

REZEKSİYON SONRASI PULMONER FONKSİYONUN PERFÜZYON SİNTİGRAFİSİYLE TAHMİNİ

ESTIMATION OF PULMONARY FUNCTION AFTER RESECTION USING PERFUSION SCINTIGRAPHY

Dr. Akın Eraslan BALCI, *Dr. Tansel Ansal BALCI, Dr. Şevval EREN, Dr. Refik ÜLKÜ, Dr. Cemal ÖZÇELİK

Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, DİYARBAKIR

*Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Nükleer Tıp Anabilim Dalı, DİYARBAKIR

Adres: Dr. Akın Eraslan BALCI, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Anabilim Dalı, 21280 / DİYARBAKIR

Özet

Akciğer rezeksiyonu sonrası FEV₁ < 1 L/s olduğunda, postoperatif pulmoner komplikasyon ve ölüm oranı artmaktadır. Postoperatif akciğer fonksiyonunu tahmin etmek için, rezeksiyon yapılan 29 hastada ameliyattan önce ve sonra solunum fonksiyon testleri ve perfüzyon sintigrafisi çalışıldı. Sintigrafiyle tahmin edilen postoperatif FEV₁ ile ölçülen postoperatif FEV₁ değeri arasında fark yoktu (p = 0.5413). Çıkarılan akciğer kısmının perfüzyon miktarıyla, operasyonun neden olduğu FEV₁ azalması arasında korelasyon vardı (r = 0.5158 ve p < 0.05). Perfüzyon sintigrafisi postoperatif akciğer fonksiyonunun tahmin etmede güvenle uygulanabilir.

Anahtar kelimeler: Perfüzyon sintigrafisi, FEV₁, rezeksiyon

Summary

Pulmonary complications and mortality rate after lung resection increase, if FEV₁ < 1 L/s postoperatively. Pulmonary function tests and lung scans were studied in 29 patients underwent resection pre- and postoperatively in estimating postoperative pulmonary function. No difference was present between estimated postoperative FEV₁ from the perfusion scan and observed postoperative FEV₁ (p = 0.5413). The correlation was present between removed lung perfusion rate and resection-related decrease in FEV₁ (r = 0.5158 ve p < 0.05). Perfusion scans can be performed accurately in estimating postoperative pulmonary function.

Keywords: Perfusion scan, FEV₁, resection

Giriş

Operasyon riskini yükselten faktörler zorlu vital kapasitenin (FVC) ve birinci saniye zorlu ekspirasyon volümünün düşük olması (postoperatif beklenen FEV₁ < 0.7 L/s), yaşın 70'den fazla olması, hipoksemi (pO₂ < 50 mmHg), CO₂ retansiyonu (pCO₂ > 45 mmHg), egzersiz toleransının zayıf olması (44 merdiven basamağını çıkamama) ve koroner hastalığı, aort kapak hastalığı, ritim bozukluğu gibi major kardiyak problemlerdir [1]. Bu tür hastalar genellikle opere edilmezler. Operasyon riski, alışıldığı üzere spirometrik testler kullanılarak değerlendirilir. Birinci saniye zorlu ekspiratuar volümü (FEV₁) < 2 L/s olan hastalarda akciğer perfüzyon sintigrafilerinin çalışılması gereklidir [2].

Bir litrenin altındaki FEV₁'de CO₂ retansiyonu insidansı artar ve ekzersiz toleransı azalır. Dolayısıyla çıkarılacak akciğer kısmının bütün akciğer fonksiyonuna katkısı bilinmelidir. Bronkspirometri, lateral pozisyon testi, tek taraflı olarak pulmoner arterin balonla oklüzyonu ve perfüzyon sintigrafileri bu amaca hizmet eder. Bunların arasında kantitatif ölçüm sağlayan perfüzyon ve ventilasyon sintigrafileri, akciğer fonksiyonunun dağılımı konusunda güvenli bilgi verir. Postoperatif pulmoner fonksiyon sağlıklı bir şekilde tahmin edilebilirse, geçireceği rezeksiyondan sonra FEV₁'i, kritik kabul edilen 0.8-1 L'nin altına düşecek olan hastalar önceden belirlenebilir.

Bu çalışmada sintigrafik yöntem kullanılarak torakotomiden sonra akciğer perfüzyonunda ortaya çıkan değişimler ve spirometrik testlerle de solunum fonksiyonlarında oluşan değişiklikler saptanmıştır. Rezeksiyon sonrası ölçülen FEV₁ değeriyle, operasyondan önce akciğer perfüzyon sintigrafisi çekilerek hesaplanan tahmini postoperatif FEV₁ değeri arasında, anlamlı farkın olup olmadığı araştırılmıştır. Fark anlamlı değilse, sintigrafik yöntem daha sık ve daha güvenle baş vurmak söz konusu olabilecektir. Ayrıca, çıkarılan akciğer kısmının, perfüzyona katkısı oranında, postoperatif solunum fonksiyonlarında da değişiklik olup olmadığını araştırmak için, çıkarılan akciğerin perfüzyon yüzdesiyle, postoperatif spirometrik FEV₁ değeri arasında korelasyon aranmıştır.

Materyal ve Metod

Nisan 1995 – Nisan 2000 tarihleri arasında, posterolateral torakotomi insizyonu kullanılarak ameliyat edilen hastalar arasından seçilen 29 hasta çalışmaya alındı. Pnöminektomililer, birden fazla operasyon geçirenler ve FEV₁ değerleri 2 L'nin üzerinde olan hastalar çalışmaya alınmadı. Yaş ortalaması 59.82 ± 4.23 (69-51), erkek / kadın oranı 21 / 8 olup, 29 hastada 33 rezeksiyon yapılmıştı. Rezeksiyon nedenleri hastaların %48.27'sinde bronş kanseriydi (14 / 29). Bronş kanserlerinin 9'u epidermoid karsinom, 2'si adenokarsinom, 2'si büyük hücreli karsinom ve 1'i adenoskuamöz karsinomdu. Bronşektazi, rezeksiyon nedenlerinin %37.93'ünü oluşturmaktaydı (11 / 29). Preoperatif değerlendirme döneminde kuşkulı olmamış olan akciğer apsesi nedeniyle rezeksiyon %6.9 oranındaydı (2 / 29). İntraoperatif "frozen-section"ın sonuç vermediği 2 hastadan birinde postoperatif tam hamartom, diğerinde de organize pnömoni gelmişti (Tablo 1).

Bütün hastalara preoperatif dönemde spirometri yöntemiyle solunum fonksiyon testleri çalışıldı ve 23'üne de perfüzyon

sintigrafisi yapıldı. Postoperatif dönemdeyse 23 hastaya spirometri yapıldı (Tablo 2). Perfüzyon sintigrafisinin amacı ve önemi hastalara anlatılarak; hem hastalardan hem de etik kuruldan bu tetkik için izin alındı.

Solunum fonksiyon testi ilk 13 olguda Cosmed Pony Spirome-Akciğer Rezeksiyonu (33 / 29)

Bronş kanseri (14)	
Sağ üst lobektomi	7
Sağ alt lobektomi	2
Sağ orta lobektomi	1
Sol üst lobektomi	3
Sol alt lobektomi	1
Lingulektomi	2
Bronşektazi (11)	
Sol alt lobektomi	6
Sağ alt lobektomi	5
Orta ve alt lobektomi	1
Segmentektomi	1
Akciğer apsesi (2)	
Sağ alt lobektomi	1
Sol alt lobektomi	1
Organize pnömoni (1)	
Sağ üst lobektomi	1
Hamartom (1)	
Sol üst lobektomi	1

Tablo 1: Tanı ve operasyonların dağılımı

	SFT		PS
	preoperatif	postoperatif	preoperatif
Rezeksiyon	29	23	24

SFT: Solunum fonksiyon testi

PS: Akciğer perfüzyon sintigrafisi

Tablo 2: Solunum fonksiyon testi ve sintigrafi yapılan hasta-

ter ve sonraki olgularda V-MAX 22 Sensor Medics marka cihazla yapıldı. Test postoperatif 15-21. günler arasında tekrarlandı. Postoperatif dönemde, non-narkotik analjeziklerle etkin ağrı kontrolü başarılıydı. Birinci gün hastalar ambule edildi ve göğüs perküsyonu, öksürmeye teşvik ve triflow ile solunum egzersizlerine başlandı.

Akciğerin sintigrafik incelenmesinde makroagregre albumin (MAA) hazır kiti ve radyonüklid olarak da Mo-99/Tc-99m jeneratöründen elde edilen Tc-99m perteknetat (serbest teknesyum) kullanıldı. Kit prospektüsündeki talimatlara uygun olarak Tc-99m MAA hazırlandı. Her hastaya 4 mCi Tc-99m MAA, supin pozisyondayken periferik bir venden enjekte edildi. Onbeş dakika sonra, gamma kamera masasına supin pozisyondayken yatırılan hastalardan posterior, anterior, sağ ve sol posterio-oblik, sağ ve sol lateral pozisyonlarda imajlar alındı. Çekimlerde Toshiba GCA-601E ve GE Millennium marka gamma kameralar ve düşük enerjili, paralel delikli genel amaçlı kolimatör kullanıldı.

Çekimden sonra imajlar bilgisayara yüklendi. Anterior ve posterior imajlarda her iki akciğerden ve lezyon bölgesinden "region of interest" (ROI) (ilgi alanı) çizilerek, bu alanlardan

sayımlar elde edildi. Her iki akciğerde çizilen ROI'lerden elde edilen sayımların, anterior ve posterior projeksiyonlarda ayrı ayrı ortalamaları alındı. Bu ortalama sayıya göre, rezeksiyon yapılacak olan lezyonlu bölgenin, toplam sayım içindeki yüzdesi hesaplandı. Elde edilen sayı 100'den çıkarılarak lezyonsuz, başka bir deyişle ameliyat sonrası yerinde bırakılacak olan akciğer kısmının, perfüzyona katılma yüzdesi bulundu. Daha sonra bu yüzde preoperatif FEV₁ ile çarpılarak, rezeksiyondan sonraki tahmini FEV₁ hesaplandı. Örnek olarak, Tablo 3'deki 7 no'lu sağ üst lobektomi hastası alınırsa; bu hastada sağ akciğerin anterior ve posterior sintigrafik imajlarından sırasıyla 324125 ve 249876 sayımları elde edilmiş ve sağ akciğerin toplam sayımı 324125 + 249876 / 2 = 287000.5 olarak bulunmuştu. Aynı yöntemle sol akciğerin toplam sayımı da 199236 bulunmuştu.

Buna göre her iki akciğerdeki toplam perfüzyon 287000.5 + 199236 = 486236.5 bulundu. Rezeksiyonu planlanan sağ üst

Yanma No	Ameliyattan önce	Tanı	Preoperatif FEV ₁	ROI	Toplam sayım	% Lezyonlu alan (ROI/Toplam)	Postoperatif beklenen FEV ₁	Postoperatif ölçülen FEV ₁	Δ FEV ₁
1	SgÜL	Ep	1,41	-	-	-	-	-	-
2	SgÜL	Ep	1,97	34428	302211	19 (61)	1,8	1,44	0,53
3	SgÜL	Ep	1,90	58912	247104	24 (76)	1,3	1,3	0,59
4	SgÜL	Ep	1,85	91504,5	421906	21,7 (78,3)	1,45	1,33	0,30
5	SgÜL	Ep	1,55	-	-	-	-	-	-
6	SgÜL	Ep	1,77	43634,5	296134	14,7 (13,3)	1,17	0,88	0,49
7	SgÜL	Ep	1,81	302398	498256,5	12 (60)	1,6	1,41	0,40
8	SgÜL	Ep	0,90	50029,5	402009	12,2 (77,7)	0,8	0,99	-0,09
9	SgÜL	Ep	0,88	39900	217246	18,6 (91,4)	0,71	0,77	0,11
10	SgÜL	Ad	1,57	62386,5	289131,5	21,9 (10,2)	1,31	1,42	0,15
11	SgÜL	Ad	1,06	-	-	-	-	-	-
12	SgÜL	Büh	1,44	-	-	-	-	1,2	0,24
13	SgÜL	Büh	1,6	31834,5	194829	36 (16)	1,5	1,29	0,31
14	SgÜL	Adsq	1,77	83009	306102	36,8 (23,4)	1,47	1,49	0,28
15	SgÜL	Bşz	1,64	91489,5	377012,5	24,3 (73,8)	1,26	1,4	0,26
16	SgÜL	Ep	1,63	87017	419132	28,3 (70,3)	1,28	1,3	0,45
17	SgÜL	Ep	1,56	62149	280873	22 (79)	1,38	0,94	1,08
18	SgÜL	Ep	2	69419	312986,5	20 (80)	1,6	1,3	0,7
19	SgÜL	Ep	0,72	-	-	-	-	0,66	-
20	SgÜL	Ep	1,46	71252	385613,5	18,5 (11,5)	1,19	0,85	0,61
21	SgÜL	Ep	1,37	-	-	-	-	-	-
22	SgÜL	Ep	1,56	-	-	-	-	-	-
23	SgÜL	Ep	1,77	78925	490013	15,8 (24,1)	1,49	1,26	0,41
24	SgÜL	Ep	1,34	64982	412904	15,6 (24,4)	1,04	1,2	0,04
25	SgÜL	Ep	1,94	38714	258003	19 (97)	1,49	1,19	0,43
26	SgÜL	AA	1,48	78955	344113	22,3 (77,7)	1,11	0,77	0,66
27	SgÜL	AA	1,58	-	-	-	-	-	-
28	SgÜL	OP	1,59	76325	312408	24,4 (79,4)	1,2	0,97	0,62
29	SgÜL	Hm	1,56	35694	267128	14,8 (33,3)	1,16	0,88	0,48

Tablo 3: Sonuçlar.

AA: akciğer apsesi; Ad: adenokarsinom; Adsq: adenoskuamöz karsinom; AL: alt lobektomi; Bşz: bronşektazi; Büh: büyük hücreli karsinom; Ep: epidermoid karsinom; Hm: hamartom; OL: orta lobektomi; OP: organize pnömoni; ROI: ilgi alanı (region of Interest); ÜL: üst lobektomi

lobun (ROI), bilgisayarda çizilerek alınan anterior ve posterior sayımları da sırasıyla 49197 ve 67399 olmuştu. Buna göre ROI'nin sayımı 49197 + 67399 / 2 = 58298 olur. Sağ üst lobun perfüzyona katılma yüzdesi ise 58298 / 486236.5 x 100 = 12 olarak bulunur. Lezyonsuz bölgenin (rezeksiyon sonrası

yerinde kalacak olan) perfüzyona katkı yüzdesi, $100 - 12 = 88$ 'dir. Hastanın rezeksiyon öncesi spirometreyle ölçülen FEV₁'i, 1.81 L olduğundan, sağ üst lobun çıkarılmasından sonra, gerçekleşmesi beklenen FEV₁, $88 \times 1.81 / 100 = 1.592$ L'dir. Her hastada rezeksiyon sonrası spirometriyle ölçülerek bulunan gerçek postoperatif FEV₁, yukarıda anlatıldığı şekilde hesaplanan tahmini postoperatif FEV₁ ile karşılaştırıldı.

Değerler bağımlı gruplardan ölçümle elde edildiği ve grup sayıları 30'un altında olduğu için, istatistiksel analizde "Wilcoxon eşleştirilmiş testi" kullanıldı; $p < 0.05$ ise farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edildi [3].

Rezeksiyon öncesi ve sonrası ölçülen FEV₁'lerdeki değişme hesaplanarak, çıkarılan akciğerin perfüzyona katkı yüzdeleriyle birlikte, Microsoft Excel 2000 bilgisayar programına yüklendi; rank korelasyon sabiti (korelasyon katsayısı, r) hesaplandı ve korelasyon eğrisi çizdirildi.

Bulgular

Hastaların FEV₁ ve sintigrafik değerleri Tablo 3'de toplu olarak görülmektedir. Spirometriyle ölçülen operasyon öncesi ortalama FEV₁ 1.55 ± 0.34 (2-0.72) L operasyon öncesi akciğer sintigrafisi yapılarak hesaplanan tahmini postoperatif FEV₁ 1.31 ± 0.25 (1.6-0.71) L geçirilen rezeksiyondan sonra spirometriyle ölçülen FEV₁, 1.15 ± 0.25 (1.6-0.66) L idi.

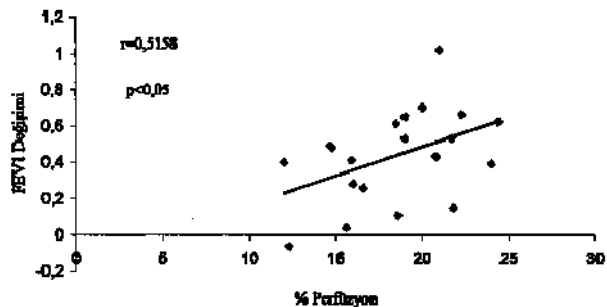
Sintografiyle tahmin edilen postoperatif FEV₁ değeriyle, postoperatif spirometriyle ölçülen FEV₁ değeri arasında anlamlı fark yoktu ($p = 0.5413$). Buna göre perfüzyon sintigrafisi, postoperatif FEV₁ değerini doğru şekilde kestirmede güvenilir bir yardımcıdır. Preoperatif spirometrik FEV₁ ile hem tahmini postoperatif, hem de ölçülen postoperatif FEV₁ değerleri arasındaki fark ise anlamlıydı ($p < 0.05$) (Tablo 4).

FEV₁ değerlerinde rezeksiyonun yol açtığı değişim miktarı (DFEV₁) ortalama 0.43 ± 0.25 [1.02-(-0.06)], çıkarılan akciğer

Preoperatif FEV ₁ (A)	Tahmini postoperatif FEV ₁ (B)	Postoperatif FEV ₁ (C)	p değeri (A-B)	p değeri (A-C)	p değeri (B-C)
1.55 ± 0.34 (2-0.72)	1.31 ± 0.25 (1.6-0.71)	1.15 ± 0.27 (1.6-0.66)	0.007513	0.0000339	0.5413

Tablo 4: Sonuçların karşılaştırılması

bölümünün perfüzyon yüzdesi (% P) ortalama 18.45 ± 3.62 (24.4-12) idi. % P ve DFEV₁ arasında korelasyon vardı. Zira korelasyon katsayısı 0.5158 olup, %95 güvenilirlik aralığında anlamlı korelasyonu ifade etmekteydi ($p < 0.05$) (Şekil 1). Hesaplanan postoperatif FEV₁, hiçbir hastada kritik kabul edilen 1 L'nin altında değildi. Ancak 9 hastada ölçülen FEV₁,



Şekil 1: % Perfüzyon ve FEV₁ değişimi arasındaki ilişki

1 L'nin altındaydı. Bunlardan da yalnızca ikisi 0.8 L'nin altındaydı (0.6 ve 0.7 L) (Tablo 2).

İntraoperatif kosta kırığı, postoperatif solunum yetmezliği ve exitus hiçbir hastada olmadı. Ameliyat sonrasında 1 hastada 13

güne kadar uzayan hava kaçağı, 1 hastada yara enfeksiyonu ve 2 hastada bronkoskopi gerektiren ateletaksi görüldü. Buna göre postoperatif komplikasyon oranı %13.8 (4 / 29) idi. Ağrı yakınması için verilen non-narkotik analjezikler ilk 8 saatten sonra etkin oldu ve postoperatif 8. günden sonra ağrıdan yakınan hasta olmadı.

Tartışma

Akciğer perfüzyon sintigrafilerinin postoperatif FEV₁, vital kapasite, fonksiyonel rezidüel kapasite ve maksimum volunter ventilasyonu kestirmede doğru sonuçlar verebileceği, gerek lateral pozisyon testi, gerekse tek soluk ventilasyon testi kullanılarak yapılan sintigrafilerde vurgulanmıştır [4-6]. Ancak lateral pozisyon testi teknik zorlukları olan ve daha ileri çalışmalar gerektiren bir testtir. Perfüzyon sintigrafilerinde, çeşitli radyofarmasötikler kullanılabilir. Çalışmamızda, hücresel düzeyde perfüzyonu daha iyi gösterebilen Tc-99m ile işaretli makroaggrege albumin kullanılmıştır. Lateral pozisyon testinde, Tc-99m MAA başarılı olmuştur [5].

Çıkarılan akciğer kısmının perfüzyon yüzdesiyle, postoperatif solunum ve egzersiz kapasiteleri arasındaki korelasyon yüksektir ($r = 0.86-0.95$) [5,6]. Çalışmamızda gerek bronş kanseri için, gerekse kanser dışı nedenlerle yapılan lobektomilerde perfüzyon sintigrafisinin güvenilir ve FEV₁'deki azalmayla korele olduğu gösterilmiştir. Ancak korelasyon daha düşük bulunmuştur ($r = 0.5158$). Bunun nedeni olasılıkla, postoperatif solunum testlerinin daha erken (15-21 gün) yapılmış olmasıdır. Benzer çalışmalarda postoperatif solunum fonksiyon testi ikinci [7], üçüncü ve altıncı [8,9] aylarda yapılmış ve korelasyon daha yüksek bulunmuştur. Rezeksiyon sonrası solunum fonksiyon kaybı anatomik kayıptan daha fazladır, ancak fonksiyonlar 6. aya kadar düzelmeye devam eder [10]. Pnömonektomi yapılan olguların uzun dönemli izlemlerinde, hesaplanan postoperatif FEV₁ değerleriyle ölçülen FEV₁ değerleri arasında uyumun olmadığı ve FEV₁'in yanıltıcı olabileceği de söylenmiştir [11]. Bir başka çalışmada ise, lobektomili hastalarda hesaplanan postoperatif FEV₁'in operasyondan sonra ölçülen gerçek FEV₁ değerinden 250 ml, pnömonektomideyse 500 ml düşük olduğu görülmüştür [12].

Akciğerde ventilasyon / perfüzyon dengesizliği olduğu zaman, daha düşük olanı akciğer fonksiyonunu kısıtlayacağından, aslında ventilasyon ve perfüzyon sintigrafisinin birlikte yapılması savunulmuştur [6]. Bu öneriyi klinik rutinde teknik olarak uygulamak zordur, ventilasyon sintigrafisi ancak iyi seçilen hastalarda uygulanabilir. Ayrıca başka açılardan, non-rezektabl olmayan hastalara yapılan perfüzyon sintigrafilerinde rezektabilitelelerinin kısıtlanmadığı da söylenmiştir [6]. Cerrahiden önce hastaların iyi bir şekilde değerlendirilmesi esansiyeldir. Bu değerlendirmede, tümörün teknik olarak rezektabilitesi kadar, hastanın torakotomiye tolere edip edemeyeceği de göz önünde tutulmalıdır [13]. Perfüzyon sintigrafisi, başka yönlerden rezektabilitesi kuşku olan hastalarda, hastaları rezeksiyondan uzaklaştırmak için değil, rezeksiyon kapsamına almak için kullanılmalıdır.

Sonuç olarak;

- 1) Pulmoner fonksiyon kaybı, radyonüklid pulmoner sintografiyle doğru olarak tahmin edilebilir;
- 2) Tc-99m MAA ile perfüzyon sintigrafisi basit ve olasılıkla da en iyi tahmin yöntemidir;
- 3) Cerrahiden sonra 1 L'nin üzerinde olacağı tahmin edilen

FEV₁, düşük cerrahi morbidite ve mortaliteyi gösterir.

Kaynaklar

1. Reilly JJ. Evidence-based preoperative evaluation of candidates for thoracotomy. *Chest* 1986;89:127-35.
2. Gass GD, Olsen GN. Preoperative pulmonary function testing to predict postoperative morbidity and mortality. *Chest* 1986;89:127-35.
3. Sümbüloğlu K, Sümbüloğlu V. Biyoistatistik. Özdemir Basımevi; Ankara, 1995;58-148.
4. Corris PA, Ellis DA, Hawkins T, et al. Use of radionuclide scanning in the preoperative estimation of pulmonary function after pneumonectomy. *Thorax* 1987;42:285-91.
5. Schoonover GA, Olsen GN, McLain C, et al. Lateral position test and quantitative lung scan in the preoperative evaluation for lung resection. *Chest* 1984;86:854-9.
6. Wernly JA, DeMeester TR, Kirchner PT, et al. Clinical value of quantitative ventilation-perfusion lung scans in the surgical management of bronchogenic carcinoma. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1980;80:535-43.
7. Izquierdo JM, Pac JJ, Casanova J, et al. Lung resection surgery in patients with functional limits. *Arch Broncholneumol* 1995;31:328-32.
8. Hirose Y, Imaeda T, Doi H, et al. Lung perfusion SPECT in predicting postoperative pulmonary function in lung cancer. *Ann Nucl Med* 1993;7:123-6.
9. Larsen KR, Lund JO, Svendsen UG, et al. Prediction of postoperative cardiopulmonary function using perfusion scintigraphy in patients with bronchogenic carcinoma. *Clin Physiol* 1997;17:257-67.
10. Shields TW. General features of pulmonary resections. In: Shields TW, LoCicero III J, Ponn RB, eds. *General thoracic surgery*. Philadelphia: Williams&Wilkins, 2000: 375-84.
11. Ladurie ML, Ranson-Bitker B. Uncertainties in the expected value for forced expiratory volume in one second after surgery. *Chest* 1986;90:222-8.
12. Zeiher BG, Gross TJ, Kern JA. Uncertainties in the expected value for forced expiratory volume in one second after surgery. *Chest* 1986;90:222-8.
13. Nugent AM, Steele IC, Carragher AM, et al. Effect of thoracotomy and lung resection on exercise capacity in patients with lung cancer. *Thorax* 1999;54:334-8.