

Sıcak Yöntemler

Sinem Nedime Sökücü

SBÜ Yedikule Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Göğüs Hastalıkları Kliniği, İstanbul

Benign ve malign hava yolu lezyonları, intralüminal ve mikst tip darlıklar oluşturarak dispne, öksürük, hemoptizi, postobstüktif pnömoni gibi semptom ve klinik durumlara neden olurlar. Bu durumlarda hava yolunda obstrüksiyon yaratan lezyonun debulkingi, semptomların azalmasını, hastanın klinik durumunun iyileşmesini sağladığı için tedavi seçeneklerinin belirlenmesinde zaman kazandırır. Termal koagülasyon yapmadan debulking yapmak tümörün neovaskülarizasyonunun neden olacağı kanamadan dolayı risklidir. Bu durumlarda sıcak yöntemlerin doğru kullanımı önem kazanmaktadır. Acil durumlarda dahi multidisipliner yaklaşımla hasta bazında değerlendirme önemlidir. Palyatif girişimsel bronkoskopik işlemlerde sıcak yöntemler obstrüktif tümörün hızlı hemostaz sağlayarak mekanik debulkinge olanak tanımasından dolayı hızlı rekanalizasyon gereken durumlarda hayat kurtarıcı olabilir (1-3). Bu amaçla lazer, argon plazma koagülasyon (APC) ve elektrokoter gibi sıcak yöntemler kullanılmaktadır.

LAZER

Lazer, endobronşiyal dokuların vaporizasyonu ve koagülasyonu için farklı dalga boyunda ısı enerjisini kullanan yöntemdir. Farklı lazer türleri mevcuttur (**Tablo 1**). Bunlar içerisinde Nd-YAG lazer, en sık kullanılan lazer türüdür (1,2).

Endikasyonlar

Lazer, benign yada malign nedenlerle oluşan, santral hava yollarında ventilasyonu engelleyerek tam ya da kısmi tıkanıklığa neden olan ve ağır semptomlara yol açan (dispne, stridor, geçmeyen öksürük, hemoptizi vb.) obstrüktif lezyonlarda kullanılır (1,2). Segmental lezyonlarda kullanımının ventilasyona katkısı anlamlı değildir. Lazer, hem malign hem benign hem de natürü belli olmayan endobronşiyal hastalıklarda

Tablo 1. Bronkoskopik işlemler için kullanılan lazer cihazları.			
Lazer tipi	Dalga boyu (nm)	Vaporizasyon	Koagülasyon
Nd-YAG	1064	+++	+++
CO ₂	10600	+	-
Argon	488-514	-	++
Dye	360-700	Aktif fotokimyasallar	
Diode	810	+	++
Excimer	193-351	Mekanik etki ile doku destrüksiyonu	
Nd-YAP	1340	?	++

en sık kullanılan cerrahi dışı yöntemdir (3,4). Lazer uygulanması için en uygun hava yolu obstrüksiyonu türü minimal submukozal infiltrasyonun eşlik ettiği endobronşiyal büyümedir. En sık endikasyon endobronşiyal lezyonları olan inoperabl akciğer kanseri olgularıdır ve bu hastalardaki temel uygulama amacı semptom palyasyonudur. Ana hava yollarını tutan akciğer primer maligniteleri yanı sıra tiroid, kolon, böbrek özafagus ve melanom gibi ekstratorasik malignitelerin endobronşiyal metastazlarının tedavisinde de kullanılır. Benign nedenler arasında yer alan konstriktif web-like trakeal stenozlar, lazer uygulanması ve sonrasında dilatasyon ile tedavi edilebilir (1,5).

Endobronşiyal lazer uygulamaları için en uygun lezyonlar; santral, intrinsik, kısa (< 4 cm) ve distal endobronşiyal lümeni görülen lezyonlardır. Bu olgularda başarı %90 civarındadır (6-10). Lazer uygulamalarında başarı etkinliğini arttıran faktörler; lezyonun trakea yada ana bronşta lokalize olması, endobronşiyal lezyon, ekzofitik görünüm, lokalize tutulum, < 4 cm uzunluk, distal lümenin görünürlüğü, kollapsın dört-altı haftadan kısa sürmesi, stabil hemodinami, FiO₂ < %40, normal koagülasyon profili ve pulmoner vasküler yapıların yerinde olduğu olgular olarak tanımlanmıştır (2).

Bronkolit destrüksiyonunda (11), post-transplant granülasyon dokusunun temizlenmesinde (12), endobronşiyal amiloidozda (13), endobronşiyal endometriozisde kullanımı bildirilmiştir (14). Endobronşiyal obstrüksiyonlu hastalarda hızlı semptomatik düzelme vakaların %70-80'inde elde edilir (15-17,1). Tedavi sonrası bir yıllık sağkalım yaklaşık %30'dur (10,18). YAG lazerle yapılan bir çalışmada benign nedenlere bağlı hava yolu obstrüksiyonlu hastaların %90'ında, malign nedenlere bağlı hava yolu obstrüksiyonlu hastaların ise %77'sinde semptomatik düzelme elde edilmiştir (19).

Kontraendikasyonlar

Dış basıya bağlı hava yolu darlıklarında lazerin rolü yoktur (1). Distal lümenin yeterli görünümü sağlanmayan komplet yada komplete yakın hava yolu obstrüksiyonu varlığı perforasyon riski açısından relatif kontrendikasyondur.

Teknik

Nd: YAG ve Nd: YAP derin penetrasyon etkisi ile kan damarlarını koagüle eder ve doku vaporizasyonu yanında tümör hücrelerini de destrükte eder. Hava yolunun yöntemini kolaylaştırdığı için bazı hekimler tarafından rijit bronkoskopi içinden yapılması önerilirken (10,20), diğer bir grup hekim tarafından da daha uzak lokasyonlara ulaşmaya olanak tanıdığı için fiberoptik bronkoskopi ile uygulanması önerilmektedir. Verilecek karar lazer uygulanacak dokunun anatomik lokalizasyonuna bağlı olmalıdır (21,22). Hem fiberoptik hem rijit bronkoskopi ile anestezi altında uygulanabilse de genel anestezi altında yapılan rijit bronkoskopi her iki teknikte de deneyimi olan hekimler tarafından hava yolu güvenliği açısından tercih edilmelidir.

Lazer çalışma kanalından 4 mm çıkartılır ve ateşleme moduna ayarlanır. Lazer ucu lezyondan en az 4 mm uzakta tutularak hedef dokuya iletilir (23-25). Distal hava yollarında bilinmeyen bir yöne lazerin ateşlenmesinin majör damarlara ve özafagusa zarar vereceği unutulmamalıdır. Ateşleme açısı daima uygulanan hava yoluna paralel olmalıdır. Ateşleme perforasyondan kaçınmak için hava yoluna dik yapılmamalıdır. Trakea ve ana bronşların posterior duvarlarında tampon olarak görev yapacak kartilaj doku olmadığı için daha hassas olduğu unutulmamalıdır.

Yoğun doku koagülasyonuna ve buna bağlı oluşabilecek hasara yada "patlamış mısır etkisine (popcorn effect)" neden olmamak için lazer teması mümkün olduğu kadar 40 Watt altında tutulmalıdır (1). Trakeayı tıkayan büyük ekzofitik kitlelerde rijit ile dezobstrüksiyon öncesi düşük güç (30 Watt) ve uzun süre 1 ila 1.5 saniye arası uygulama tercih edilebilir (2). İşlem süresince yeterli ventilasyonu sağlamak amacıyla sürekli aspirasyon yapılarak oluşan duman hava yollarından uzaklaştırılmalı ve tıkalı olmayan hava yolları sürekli gözden geçirilerek olası artıklar temizlenmelidir (1).

Komplikasyon

Deneyimli ellerde anatomik yapıların iyi değerlendirildiği hava yolunun kontrolünün sağlandığı ve yeterli görüş alanına sahip olduğu kurallara uygun davranıldığında güvenli bir yöntemdir. YAG lazer kullanılan geniş bir seride komplikasyon %2.3 ve mortalite %1'den az bulunmuştur (19). Diyot lazer kullanılan 61 olgu içeren başka bir seride dört vakada minör hemoraji ve iki hastada geçici hipoksi dışında komplikasyon gözlenmemiştir (26). Masif hemoraji (%1), pnömotoraks (%0.4) ve pnömomediastinum (%0.2) oranında görülür (10). Genel olarak bakıldığında prosedüre bağlı ölüm oranı %2-3 olarak saptanmıştır (1). Daha yakın zamanlı bir derlemede bu oran %1'in altında saptanmıştır (27). Yine aynı derlemede ağır hemoptizinin hastaların sadece %1'inde görüldüğü belirtilmiştir. Kriyoekstraksiyon, APC ve elektrokoterle karşılaştırıldığında hava yolunda skar dokusu oluşması ve subepitelyal fibroz oranı daha yüksektir (28).

Ana damar perforasyonu sonucu oluşabilen masif hemoptizinin önlenmesi için yüksek güç seviyelerinden kaçınılması (> 40 W) ve pulse süresinin azaltılması (> 1 saniye)

temel önlemlerdir (1,2). Lazer hasarın azaltılması için kullanılabilir diğer bir yöntem de, trakeal anatomisinin incelenmesi için radial probe EBUS kullanımıdır(29). Hava embolisi oluşabilecek diğer bir komplikasyon olup soğutma sisteminde hava akımının minimize edilmesi ve kontaktsız prob kullanımı önerilir (30). İnspire edilen oksijen işlem boyunca %40'ın altında tutulmalıdır. Sınırlı hastada oxygen saturation (SpO₂) ve end-tidal karbon dioksit (ETCO₂) düzeylerinde oynama izlenebilir. Bunun önlenmesi için sekresyon kan ve buharın ortamdan uzaklaştırılması için yeterli aspirasyon yapılmalıdır (2). Hasta güvenliği için sürekli monitörizasyon önerilir.

Güvenli işlem için Dumon'un önerdiği 10 kural;

1. Anatomik olarak riskli sınırların bilinmesi (ör:aortik ark, pulmoner arter, özafagus),
2. İyi eğitim almış bir lazer ekibinin olması (örneğin; anesteziist ve asistan),
3. Uygun hasta seçimi,
4. Rijit bronkoskop tekniğinin kullanımı,
5. Vital bulguların monitoziasyonu (örneğin; kalp hızı, SpO₂, ETCO₂),
6. Ateşlemeyi hava yolu duvarına paralel olarak yapmak,
7. Lazeri yüksek güç ayarında kullanmamak (> 40 Watt),
8. Hemoraji oluşumunu göz ardı etmemek,
9. Her prosedür sonrası lazer yapılan alanın ve tüm sekresyon ve kalıntıların temizlenmesi için iyi bir trakeobronşiyal yıkama yapmak,
10. İşlem sonrası hastanın özellikli bir odada gerekli süre gözlem altında bekletilmesi.

Öneriler

- Lazer uygulama süresinin olabildiğince kısa tutulması önerilir.
- Lazer uygulaması sırasında sürekli mod yerine pulse modun tercih edilmesi önerilir.
- Lazer gücünün 40 Watt altında tutulması önerilir.
- Lazer dış basıya bağlı olmuş hava yolu darlıklarında mutlak kontrendikedir.
- Lazer distal hava yollarında bilinmeyen bir yöne doğru ateşlenmemelidir.
- Ateşleme açısı daima uygulanan hava yoluna paralel olmalıdır.
- Lazer ucu lezyondan en az 4 mm uzak tutulmalıdır.
- Lazer endobronşiyal tümörlerin debulkinginde mekanik uygulama öncesi koagülasyon ve devaskularizasyon için kullanılabilir.

ELEKTROKOTER

Doku ısıtılması için yüksek frekanslı elektrik akımının kullanıldığı yöntem elektrokoter veya diatermidir. Bu yöntem ile lazer uygulamalarında olduğu gibi doku yıkımı, de-zobstrüksiyon ve hızlı koagülasyon sağlanır.

Endikasyonlar

Hava yolu obstrüksiyonuna neden olan intralüminal ve mikst tip darlıklarda elektrokoter uygulaması ile koagülasyon ve sonrasında mekanik debulking ile sağlanan semptom kontrolü bu yöntem için bir konsensüs stratejisi olarak kabul edilmektedir (3).

Distal sınırı görünebilir olan, bronşiyal mukozaya 3 mm'den az invazyon yapmış, kartilaj tutulumu olmayan erken evre malign tümörlerde, benign hava yolu darlıklarında ve semptomatik malign hava yolu darlıklarında kullanılabilir (31-35). Fiberoptik bronkoskopi içinden yapılırsa dahi primer sonuç hızlı yanıt olarak alındığında başarı oranı %69-100 arasındadır (36,37). Hava yoluna lazer uygulamaları ile aynı sonuçlar elde edilebildiği için uygun lezyonlarda daha maliyetli bir yöntem olan lazere ihtiyacı azalır (38,39). Hava yolu stentlerine bağlı oluşan granülasyon dokusunda, papillomalarda ve benign hava yolu stenozlarında da kullanılabilir (38).

Lazer ile karşılaştırıldığında ucuz, çalışma prensibi basit, öğrenmesi kolay bir yöntemdir. Ayaktan hastaya uygulanabilir, bilinçli sedasyon altında yapılabilir, lazer kadar etkin hemostaz sağlar ve daha az komplikasyon oranına sahiptir (34-36,38,40).

Kontrendikasyonlar

Dış basıya sekonder hava yolu darlıklarında elektrokoter kullanılmaz. Pacemakerli hastalarda kullanılması önerilmez. Pacemakerli hastalarda kullanılması önerilmez de kullanımı şart olduğunda gerekli maksimum önlemlerin alınması önerilir (1).

Teknik

Temaslı bir methodur. Elektrik akımının iletimi için probun dokuya yumuşak bir teması gerekir. Düşük ısıda koagülasyon, yüksek ısılarda vaporizasyon yapar. Dokuda oluşan hasarın miktarı uygulanan güce, uygulama süresine, temas edilen alana ve dokunun özelliklerine bağlıdır (41).

Hava yollarında monopolar teknikle kullanılır (12). Üç farklı mod da kullanılabilir; koagülasyon (< 200V/70°C düşük voltaj, düşük güç, yüksek akım); kesim (vaporizasyon, karbonizasyon) (> 200 V/100°C yüksek voltaj, düşük akım); ya da bunların beraber kullanımı şeklindedir.

Komplikasyonlar

Komplikasyon oranı düşüktür. Bir çalışmada, hava yolunu tıkayan lezyonlarda majör komplikasyon oranı %0.8, minör komplikasyon oranı %6.8 saptanmıştır (42). Kılavuz-

lara uygun olarak kurulumdaki güç çıkışı biyopsi ve snare rezeksiyon için maksimum 30 W, prob için 20 W ve iğne bıçak için 10 W altında kullanıldığında güvenli bir prosedür olarak tanımlanmıştır (43). Çepeçevre uygulama kartilaj hasarı ve bronşiyal duvar hasarına neden olabilir (44). Hava yolunda alev almasının önlenmesi için $FiO_2 < 0.4$ tutulmalıdır (1,33-35).

Öneriler

- Radyal EBUS'la değerlendirilerek kartilajı aşmadığı görülen erken evre skuamöz hücreli akciğer kanserlerinin lokal tedavisinde etkin bir yöntemdir. Cerrahi uygulanamayan olgularda küratif amaçlı kullanılması önerilir.
- Santral hava yolu malign darlıklarında klinik gereklilik durumunda palyasyon amaçlı kullanılması önerilir
- Ateşleme sırasında $FiO_2 < 0.4$ tutulması önerilir.
- Polipoid lezyonların debulking işleminde snare rezeksiyon tercih edilmesi önerilir. İşlem sırasında karma mod kullanılması ve süresi iki saniyeyi aşmayan aralıklı atışlar yapılması önerilir.

Argon Plazma Koagülasyon

Argon plazma koagülasyon (APC), yüksek frekanslı monopolar akımın dokulara iletiminde iyonize argon gazının kullanıldığı temassız bir yöntemdir. Temel kullanım alanları hemostaz sağlanması, doku devitalizasyonu ve doku dezobstrüksiyonudur.

Endikasyonlar

Lazer ile benzer olarak ısı ile parçalanabilen dokulara, benzer endikasyonlarda uygulanan bir yöntemdir. Benzer olarak dış basıya bağlı hava yolu darlıklarında kullanılamaz. Nd-YAG lazer ile karşılaştırıldığında, APC'nin etkinliği elektrokoter gibi yüzeyledir. Hava yollarında dezobstrüksiyon öncesi kanamanın minimize edilmesi için koagülasyon önemlidir. APC uygulanacak mekanik dezobstrüksiyon öncesi koagülasyonun sağlanmasında kullanılır. Daha önce uygulanan cerrahi ya da kemoradyoterapi almış olgularda, hava yollarının ana damarlara komşuluklarından dolayı derin doku koagülasyonu uygulanmayacak durumlarda yüzeysel etkinliği nedeniyle APC tercih edilebilir (1,3). Bu lokal teknik aynı zamanda ana hava yollarında erken evre süperfisyal skuamöz hücreli kanserlerin lokal tümör büyümesinde etkilidir (1,31,45)

Ana hava yollarında kanamaya neden olan lezyonların tedavisinde; hem benign hem malign ekzofitik endobronşiyal tümörlerin debulkinginde; trakeobronşiyal stentlerde komplikasyon olarak oluşan granülasyon dokusunun temizlenmesinde kullanılır (1). Malign hava yolu obstrüksiyonlarında rekanalizasyon için kullanıldığında başarı oranı

%67, hemoptizde kullanıldığında başarı oranı %99 bulunmuştur (47). Hemoptizi de anlamlı başarı sağladığı tekrarlayan çalışmalarda da gösterilmiştir (49,59).

Santral hava yolu obstrüksiyonlarının tedavisinde APC, semptomlarda düzelme sağlamış ve hava yolu açıklığını arttırmıştır (3). Diğer taraftan daha az genişlikte cerrahi işleme olanak sağladıkları için özellikle yüksek cerrahi riski olan düşük solunum rezervli hastalarda önerilen bir yaklaşımdır (36,38,39,48,49). Leiomyom, hamartom, pleomorfik adenom, granüler hücreli tümör ve karsinoid tümörlerde etkinliği ile ilgili yayınlar bulunmaktadır (50,51). Cerrahi anastomozlara bağlı komplikasyon olarak gelişen darlıklarda, stentlere bağlı granülasyonda, hemanjioma, ve Dieulafoy lezyonlarda kullanılır (52-57).

Kontrendikasyonlar

Tek mutlak kontrendikasyon hava yolunda dış basıya sekonder gelişen darlıklardır. Relatif kontrendikasyonlar hipoksemi, bronkoözafajiyal fistül ve koagülopati durumlarıdır. Kalıcı pacemakeri veya kardiokonverteri olan hastalarda azami dikkat edilmeli, topraklama pedi metalik protezin olduğu derinin üzerine yerleştirilmemelidir (1,58). Endobronşiyal yanık olasılığından dolayı, inspire edilen oksijen oranı $\leq 40\%$ tutulmalıdır (1).

Teknik

Retrospektif çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre ana hava yolu darlıklarında ya da hemoptizi vakalarında işlem fiberoptik bronkoskopi ile yapılabilir de %90 üzerinde tercih edilen yöntem rijit bronkoskopiyle kullanılan rijit problar ve yine rijit bronkoskop içinden fiberoptik bronkoskop ile kullanılabilen fleksibl problar aracılığı ile uygulanmaktadır (47-49,52,59,60).

Argon gazı göreceli olarak daha fleksibıl bir şekilde kıvrımlar ve köşelerden akar. Koagüle edilmiş dokuda oluşan yüksek dirençten dolayı argon gazı yakındaki tedavi edilmemiş dokuya yönelir. Bu şekilde APC, santral hava yollarından akut açılımla ayrılan, üst lobun apikal veya posterior segmenti ya da alt lobun apikal segmenti gibi bronşiyal segmentlerdeki lezyonlara uygulanabilir. Bu durum probtan devamlı düz çıkan lazer demetlerine göre avantaj sağlar. Deneyime göre seçilen farklı problar mevcuttur. 10-80 Watt arası güçte, bir-üç saniye süresince, 0.3-2 L/dakika akım hızında pulse/force etki ile uygulanır. Doku etkisi prob ve doku arasındaki voltaj farkına, temas kurulan yüzey alanına (örneğin; daha küçük prob mevcut akımı artırır), uygulanan enerjinin süresine, kaçağın olmayışına (mukus, kan ve bronkoskop ya da başka enstrümanın metal kısmının konduktansı) bağlıdır. İki modda kullanılır force APC: yüksek enerjili (derin koagülasyon ve devitalizasyon için), pulse APC: düşük enerjili (koagülasyon için) kullanılır. Hızlı etki sonucu koagülasyon nekrozu kolaylıkla görülebilir (44).

Pratikte rekanalizasyon için 20-50 Watt, devitalizasyon için 20-30 Watt ve hemostaz için 10-25 Watt arası tercih edilir. Topraklama pedinin yerleştirilmesi önemlidir. APC prop hedeften 0.3-0.5 cm uzak tutulur. Alev probun en yakın noktasına atış yapılır, basalden yukarı doğru, proksimalden distale doğru bronş duvarına paralel şekilde uygulama yapılır. Prob ucuna kömürleşmiş doku ve sekresyonların yapışması nedeniyle işlem sırasında sık temizlenmesi gerekir

Komplikasyonlar

Hava yolu mukozasında yanık oluşumu, alev alma riski ve fistül oluşumu tanımlanmış komplikasyonlardır (4). Bir çalışmada hasta başına %3.7 komplikasyon oranı tanımlanmış, hava yolu perforasyonu %1.4 ve direkt APC uygulanmasına bağlı olmasa da ölüm %0.55 olarak belirtilmiştir (47). Bir çalışmada, üç yıllık dönem incelendiği ikisi ölümcül olan toplam 3 intrakardiyak gaz embolisi (%1.3-2) vakası bildirilmiştir. Bu çalışmada komplikasyonun APC'ye mi, yoksa kullanılan jet ventilasyona mı bağlı olduğu net değildir (61).

Genel olarak bakıldığında önemli komplikasyon oranı %2'dir (1). FiO₂ %40'ın altında tutulması, endotrakeal tüp ya da kaplı metalik ve silikon stentlere yakın uygulanmaması, kısa enerji akımlı modların tercih edilmesi önerilir (58,62,63).

Öneriler

- Bulky ve ekzofitik olmayan benign ya da malign tümörlerde koagülasyon için ilk tedavi seçeneği olarak önerilebilir.
- Hızlı gelişen kritik hava yolu tıkanıklığı olmayan hastalarda tümör debulkingi için kullanılabilir.
- Bronşiyal ağacın distalinde, açılı alanlarda endobronşiyal lezyonu olan hastalarda oluşan hemoptizinin tedavisinde önerilir.
- Trakeobronşiyal stent komplikasyonu olarak gelişen granülasyon dokusunun temizlenmesinde önerilir.

KAYNAKLAR

1. Du Rand IA, Barber PV, Goldring J, et al. British Thoracic Society guideline for advanced diagnostic and therapeutic flexible bronchoscopy in adults. *Thorax* 2011;66 Suppl 3
2. Khemasuwan D, Mehta AC, Wang KP. Past, present, and future of endobronchial laser photoresection. *J Thorac Dis.* 2015 Dec;7(Suppl 4):S380-8. doi: 10.3978/j.issn.2072-1439.2015.12.55.
3. Bolliger CT, Mathur PN, Beamis JF, et al. ERS/ATS statement on interventional pulmonology. *European Respiratory Society/American Thoracic Society.* *Eur Respir J* 2002;19:356-373.
4. Ernst A, Gerard A, Silvestri GA, Johnstone D. *Interventional pulmonary procedures guidelines from the American College of Chest Physicians.* *Chest* 2003;123:1693-1717.

5. Mehta AC, Harris RJ, De Boer GE. Endoscopic management of benign airway stenosis. *Clin Chest Med* 1995;16:401-13.
6. Ernst A, Feller-Kopman D, Becker HD, et al. Central airway obstruction. *Am J Respir Crit Care Med* 2004;169:1278-97.
7. Cavaliere S, Venuta F, Foccoli P, et al. Endoscopic treatment of malignant airway obstructions in 2,008 patients. *Chest* 1996;110:1536-42.
8. Personne C, Colchen A, Leroy M, et al. Indications and technique for endoscopic laser resections in bronchology. A critical analysis based upon 2,284 resections. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1986;91:710-5.
9. Kvale PA, Eichenhorn MS, Radke JR, et al. YAG laser photoresection of lesions obstructing the central airways *Chest* 1985;87:283-8.
10. Cavaliere S, Foccoli P, Farina PL. Nd:YAG laser bronchoscopy. A five-year experience with 1,396 applications in 1,000 patients. *Chest* 1988;94:15-21.
11. Miks VM, Kvale PA, Riddle JM, et al. Broncholith removal using the YAG laser. *Chest* 1986;90:295-7.
12. Madden BP, Kumar P, Sayer R, et al. Successful resection of obstructing airway granulation tissue following lung transplantation using endobronchial laser (Nd:YAG) therapy. *Eur J Cardiothorac Surg* 1997;12:480-5.
13. Madden BP, Lee M, Paruchuru P. Successful treatment of endobronchial amyloidosis using Nd:YAG laser therapy as an alternative to lobectomy. *Monaldi Arch Chest Dis* 2001;56:27-9.
14. Puma F, Carloni A, Casucci G, et al. Successful endoscopic Nd:YAG laser treatment of endobronchial endometriosis. *Chest* 2003;124:1168-70.
15. Katlic MR, Burick AJ, Lucchino DB. Experiences with laser bronchoscopy. *Pa Med*. 1991 Jun;94(6):24-7.
16. Hetzel MR, Nixon C, Edmondstone WM, et al. Laser therapy in 100 tracheobronchial tumours. *Thorax*. 1985 May;40(5):341-5.
17. Beamis JF Jr, Vergos K, Rebeiz EE, Shapshay SM. Endoscopic laser therapy for obstructing tracheobronchial lesions. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 1991 May;100(5 Pt 1):413-9.
18. Brutinel WM, Cortese DA, McDougall JC, et al. A two-year experience with the neodymium-YAG laser in endobronchial obstruction. *Chest*. 1987 Feb;91(2):159-65.
19. Squiers JJ, Teeter WA, Hoopman JE, et al. Holmium:YAG laser bronchoscopy ablation of benign and malignant airway obstructions: an 8-year experience. *Lasers Med Sci*. 2014 Jul;29(4):1437-43. doi: 10.1007/s10103-014-1536-1. Epub 2014 Mar 1
20. Dumon JF, Shapshay S, Bourcureau J, et al. Principles for safety in application of neodymium-YAG laser in bronchology. *Chest* 1984;86:163-8.
21. Lee HJ, Malhotra R, Grossman C, et al. Initial Report of Neodymium: Yttrium-Aluminum-Perovskite (Nd: YAP) laser Use During Bronchoscopy. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2011;18:229-32.
22. Chan AL, Tharratt RS, Siefkin AD, et al. Nd:YAG laser bronchoscopy. Rigid or fiberoptic mode? *Chest* 1990;98:271-5.
23. Dumon JF, Rebound E, Garbe L, et al. Treatment of tracheobronchial lesions by laser photoresection. *Chest* 1982;81:278-284.
24. Cortese DA. Rigid versus flexible bronchoscope in laser bronchoscopy. *J Bronchol* 1994;1:72-75.

25. Dumon JF, Meric B, Bourcereau J, et al. Principles for safety in application of Nd:YAG laser in bronchology. *Chest* 1984;86:278–284.
26. Dalar L, Karasulu L, Sökücü SN, Altin S. Diode laser in the endoscopic treatment of obstructive airway disease: two years experience in Istanbul. *Thorac Cardiovasc Surg*. 2012 Mar;60(2):140-4. doi: 10.1055/s-0030-1270996. Epub 2011 Apr 21.
27. Guibert N, Mazieres J, Marquette CH, et al. Integration of interventional bronchoscopy in the management of lung cancer. *Eur Respir Rev*. 2015 Sep;24(137):378-91. doi: 10.1183/16000617.00010014. Review
28. van Boxem AJ, Westerga J, Venmans BJ, et al. Photodynamic therapy, Nd-YAG laser and electrocautery for treating early-stage intraluminal cancer: which to choose? *Lung Cancer*. 2001 Jan;31(1):31-6.
29. Murgu SD, Colt HG, Mukai D, et al. Multimodal imaging guidance for laser ablation in tracheal stenosis. *Laryngoscope* 2010;120:1840-6.
30. Golish JA, Pena CM, Mehta AC. Massive air embolism complicating Nd-YAG laser endobronchial photoresection. *Lasers Surg Med* 1992;12:338-42.
31. van Boxem TJ, Venmans BJ, et al. Radiographically occult lung cancer treated with fiberoptic bronchoscopic electrocautery: a pilot study of a simple and inexpensive technique. *Eur Respir J*. 1998 Jan;11(1):169-72.
32. Marel M, Pekarek Z, Spasova I, et al. Management of benign stenoses of the large airways in the uNIMVersity hospital in Prague, Czech Republic, in 1998-2003. *Respiration*. 2005 Nov-Dec;72(6):622-8.
33. Sutedja TG, van Boxem TJ, Schramel FM, et al. Endobronchial electrocautery is an excellent alternative for Nd:YAG laser to treat airway tumors. *J Bronchol* 1997;4:101e5.
34. Hooper RG, Jackson FN. Endobronchial electrocautery. *Chest* 1985;87:712–714.
35. Hooper RG. Electrocautery in endobronchial therapy. A letter to the editor. *Chest* 2000;117:1820.
36. Sutedja G, van Kralingen K, Schramel FM, et al. Fiberoptic bronchoscopic electrocautery under local anaesthesia for rapid palliation in patients with central airway malignancies: a preliminary report. *Thorax* 1994;49:1243-6.
37. Sagawa M, Sato M, Takahashi H, et al. Electrocautery with a fiberoptic bronchoscope and a snare for endotracheal/endobronchial tumors. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116:177-9.
38. Coulter TD, Mehta AC. The heat is on: impact of endobronchial electrocautery on the need for Nd-YAG laser photoresection. *Chest* 2000;118:516-21.
39. von Boxem TV, Muller M, Venmans B, et al. Nd-YAG laser vs bronchoscopic electrocautery for palliation of symptomatic airway obstruction: a cost-effectiveness study. *Chest* 1999; 116: 1108-12.
40. Wahidi MM, Herth F, Ernst A, State of the Art Interventional Pulmonology *CHEST* 2007; 131:261–74.
41. Sutedja T, Bolliger CT. Endobronchial electrocautery and argon plasma coagulation. In: *Progress in Respiratory Research*. Basel: Karger, 2000:120e32
42. Wahidi MM, Unroe MA, Adlakha N, et al. The use of electrocautery as the primary ablation modality for malignant and benign airway obstruction. *J Thorac Oncol* 2011;6:1516-20.
43. Horinouchi H, Miyazawa T, Takada K, et al. Safety study of endobronchial electrocautery for tracheobronchial lesions: multicenter prospective study. *J Bronchol* 2008;15:228e32.

44. van Boxem TJ, Westerga J, Venmans BJ, et al. Tissue effects of bronchoscopic electrocautery: bronchoscopic appearance and histologic changes of bronchial wall after electrocautery. *Chest* 2000;117:887-91.
45. Pasic A, Postmus PE, Sutedja G. What is early lung cancer? A review of the literature. *Lung Cancer* 2004;45:267-277.
46. Sutedja TG, van Boxem AJ, Postmus PE. The curative potential of intraluminal bronchoscopic treatment for early-stage non-small-cell lung cancer. *Clin Lung Cancer* 2001;2:264-270.
47. Reichle G, Freitag L, Kullmann HJ, et al. Argon plasma coagulation in bronchology: a new method--alternative or complementary?. *Pneumologie* 2000;54:508-516.
48. Reichle G, Freitag L, Kullmann HJ, et al. Argon plasma coagulation in bronchology: a new method--alternative or complementary?. *Pneumologie* 2000;54:508-516.
49. Morice RC, Ece T, Ece F, Keus L. Endobronchial argon plasma coagulation for treatment of hemoptysis and neoplastic airway obstruction. *Chest* 2001;119:781-787.
50. Miller SM, Bellinger CR, Chatterjee A. Argon plasma coagulation and electrosurgery for benign endobronchial tumors. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2013;20:38-40.
51. Jabbarjarani H, Masjedi M, Herth F. Successful treatment of endobronchial carcinoid using argon plasma coagulation. *J Bronchology Interv Pulmonol* 2009;16:196-8.
52. Keller CA, Hinerman R, Singh A, et al. The use of endoscopic argon plasma coagulation in airway complications after solid organ transplantation. *Chest* 2001;119:1968-75.
53. Colt HG. Bronchoscopic resection of Wallstent-associated granulation tissue using argon plasma coagulation. *J Bronchol* 1998;5:209-212.
54. Sato M, Terada Y, Nakagawa T, et al. Successful use of argon plasma coagulation and tranilast to treat granulation tissue obstructing the airway after tracheal anastomosis. *Chest* 2000;118:1829-31.
55. Rose AS, Mathur PN. Endobronchial capillary hemangioma: case report and review of the literature. *Respiration* 2008;76:221-4.
56. Manali ED, Saad CP, Krizmanich G, et al. Endobronchial findings of fibrosing mediastinitis. *Respir Care* 2003;48:1038-42.
57. Dalar L, Sökücü SN, Özdemir C, et al. Endobronchial argon plasma coagulation for treatment of Dieulafoy disease. *Respir Care* 2015;60:e11-3.
58. Mahmood K, Wahidi MM. Ablative therapies for central airway obstruction. *Semin Respir Crit Care Med* 2014;35:681-92.
59. Okada S, Yamauchi H, Ishimori S, et al. Endoscopic surgery with a flexible bronchoscope and argon plasma coagulation for tracheobronchial tumors. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2001 Jan;121:180-2.
60. Crosta C, Spaggiari L, De Stefano A et al. Endoscopic argon plasma coagulation for palliative treatment of malignant airway obstructions: early results in 47 cases. *Lung Cancer.* 2001 Jul;33(1):75-80.
61. Reddy C, Majid A, Michaud G, et al. Gas embolism following bronchoscopic argon plasma coagulation: a case series. *Chest.* 2008 Nov;134(5):1066-9. doi: 10.1378/chest.08-0474.
62. Sachdeva A, Pickering EM, Lee HJ. From electrocautery, balloon dilatation, neodymium-doped:yttrium-aluminum-garnet (Nd:YAG) laser to argon plasma coagulation and cryotherapy. *J Thorac Dis.* 2015 Dec;7(Suppl 4):S363-79. doi: 10.3978/j.issn. 2072-1439.2015.12.12.

63. Apfelbaum JL, Caplan RA, Barker SJ, et al. Practice advisory for the prevention and management of operating room fires: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Operating Room Fires. *Anesthesiology* 2013;118:271-90.
64. Mahmood K, Wahidi MM. Ablative therapies for central airway obstruction. *Semin Respir Crit Care Med* 2014;35:681-9.