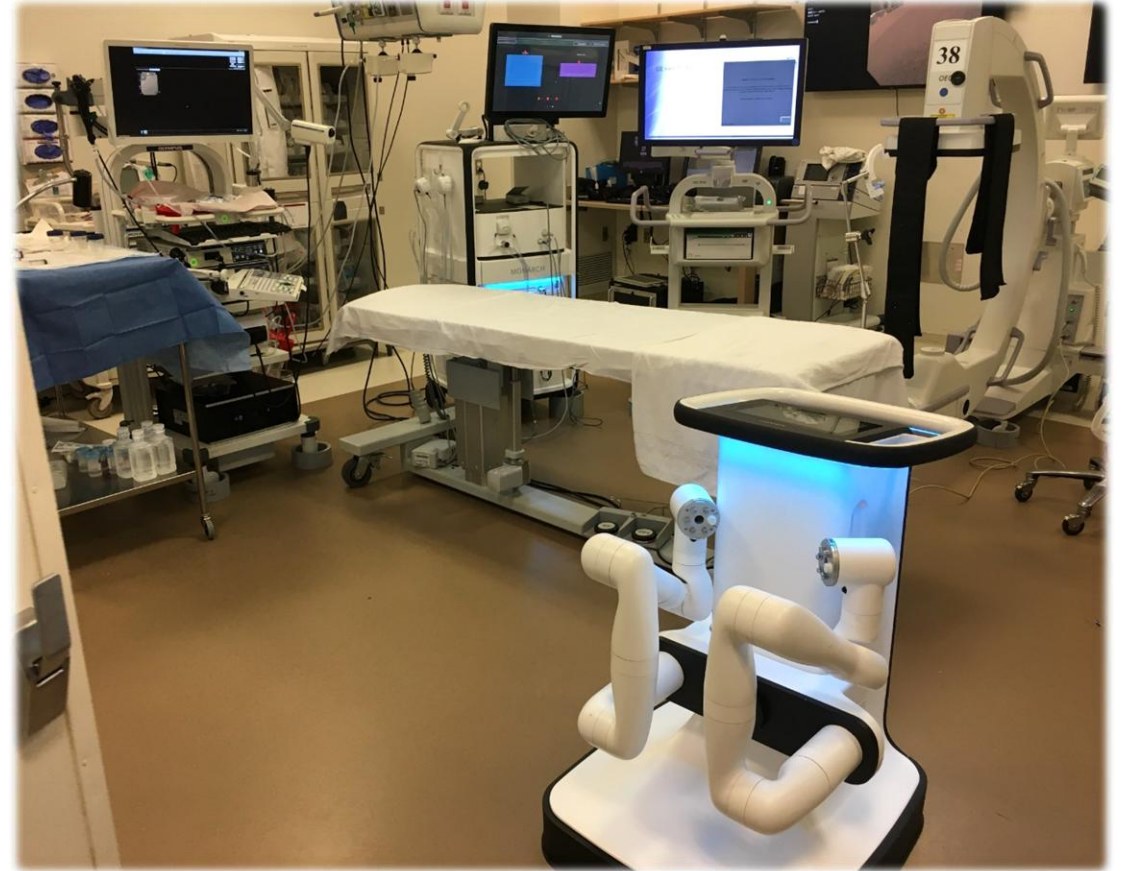
- Periferik pulmoner lezyonların yüksek doğrulukla lokalizasyonu belirleyebilen
- Santral ve periferik lezyonlardan yüksek stabilite ve ince manevra yeteneğiyle biyopsi yapılmasını olanak kılan

yeni bir teknoloji



Robotik Bronkoscopi

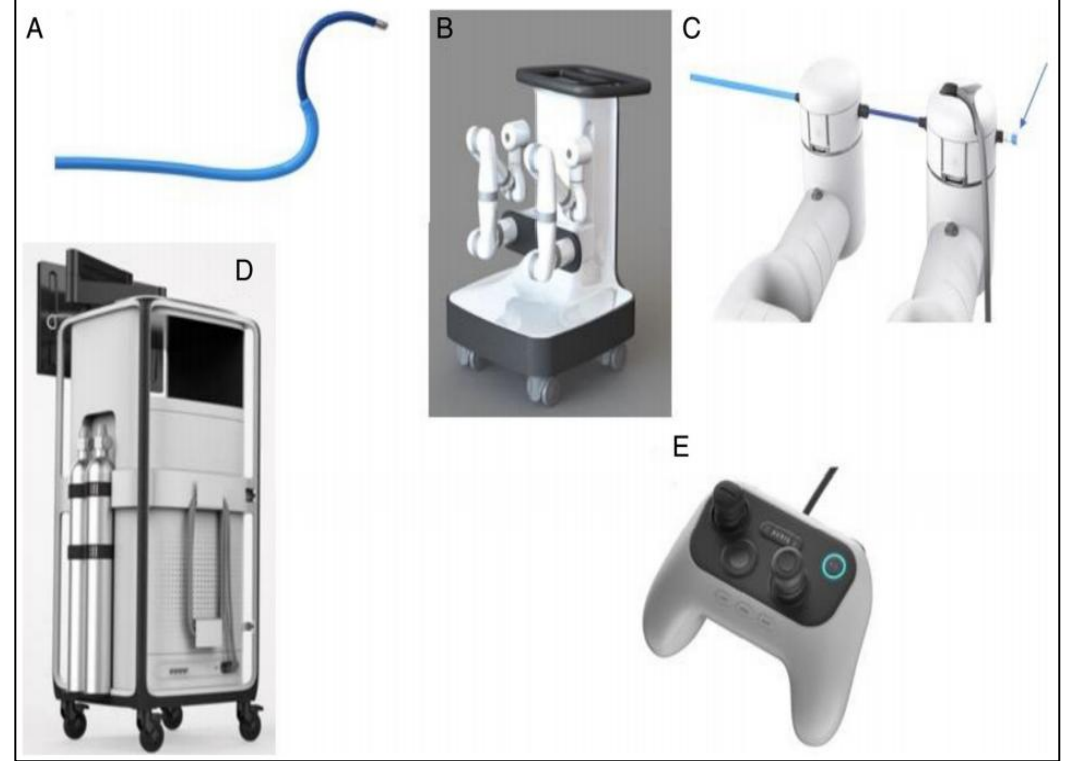
- Yüksek çözünürlüklü toraks BT
 - ≤ 1.25 mm kesit kalınlığı
 - Sanal harita oluşturma
- Robotik bronkoscopi sistemi
- Elektromanyetik navigasyon
 - bronkoskopun/enstrümanların yönlendirilmesi
- r-EBUS ve floroskopi
 - nodül lokalizasyonunu gerçek zamanlı belirleme



Robotik Bronkoskopi

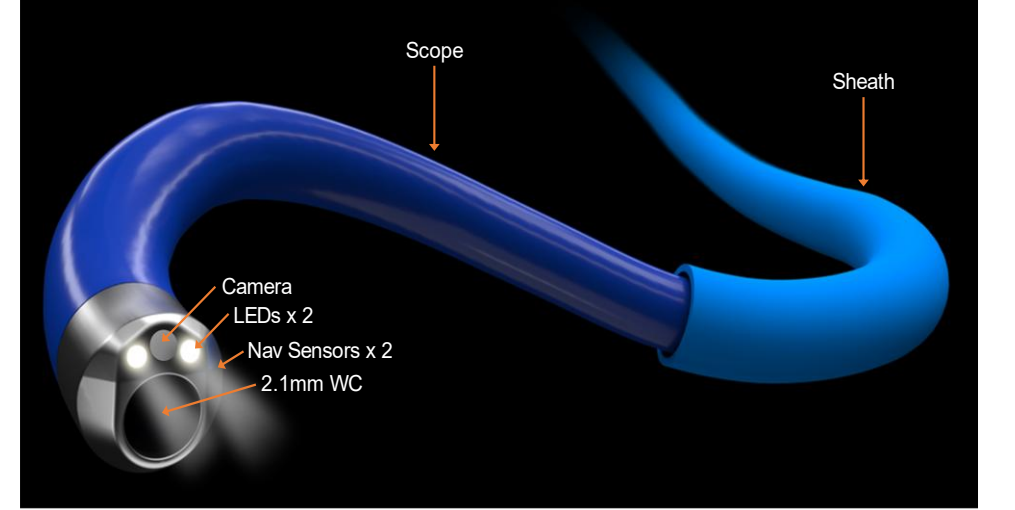
Monarch Sistemi

- Ana bileşenleri;
 - robotik bronkoskop sistemi (Şekil A)
 - robotik ünit (Şekil B)
 - işlemci kulesi (Şekil D)

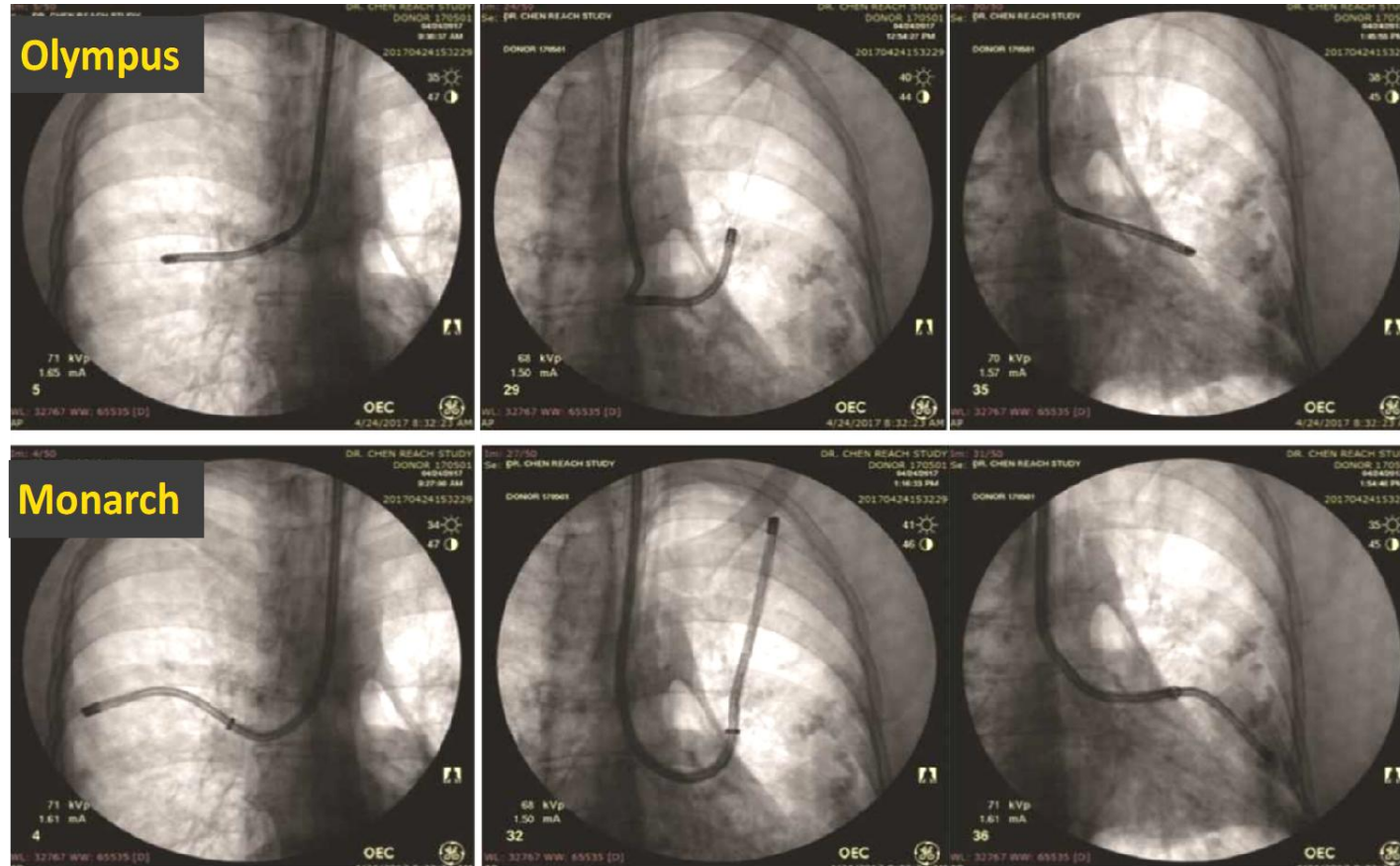


Robotik Bronkoscopi Sistemi

- Gelişmiş manevra kabiliyeti
 - özellikle üst ve alt lob apikal segmentler
- Robotik bronkoscopi sistemi;
 - rehber kılıf 6 mm
 - dış çap 4,2 mm
 - çalışma kanalı 2,1 mm
 - EMN sensör, kamera ve ışık kaynakları
- 360 direksiyon kontrollü
 - kılıf 130° manevra
 - bronkoskop 180° manevra



Periferik Nodüllere Erişim

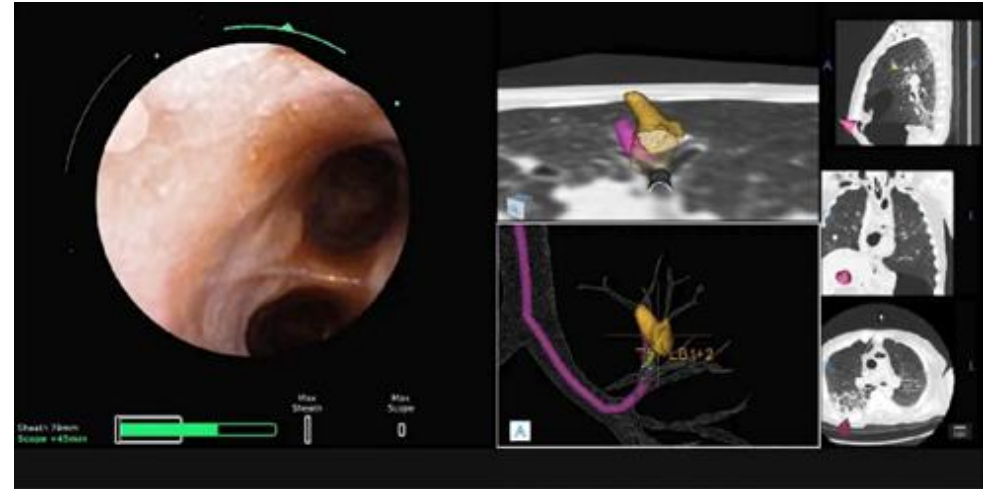
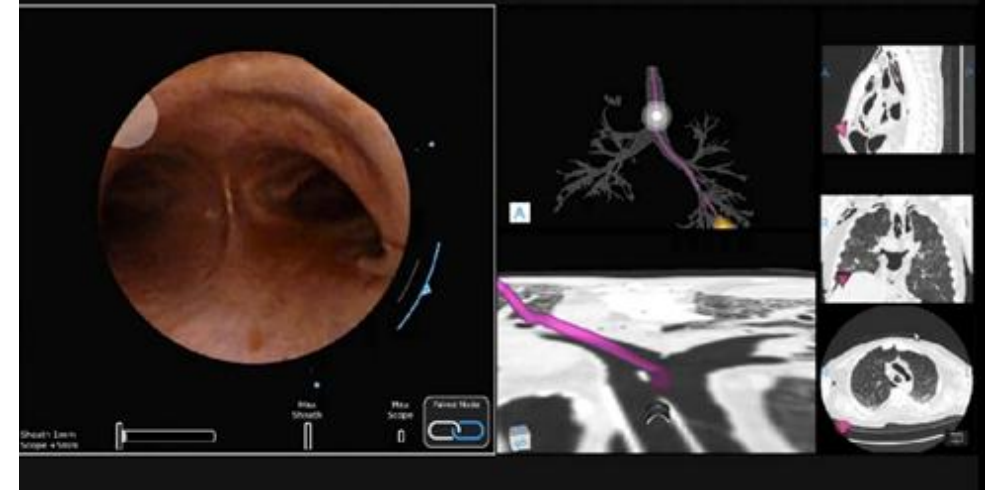


4.2 cm
daha distale erişim

2.1 cm
plevraya uzaklık

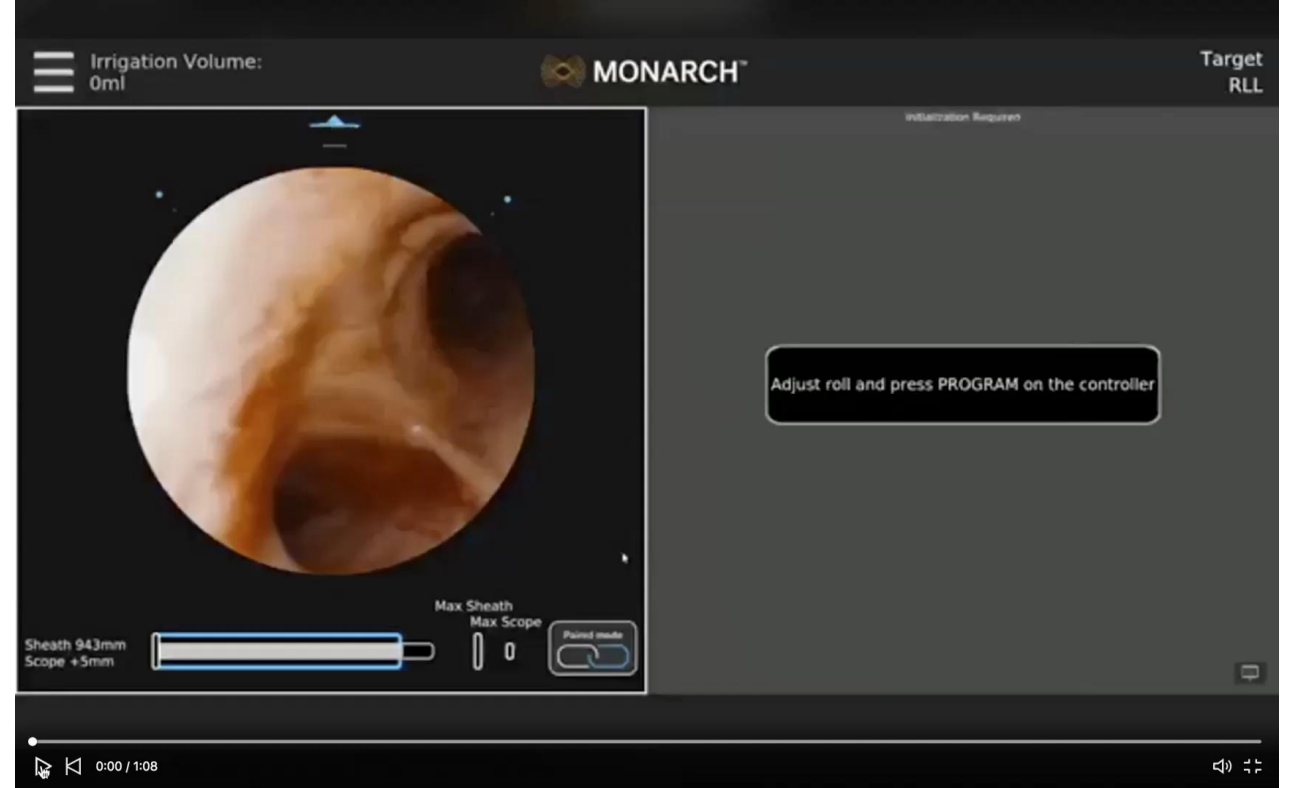
Robotik Bronkoscopi Sistemi

- EMN için hazırlanan görüntüler işlemci kulesindeki bilgisayar sistemine aktarılır
- Görüntüler hava yollarını ve bronkoskop konumunu değişik yönlerden gösterir



Robotik Yerleřtirme ve Hedefe Ulařma

- Özelleřtirilmiř kamera sistemi ile canlı görüntüleme
- Gerçek zamanlı olarak karinada sanal hava yollarını algılama ve oluşturma (**Optical Pattern Recognition**)
- Sanal ve gerçek hava yollarının eşleştirilmesi
- Hedef için EM konumlandırma ve robotik yerleştirme verileriyle görüş lokalizasyonunu birleştirme



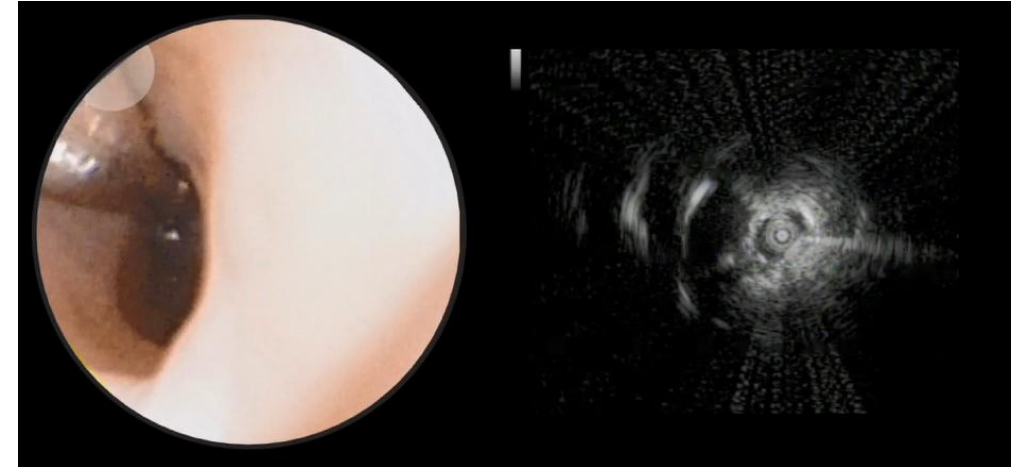
İşlem Süresince Gerçek Zamanlı Görselleştirme

- Entegre kamera kesintisiz görüş sağlar
 - Net bir görüntü sağlamak için dahili aspirasyon/irrigasyon
 - Multipl biyopsi sonrası bile biyopsi bölgesini görselleştirme
 - Robotik stabilite ile hava yolu duvarına bastırmadan biyopsi
 - Biyopsi sırasında lezyon hareketini tanımlama
 - Hava yolu duvarında alet sapmasını değerlendirme

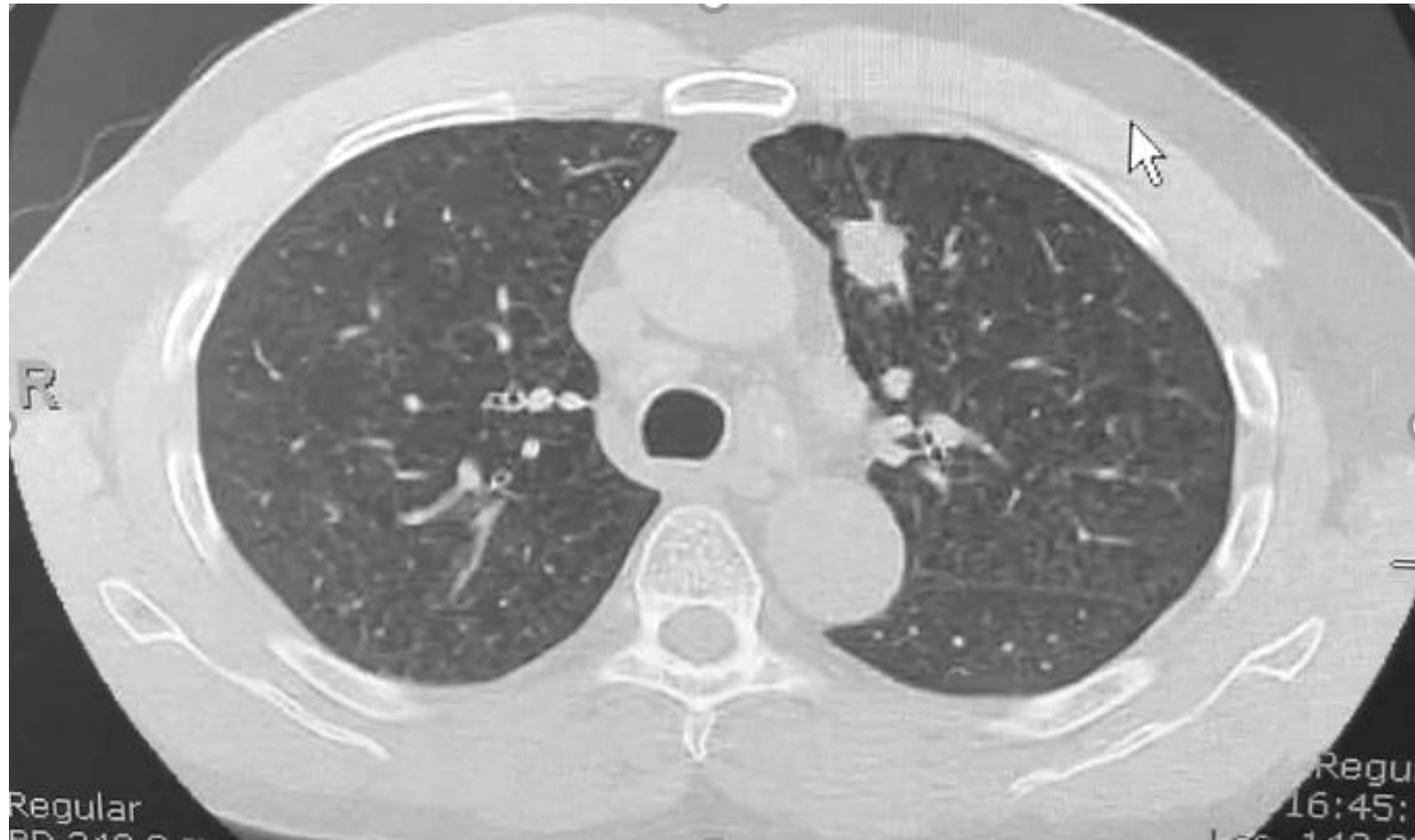


Hassas Distal U Maniplasyonu

- Canlı görme ile eřleřtirilmiř mikro distal u kontrolü
- Gerçek zamanlı olarak anatomik hareket ve alet sapmasının görüntülenmesi
 - r-EBUS ile yn kazanma ve hedef konumu onaylama
 - Biyopsi alanına tekrarlayan erişim (iğne → r-EBUS → forceps)
 - RT veya medikasyon gibi bronkoskopik ablatif tedaviler için potansiyel rol



OLGU





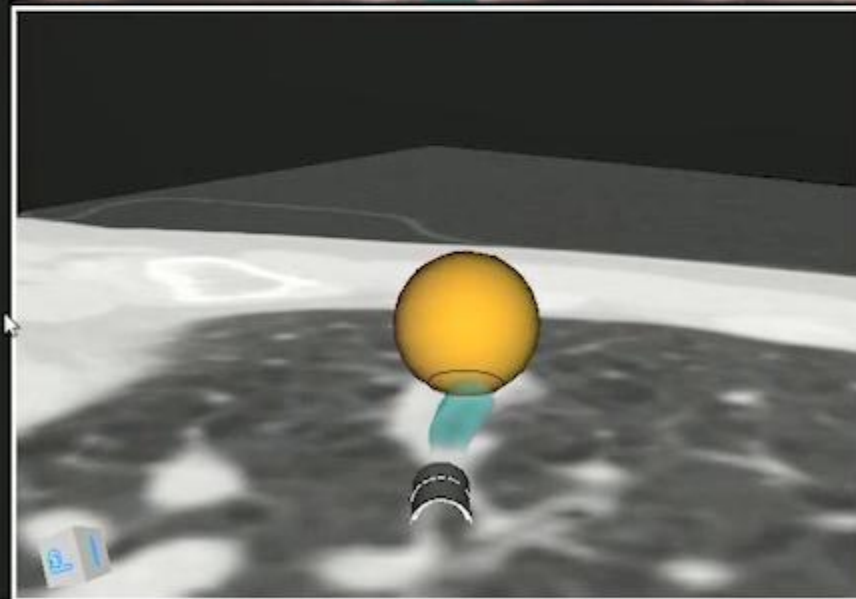
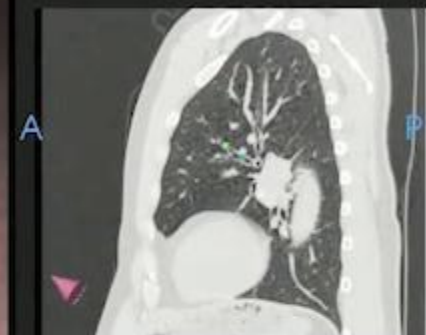
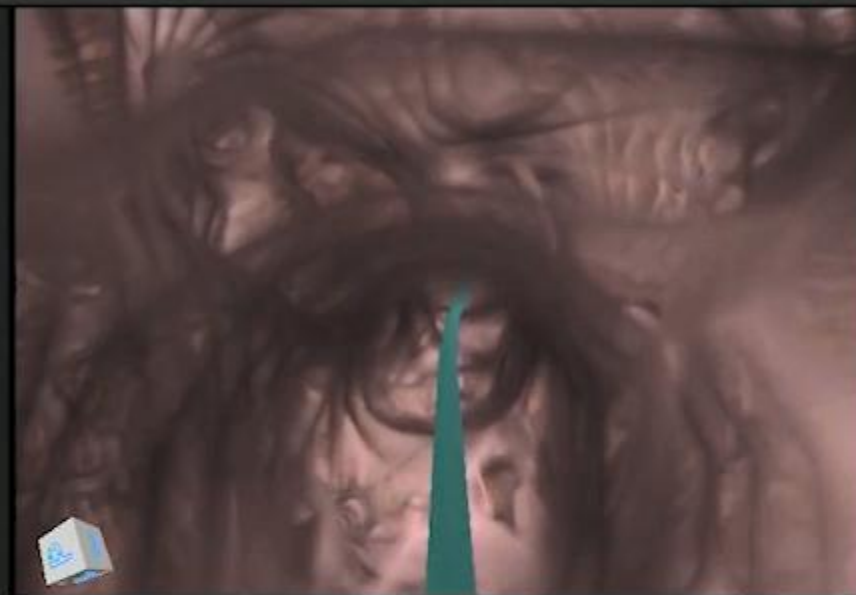
Irrigation Volume:
0ml



MONARCH™

23 mm

Target
Target 1



Sheath 114mm
Scope +49mm

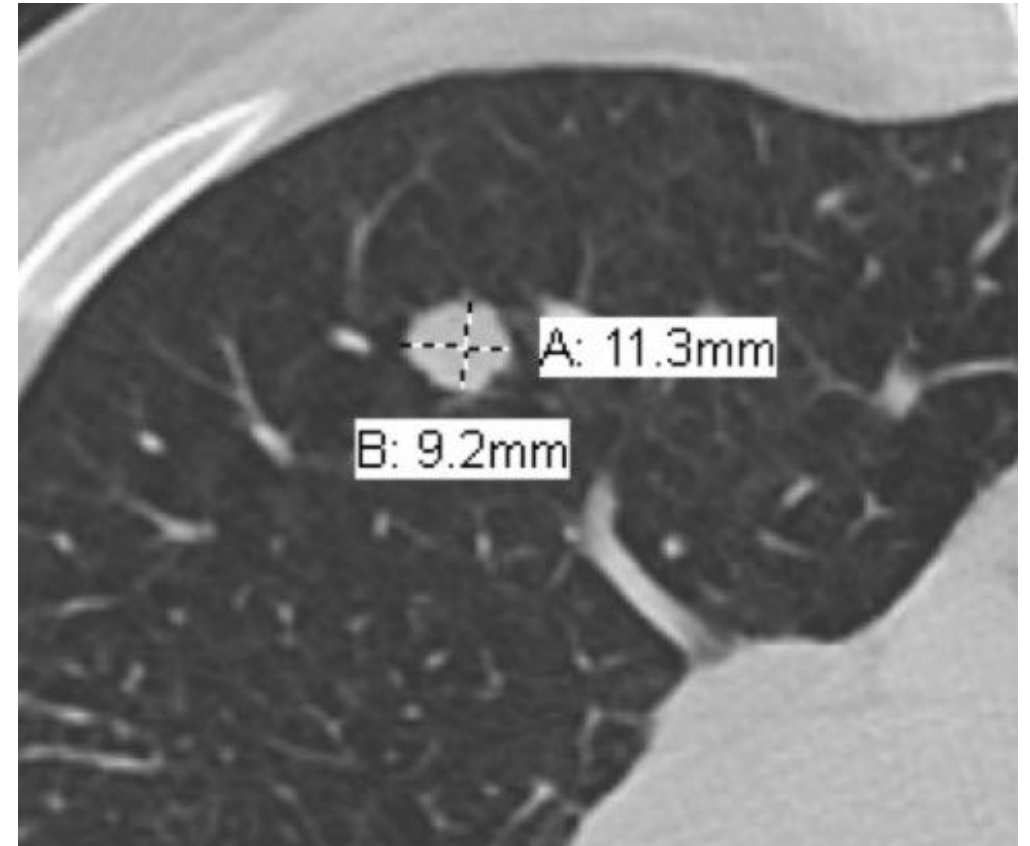


Max Sheath

Max Scope

0

OLGU - 2

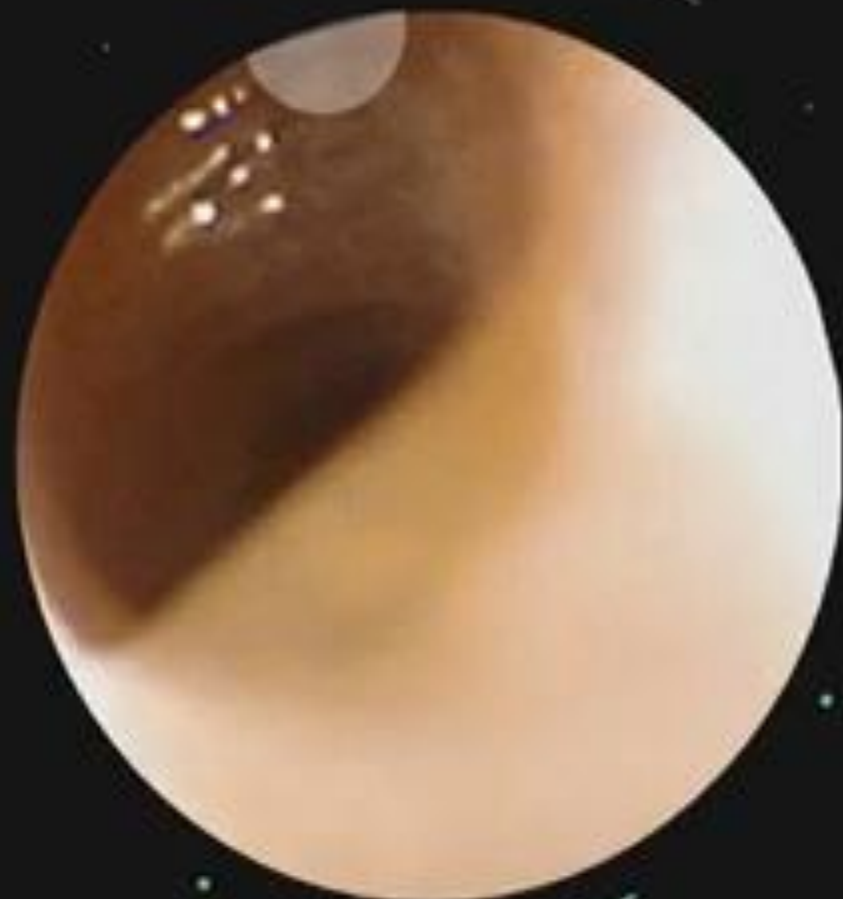


Irrigation Volume:
0ml

MONARCH™

12 mm

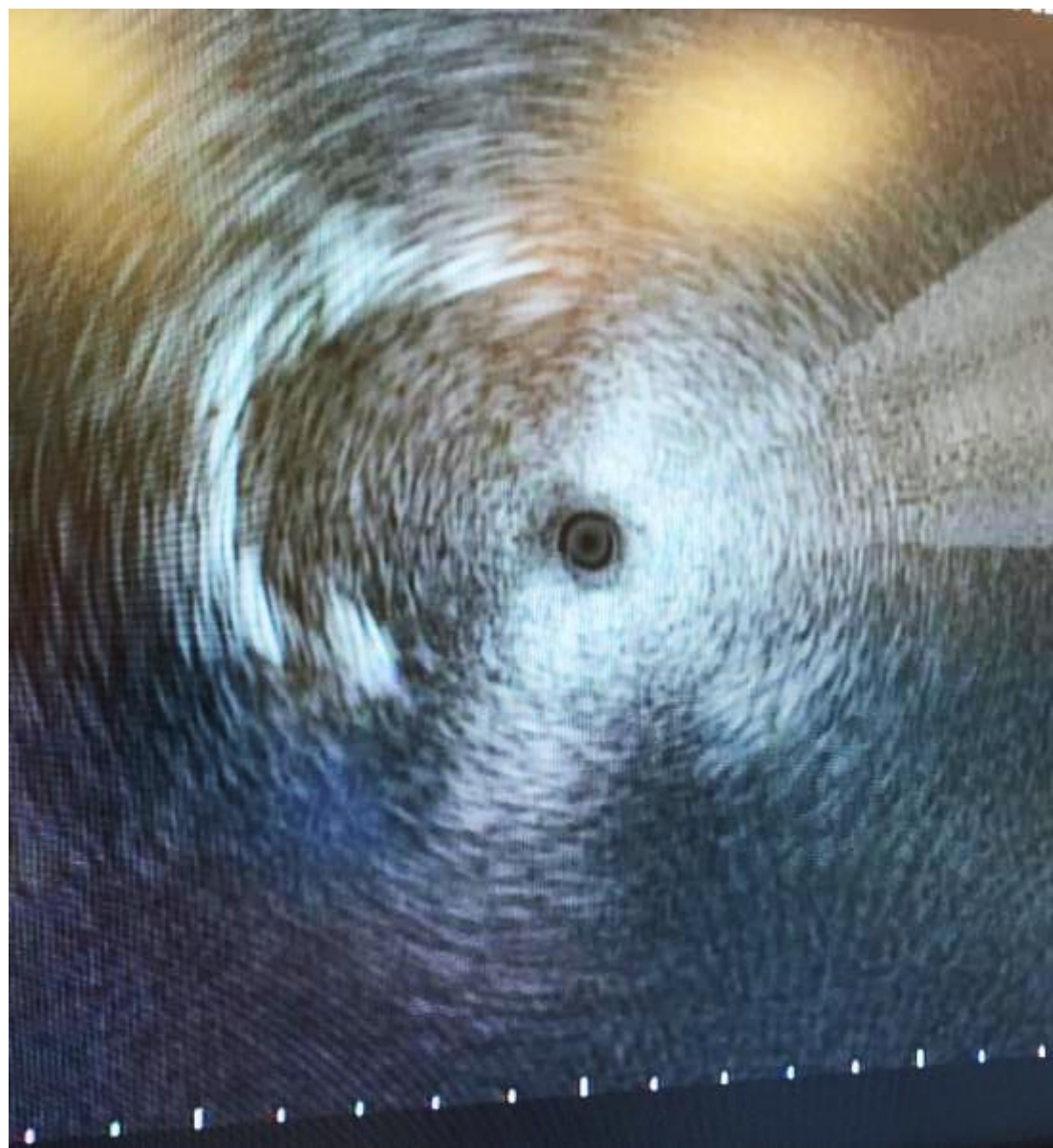
Target
Target 1



Sheath 79mm
Scope +46mm

Max Sheath
Max Scope

0

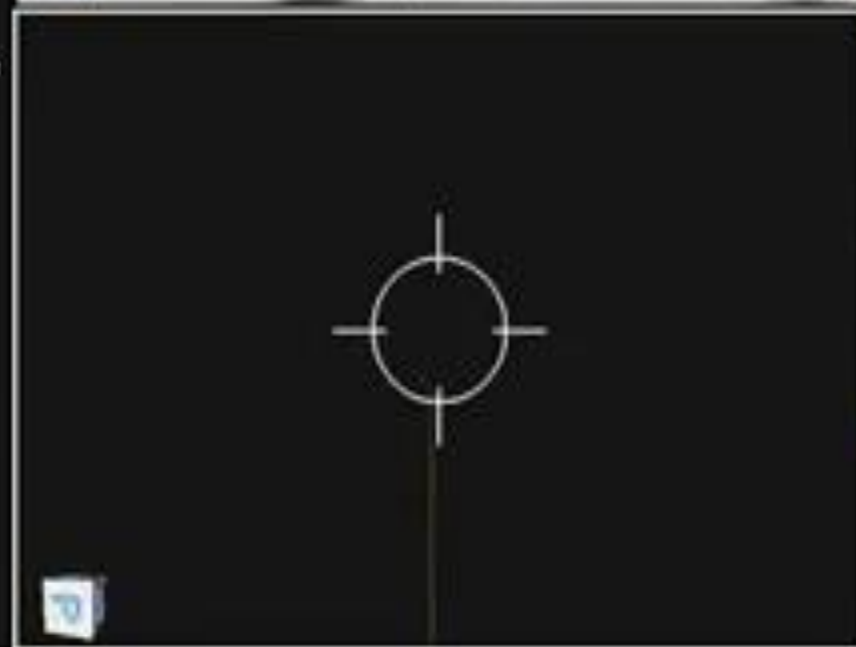
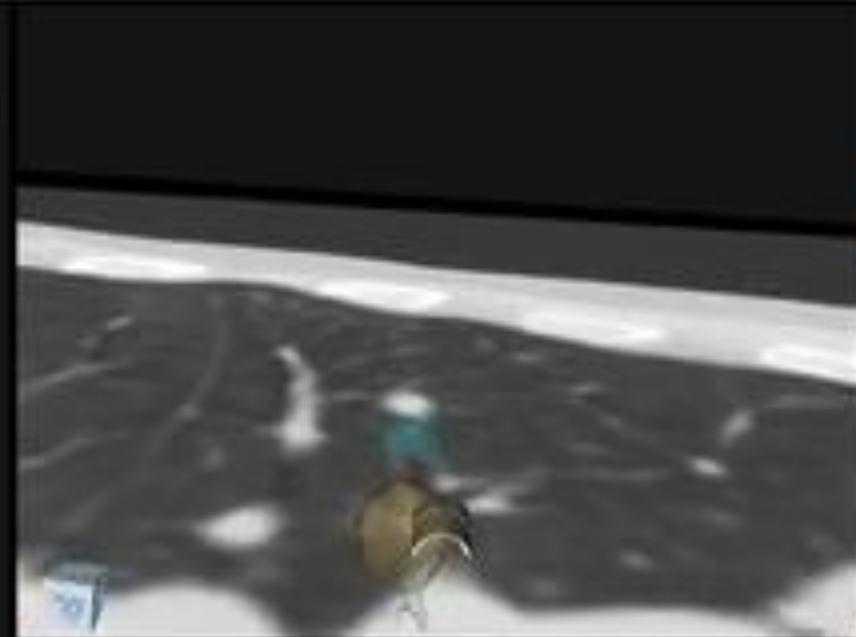


Irrigation Volume:
14ml

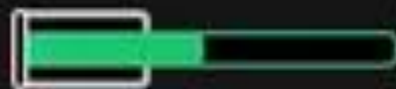
MONARCH™

28 mm

Target
Target 1

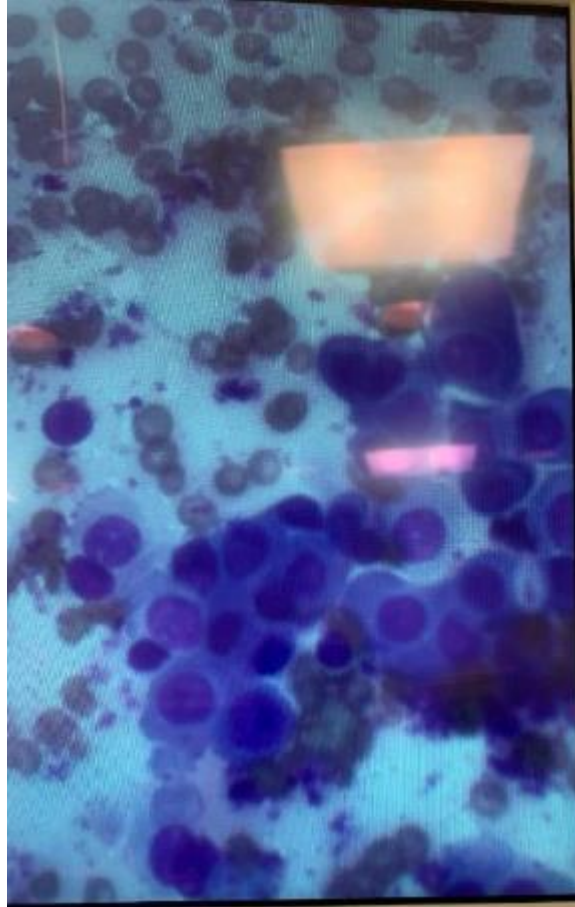
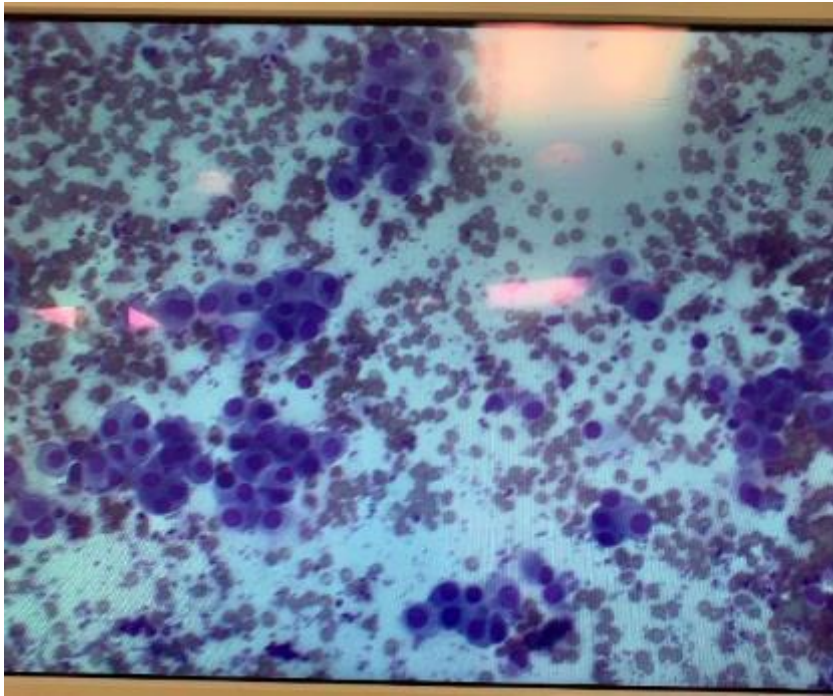


Sheath 62mm
Scope +28mm



Max Sheath

Max Scope
0



Birinci Nesil Robotik Teknoloji

Gelişmiş görüntüleme teknolojileri olmadan sonuçlar

Çalışmalar/ Hasta sayısı	Tanısal Verim (%)	Teknoloji
Fielding et al ¹ (n=29)	79.3%	Yalnızca Ion
Kalchiem-Dekel et al ² (n=131)	81.7%	Yalnızca Ion
Ost et al ³ (n=69)	83%	Yalnızca Ion
Low et al ⁴ (n=143)	77%	Yalnızca Ion

Çalışmalar ION ve/veya REBUS ile tamamlandı, CBCT yok

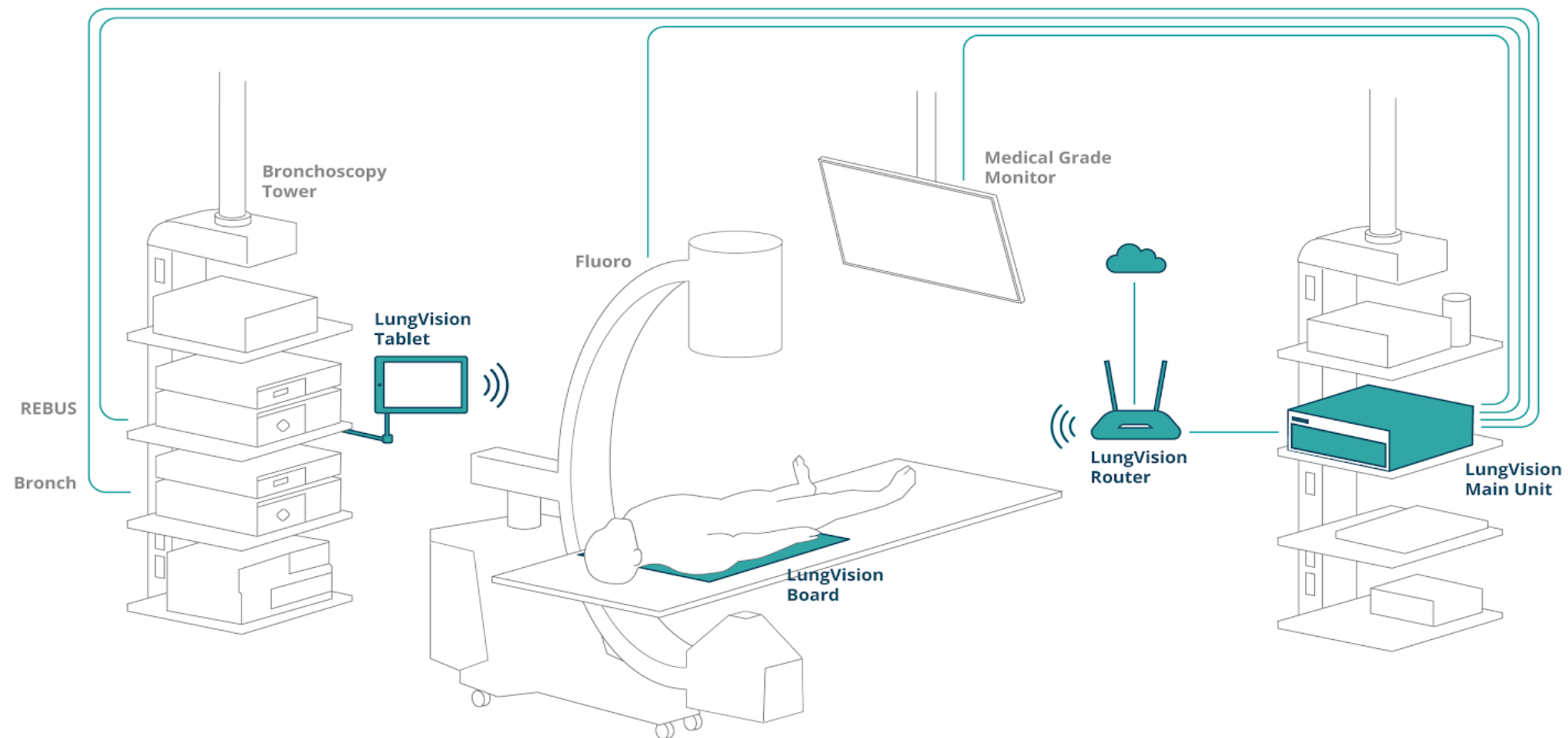
1. Fielding DIK, Bashirzadeh F, Son JH, et al. First Human Use of a New Robotic-Assisted Fiber Optic Sensing Navigation System for Small Peripheral Pulmonary Nodules. *Respiration*. 2019;98:142-150. doi:10.1159/000498951
2. Kalchiem-Dekel O, Connolly JG, Lin I-H, et al. Shape-Sensing Robotic-Assisted Bronchoscopy in the Diagnosis of Pulmonary Parenchymal Lesions. 2022:572-582. doi:10.1016/j.chest.2021.07.2169
3. Ost D, Pritchett M, Reisenauer J, et al. Prospective multicenter analysis of shape-sensing robotic-assisted bronchoscopy for the biopsy of pulmonary nodules: results from the PRECISE Study. *Chest*. 2021;160(4):A2531-A2533. doi:10.1016/j.chest.2021.08.034
4. Low SW, Lentz RJ, Chen H, Katsis J, Aboudara MC, Whatley S, Paez R, Rickman OB, Maldonado F. Shape-Sensing Robotic-Assisted Bronchoscopy vs Digital Tomosynthesis-Corrected Electromagnetic Navigation Bronchoscopy: A Comparative Cohort Study of Diagnostic Performance. *Chest*. 2023 Apr;163(4):977-984. doi: 10.1016/j.chest.2022.10.019. Epub 2022 Oct 29. PMID: 36441041.

LungVision
ve
Monarch™ Platformu:

Gerçek zamanlı Tomosentez Entegrasyonu

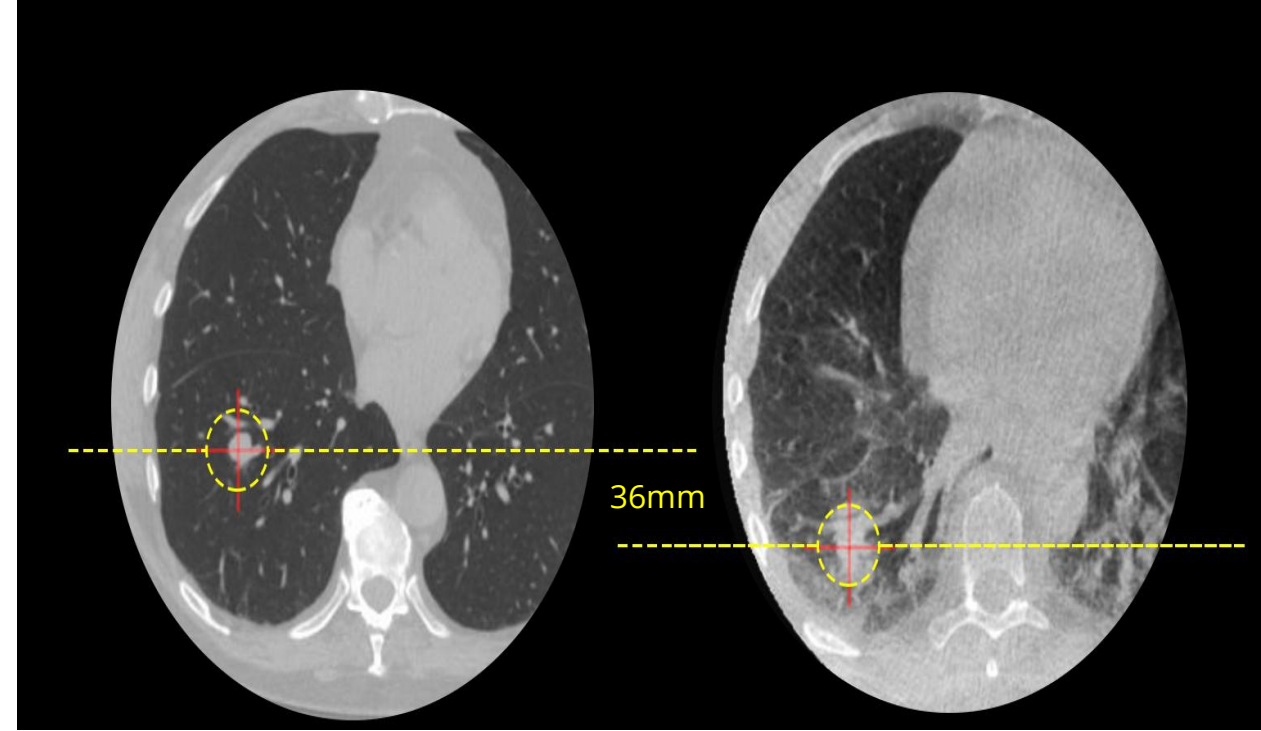


LungVision™ Sistem



LungVision – Gerçek Zamanlı Data

- Navigasyon platformu statik görüntüler üzerinden değil gerçek zamanlı veriler üzerinde çalışır.
- Nedenleri;
 - BT – anatomi uyumsuzluğu
 - Akciğer kollapsı
 - Solunumla yer değiştirme



İşlem öncesi BT'de lezyon
lokalizasyonu

Gerçek zamanlı lezyon
lokalizasyonu

Cone Beam BT

- İnter-prosedural görüntüleme
- Yol planlama, gerçek zamanlı rehberlik
- Birleştirilmiş floroskopi ile lezyonun segmentasyonu
- Robotik platformlarla birlikte
- **Tool-in-lesion onaylama**



OLGU

- 64 y, erkek hasta, smoker
- Opere kolon ca öyküsü mevcut, kür olduğunu ifade ediyor
- Renal kist mevcut, malignite şüpheli, tetkik ediliyor
- Toraks BT: Sağ akciğer üst lob 8 mm pulmoner nodül
- PET/BT: Pulmoner nodül için pozitif. Ayrıca önceki kolon rezeksiyonu alanında da aktivitesi var (yakın zamanlı kolonoskopi normal)



← BACK TO REMOTE

All Views



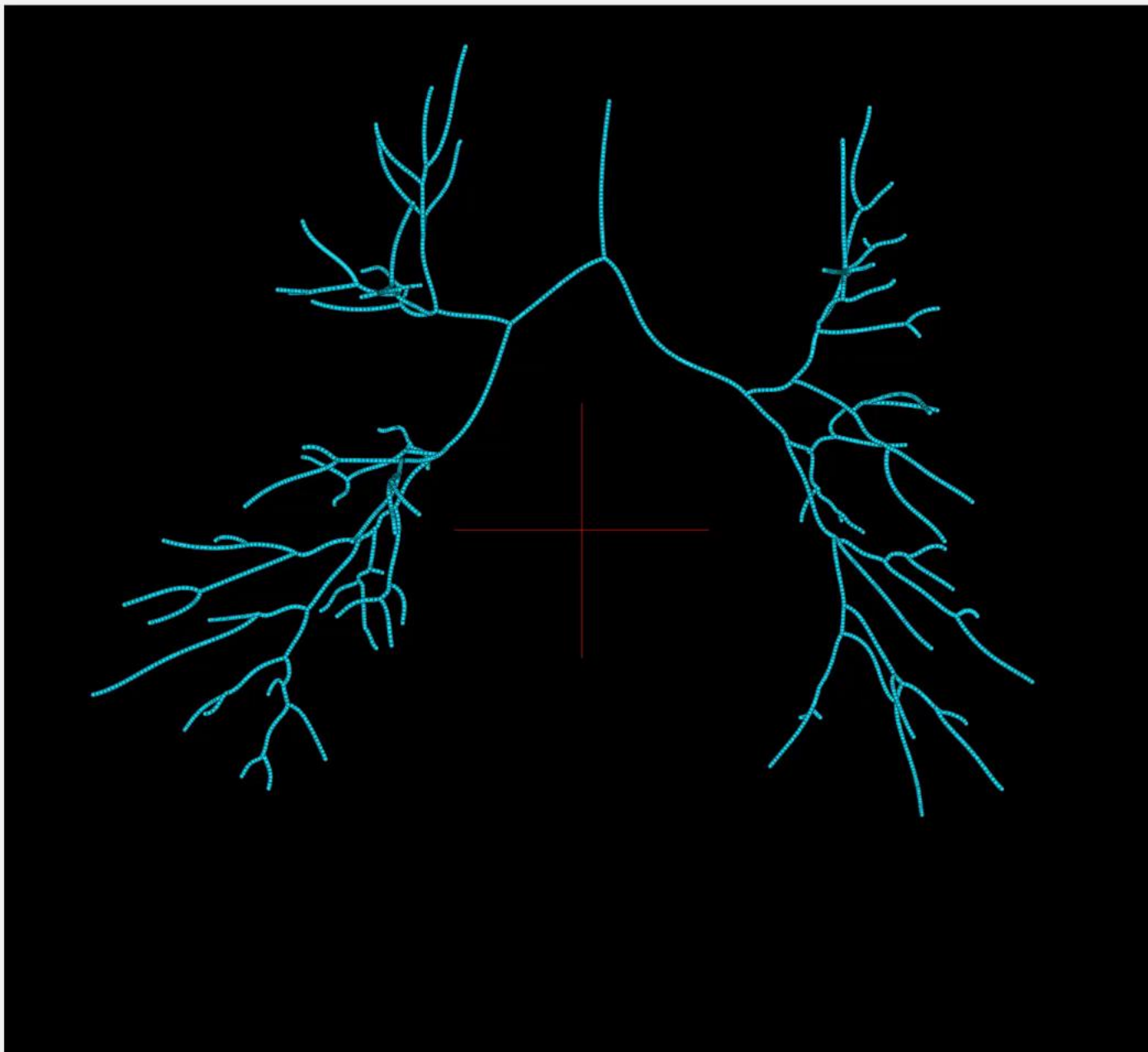
3D View



CT



AP



Confirm Airway Segmentation

Reject

Accept



← BACK TO REMOTE

CORONAL

CABT

AI Tomo

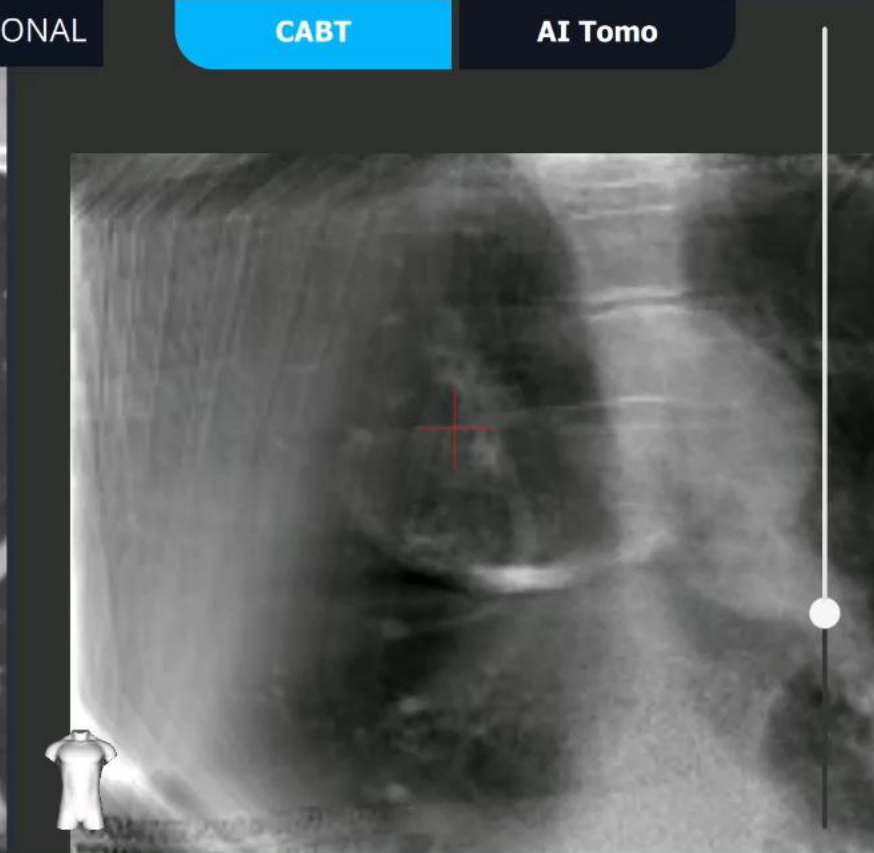
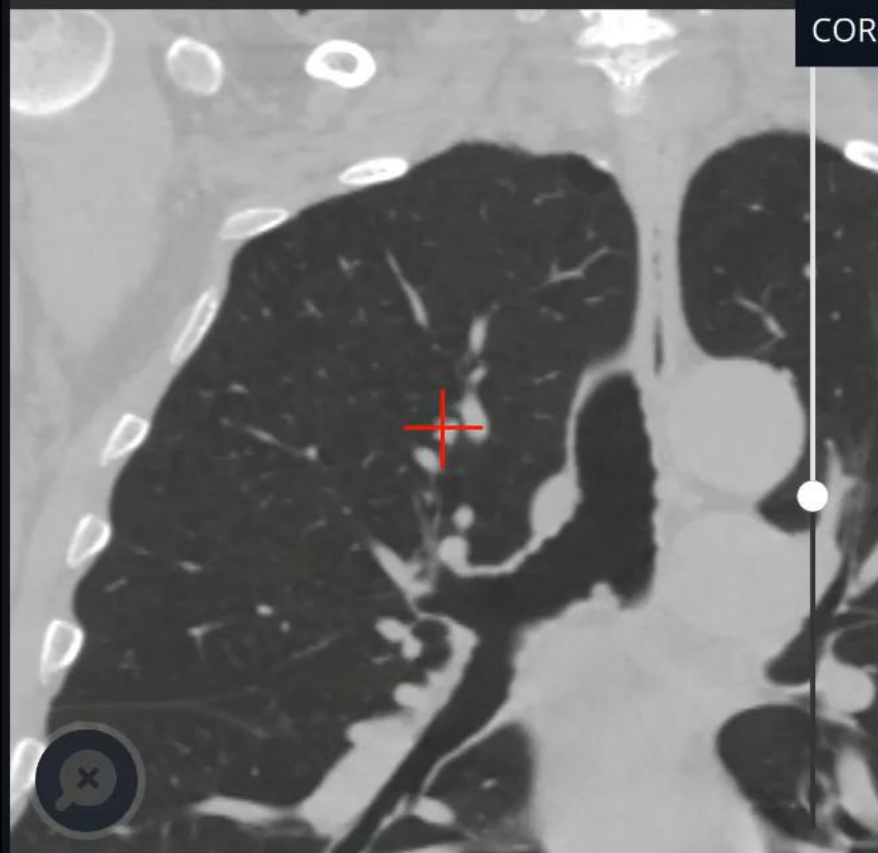


Saturation
detected
[How to fix it?](#)

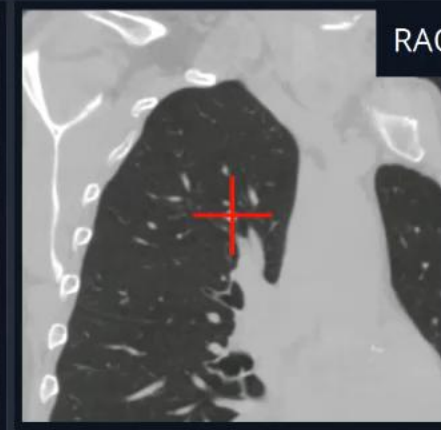
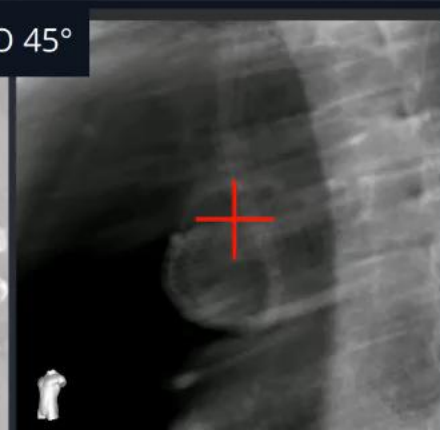
Mark the Lesion

1

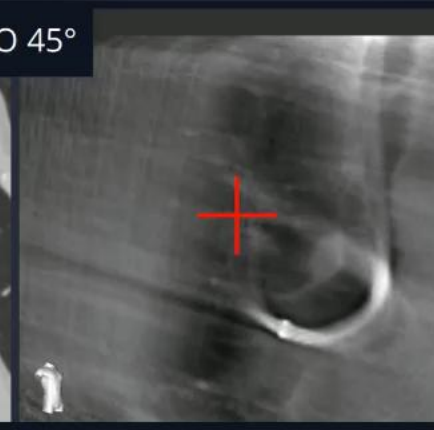
Drag CABT to
mark the lesion
according to the CT



LAO 45°

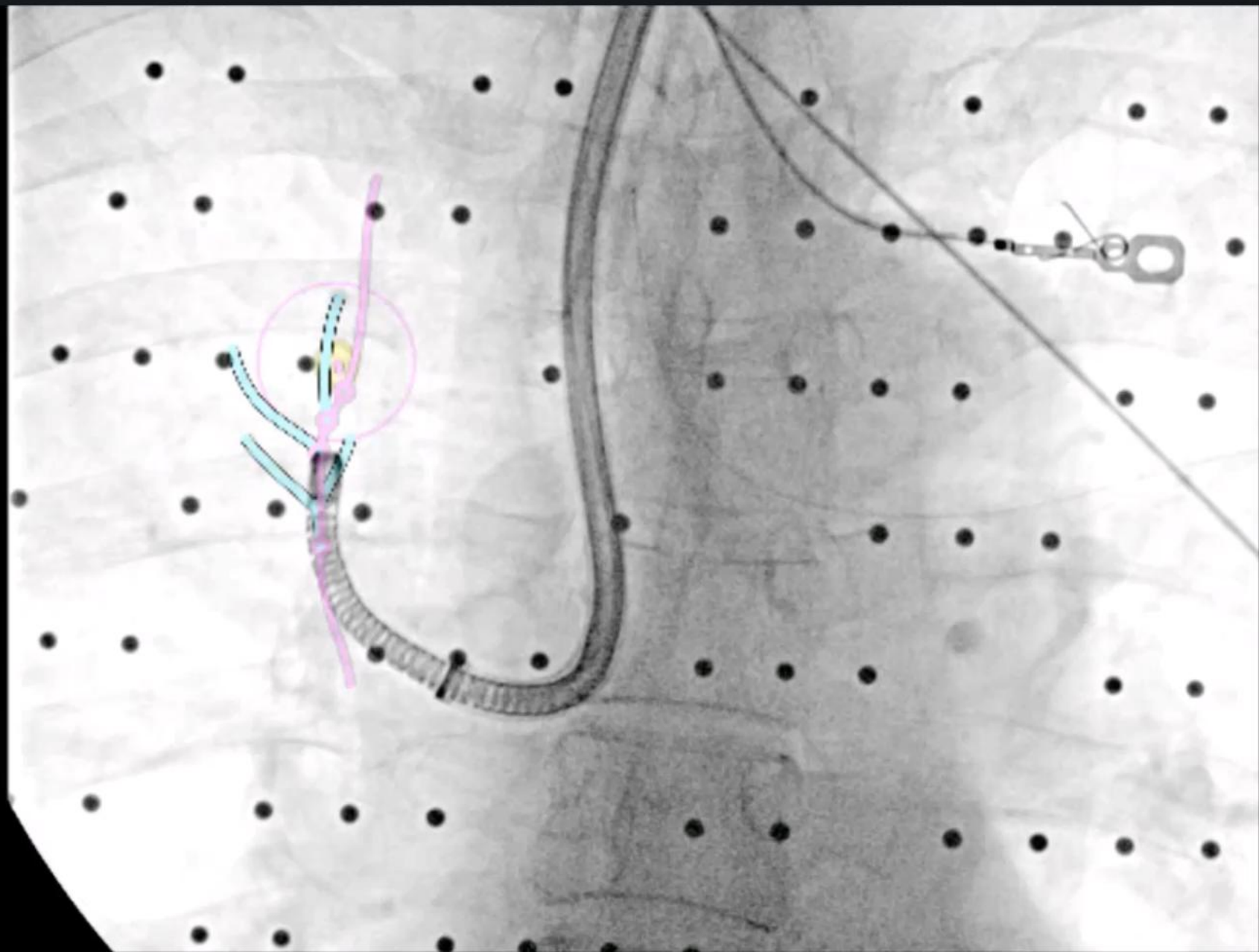


RAO 45°



**CONFIRM
LESION**

SKIP



Birinci Nesil Robotik Teknoloji

Gelişmiş görüntüleme sonuçları: İlk teknolojinin daha iyi çalışmasını sağlamak için daha fazla teknoloji

Çalışmalar/ Hasta sayısı	Tanısal Verim (%)	Teknoloji
Benn et al ¹ (n=52)	86%	Ion + CBCT
Pritchett et al ² (n=192)	92.2%	Ion + CBCT
Pritchett et al ³ (n=34)	94%	Ion + CBCT
Reisenauer et al ⁴ (n=22)	90.9%	Ion + mobil 3D – CBCT
Reisenauer* et al ⁵ (n=30)	93.3%	Ion + mobil 3D CBCT
Styrvoky et al ⁶ (n=200)	91.4%	Ion + CBCT

Çalışmalar ION ve CBCT (Sabit veya mobil) ile tamamlandı

1. Benn BS, Romero AO, Lum M, Krishna G. Robotic - Assisted Navigation Bronchoscopy as a Paradigm Shift in Peripheral Lung Access. Lung. 2021;199(2):177-186. doi:10.1007/s00408-021-00421-1

2. Pritchett M, Schirmer C. Shape-sensing robotic assisted bronchoscopy for the diagnosis of peripheral pulmonary lesions. Chest. 2021;160(4):A1631-A1632. doi:10.1016/j.chest.2021.07.1484

3. Pritchett M, Muller L, Ost D, et al. Integration of shape-sensing robotic-assisted bronchoscopy and cone-beam Ct for the biopsy of pulmonary nodules. Chest. 2021;160(4):A1622-A1624. doi:10.1016/j.chest.2021.07.1479

4. Reisenauer J, Duke J, Kern R, Edell E. The combination of shape sensing robotic bronchoscopy with mobile 3D imaging to verify tool-in-lesion and assess divergence. Chest. 2021;160(4):A2529. doi:10.1016/j.chest.2021.08.032

5. Reisenauer J, Duke JD, Kern R, Fernandez-Bussy S, Edell E. Combining Shape-Sensing Robotic Bronchoscopy With Mobile Three-Dimensional Imaging to Verify Tool-in-Lesion and Overcome Divergence: A Pilot Study. Mayo Clin Proc Innov Qual Outcomes. 2022 Apr 23;6(3):177-185. doi: 10.1016/j.mayocpiqo.2022.02.004.

6. Styrvoky K, Schwalk A, Pham D, Chiu HT, Rudkovskaia A, Madsen K, Carrio S, Kurian EM, De Las Casas L, Abu-Hijleh M. Shape-Sensing Robotic-Assisted Bronchoscopy with Concurrent use of Radial Endobronchial Ultrasound and Cone Beam Computed Tomography in the Evaluation of Pulmonary Lesions. Lung. 2022 Dec;200(6):755-761. doi: 10.1007/s00408-022-00590-7. Epub 2022 Nov 11. PMID: 36369295.

Gelecekte....

(ClinicalTrials'da devam eden çalışmalar)

- Pre ve peri-operatif nodül işaretleme (fissür ve plevra tabanlı dahil)
- Primer lezyonda radyasyona duyarlılığı artırmak için doğrudan nanopartikül enjeksiyonu
- Akciğer maligniteler için doğrudan endobronşiyal ablasyon tedavileri (mikrodalga, radyofrekans, termal, lazer, kriyosprey)
- Aortopulmoner lenf nodlarını örnekleme
- Termoablasyon özellikli prob ile küçük nodüllerin ameliyatsız olarak çıkarılması
- Kanser hücre ölümünü arttırmak için enfeksiyöz virüslerin enjeksiyonu
- Kemoterapi ve immünoterapi ajanlarının tümöre doğrudan enjeksiyonu

Teşekkür ederim...

barisdemirkol34@gmail.com