

肺癌手術の呼吸機能からのリスク評価の指針

総論

肺癌手術のリスク評価は複雑で、肺切除術の周術期合併症や術死、遠隔期の機能を念頭に置く必要がある。手術予定患者の身体的背景は手術リスクに影響を与え、特に心肺機能は重要である[1]。また、心血管系のリスク（特に動脈硬化性心臓血管障害）を疑えば積極的に術前評価を行うべきである[2]。また、年齢は周術期のリスクに関係があると思われがちだが年齢そのものが肺癌根治術を妨げる因子ではなく[3]、術前併存疾患が術死に与える影響が最も大きい[4]。術死のリスクは American College of Chest Physician (ACCP) のガイドラインでは肺葉切除で4%以下、肺全摘で9%以下とされるが[5]、日本の全国肺癌登録事業の報告によると1994年で0.9%[6]、1999年で0.4%[7]である。なお、全年齢における周術期死亡は日本胸部外科学会の集計では、2008年における国内27,881例の肺癌手術例における術後30日以内の死亡率は0.4%で、在院死亡は0.9%である[8]。80歳以上の高齢者であっても80歳未満の患者と大きな差はなく、周術期死亡のリスクは日本の報告では0-3%[9,10]、欧米の報告では2-16%[11-14]である。

手術は専門施設で専門医が行う方が術後死亡率は低く[15-19]、そうすることが望ましい。診断から手術までの期間は術後の生存期間に影響を与えないとの報告があるが[20]、診断後はできる限り早く手術を行うことが望ましい。

術前に化学療法や放射線療法がおこなわれることがあり、これは術前の肺機能に影響を与える。特に%DLcoを低下させ、引いては術後合併症を増加させる[21]。

各論

周術期合併症や死亡に対するリスク評価

周術期合併症発生率や死亡率は年々低下している[6,7]。麻酔技術や手術手技が向上し周術期死亡や合併症、特に心肺合併症（急性高二酸化炭素血症、48時間以上の人工呼吸器装着、不整脈、肺炎、気管支鏡を必要とする無気肺 など）は近年効果的に管理されて少なくなってきたが、依然心房細動は肺切除患者に多く見られる[5]。

心血管評価

肺癌の手術の場合、たとえ縮小手術であっても喫煙や動脈硬化の影響がある患者が多いので心血管のリスク評価を行うべきである。非心血管手術症例における標準的なリスク評価のポイントとして American Heart Association (AHA) からのガイドライン [22]があるので、これをもとに肺切除周術期心血管合併症（心筋梗塞、心不全、心臓死）に対するリスクを評価すべきである。このAHAのガイドラインでは、心評価を多段階的に行っている。

第一段階は、心臓以外の緊急手術かどうかでの選別で、緊急を要する場合は手術を行う。

第二段階（緊急を要する手術でない場合）は、活動性の心障害があるかどうかでの選別で、活動性の心障害があれば心臓の治療を先行させる。ここでは、活動性の心障害は1)不安定な心血管障害、2)非代償性心不全、3)有意な不整脈、4)重症弁膜症であるが、詳細はAHAのガイドラインを参考にしていきたい[22]。

第三段階（活動性ではない心血管障害がある場合）は、手術のリスクが低いかどうかでの選別で、低リスクの場合手術を行うが、呼吸器系の手術は中等度リスクに値するので次

のステップに進む。

第四段階（活動性ではない心血管障害があり、中等度以上リスクに値する手術の場合）は、無症状での運動容量が4 metabolic equivalent (MET)あるかどうかでの選別で、そうであれば手術を行う。METの詳細はAHAのガイドラインを参考にさせていただきたいが、概ねMET>10はexcellent, MET 7-10はgood, MET 4-6はmoderate, MET<4はpoorである。MET 4の目安は布団の上げ下ろしや部屋の掃除、1時間に約6kmの歩行、カートに乗って行うゴルフ、ボーリング、キャッチボール等がおおよそ4METである[21]。

第五段階は、労作時呼吸困難等の症状があるか4MET相当の運動ができない場合で、クリニカルリスクファクターがない場合は手術を適応を考慮するが、1つでもあれば更なる検査および評価が必要である。この場合のリスクファクターは1)虚血性心疾患、2)非代償性心不全またはその既往、3)糖尿病、4)腎機能障害、5)脳血管障害である[22]。以上、心血管評価の概要をAHAからのガイドラインに沿って述べたが、詳細は元論文[22] (<http://circ.ahajournals.org/cgi/content/extract/circulationaha;116/17/e418>)を参考にさせていただきたい。

肺機能評価

1) 肺機能検査（スパイロメトリー）

術前のリスク評価に最も用いられている検査は肺機能検査（スパイロメトリー）の1秒量（forced expiratory volume 1: FEV1）である。肺機能検査は被検者が安定した状態か適切な気管支拡張薬投与下に行うべきである。死亡率が5%未満であるのは葉切除例でFEV1>1.5L、全適例でFEV1>2Lである[23-27]。絶対値を用いると、高齢、小柄、女性の場合リスクが過大評価される傾向があるが、%FEV1>80%であれば肺全適をも含めた肺切除術において周術期死亡のリスクが低い[28]。さらに、切除肺容量を用いて算出する術後予測1秒量(predicted postoperative FEV1: ppo-FEV1)が術後肺機能を正確に表している。この計算は換気シンチや血流シンチの左右別肺機能検査を用いて行われるが、技術的に容易であるため一般的には血流シンチが用いられる。このppo-FEV1は残存肺区域数と術前総肺区域数の比を用いた次の計算式Aを用いる。

$$A : \text{ppo-FEV1} = \text{術前 FEV1} \times (\text{残存肺区域数} / \text{総肺区域数})$$

この方法は肺葉切除において簡便かつ有用である。報告によっては肺区域を18区域（右上葉：3、右中葉：2、右下葉：5、左上葉：4、左下葉：4）として計算する方法もあるが[22]、左上区はS1+2およびS3の区域がそれぞれ亜区域を3つずつ有しており、一般の区域より容量が多いので、国内では肺区域を左上葉を5区域とし、計19区域（右上葉：3、右中葉：2、右下葉：5、左上葉：5、左下葉：4）として計算するのが一般的である。さらに細かい方法で計算しているものもあるが、Aが一番相関する($r=0.87-0.96$) [29]。表-1に1秒量で評価した標準術式における周術期合併症および死亡のリスクについてまとめた [30-39]。多くの臨床研究においてppo-FEV1<40%の症例で周術期死亡のリスクが増加（30%-50%）するとしている。又、葉切未満肺切除症例に対するppo-FEV1の評価はエビデンスが少なく評価が難しい。

2) ガス交換能

動脈血ガス分析値が正常であることが肺切除術のリスク評価に重要であると考えられるが、動脈血ガス分析の肺切除術におけるリスク評価を行った研究は少なく、大半が中等度の高二酸化炭素血症であっても周術期死亡や合併症は増加しないとしている[30]

32, 40-42]。また、PaO₂ の評価をした論文は 1 つしかないが、PaO₂<60mmHg と PaO₂>60mmHg の 2 群間の死亡率の差は有意ではない(6% vs 7%)としている[32]。したがって、軽度あるいは中等度の高二酸化炭素血症あるいは低酸素血症のみで肺切除の適応を否定すべきではなく、切除部位や運動負荷試験等の総合的評価で適応を決定すべきである。

3) 肺胞拡散能(diffusing capacity of lung for carbon monoxide: DLco)

DLco もまた周術期のリスク評価に有用であり[34, 37, 43-46]、表-2 に%DLco あるいは%ppoDLco で評価した標準術式における周術期合併症および死亡のリスクについてまとめた。周術期死亡は%DLco<60%でリスクが増加する。また、%ppoDLco が低くなるにつれ死亡のリスクは高くなる。周術期合併症は%DLco<80%でリスクが増加するので慎重に対処することが望ましい。

4) 運動耐容能

運動耐容能試験(運動負荷試験)は心肺両機能を含めた全身機能の評価ができるので、肺切除に伴う身体的なストレスに対する耐容性をよりの確に評価できる。運動中は酸素消費、二酸化炭素排出、心拍出量が増加し、酸素運搬を心・肺・血管全体で調節している状態になる。運動負荷が増加すると酸素摂取量は増加しプラトーな状態になる。これが最大酸素摂取量(maximum oxygen consumption: VO₂max)である。

表-3 に VO₂max で評価した標準術式における周術期合併症および死亡のリスクについてまとめた。標準術式の場合 VO₂max が 15-20mL/kg/min であれば周術期死亡は通常より高いが、その数値のみでは手術適応外とはならない。[34, 49-53] VO₂max<10 mL/kg/min の場合周術期死亡率は 25%を超える[34, 38, 49, 50]。症例数は少ないが、諸家からの報告によると VO₂max の値が 10-15mL/kg/min を境に周術期死亡のリスクが高くなると考えられる。

運動耐容能を測定する簡単な方法は最大歩行距離や最大登上階段数である。この方法は標準化が難しく周術期死亡に関するデータが少ないが、これらは長年にわたって用いられている。最大歩行距離の測定法にはシャトルウォークや 6 分間歩行試験がある。シャトルウォークは 10m 間隔の 2 点を音声シグナルでペースングされて往復する方法で 25 往復できない人は VO₂max<10mL/kg/min の可能性が高い[54, 55]。また、6 分間歩行試験は現時点では標準化されていない[56]。一般的に階段 3 階分(1 段を 18.5cm とし 54 段)以上階段を登上できる人の運動耐容能は >15mL/kg/min であることが多く、1 階分(18 段)も階段登上ができない人は <10mL/kg/min のことが多い[57]。また、術前併存症のため階段登上ができない人も周術期死亡のリスクは高い[58, 59]。これらより、3 階、5 階がそれぞれ葉切除、全摘の閾値とされている。

5) 動脈血酸素飽和度低下(Desaturation)

歩行試験は運動負荷試験よりも簡便に運動負荷時の SaO₂ が低下する患者を同定できる。臨床的価値は不透明であるが 4%以上の動脈血酸素飽和度の低下は周術期合併症発生のリスクが増加するとの報告がある[23, 34, 37, 60]。

肺切除患者におけるリスク評価のアルゴリズム

ここで論じた文献的考察から肺切除術患者のリスク評価には 1) pre%FEV₁、pre%DLco、2) ppo%FEV₁、ppo%DLco、3) 運動負荷試験を用いるとよい。ACC P のガイドラインを参考にした肺癌手術のリスク評価のアルゴリズムを図-1 に示す。

DLco の測定が困難な施設は、DLco の測定を待たずに運動負荷試験を用いリスク評価が可能である。

表-1

著者	年	検査	閾値	肺切除量(%)			閾値以上患者(%)			閾値以下患者(%)		
				楔状 切除	肺葉 切除	肺全摘	N	肺合併 症(%)	周術期 死亡(%)	N	肺合併 症(%)	周術期 死亡(%)
Olsen et al [30]	1989	preFEV1.0	1.5L ^a	15	70	15	11	27	NA	18	22	NA
Bolliger et al [31]	1995	preFEV1.0	1.5L ^a	18	56	26	71	8	1	9	44	22
Duque et al [32]	1997	preFEV1.0	1.3L	20	52	28	562	(33) ^b	6	30	(27) ^b	13
Dales et al [33]	1993	preFEV1.0	60%	11	74	15	43	21	NA	50	50	NA
Bolliger et al [30]	1995	preFEV1.0	60%	18	56	26	69	10	3	11	100	9
Duque et al [32]	1997	ppoFEV1.0	1L	20	52	28	542	(32) ^b	7	63	(37) ^b	6
Markos et al [34]	1989	ppoFEV1.0	1L	0	62	38	38	13	0	9	33	33
Wahi et al [35]	1989	ppoFEV1.0	40%	0	0	100	122	NA	3	51	NA	16
Nakahara et al [36]	1985	ppoFEV1.0	40%	0	77	23	157	16	NA	15	47	NA
Pierce et al [37]	1994	ppoFEV1.0	40%	26	54	20	41	(78) ^b	10	13	(85) ^b	38
Holden et al [38]	1992	ppoFEV1.0	40%	31	44	25	6	17	0	10	60	50
Nakagawa et al [39]	1987	ppoFEV1.0	40%	0	77	23	24	21	8	7	71	29
Markos et al [34]	1989	ppoFEV1.0	40%	0	77	23	41	12	0	6	50	50

NA, not assessed; a, <2L for pneumonectomy; b, any complications

表-2

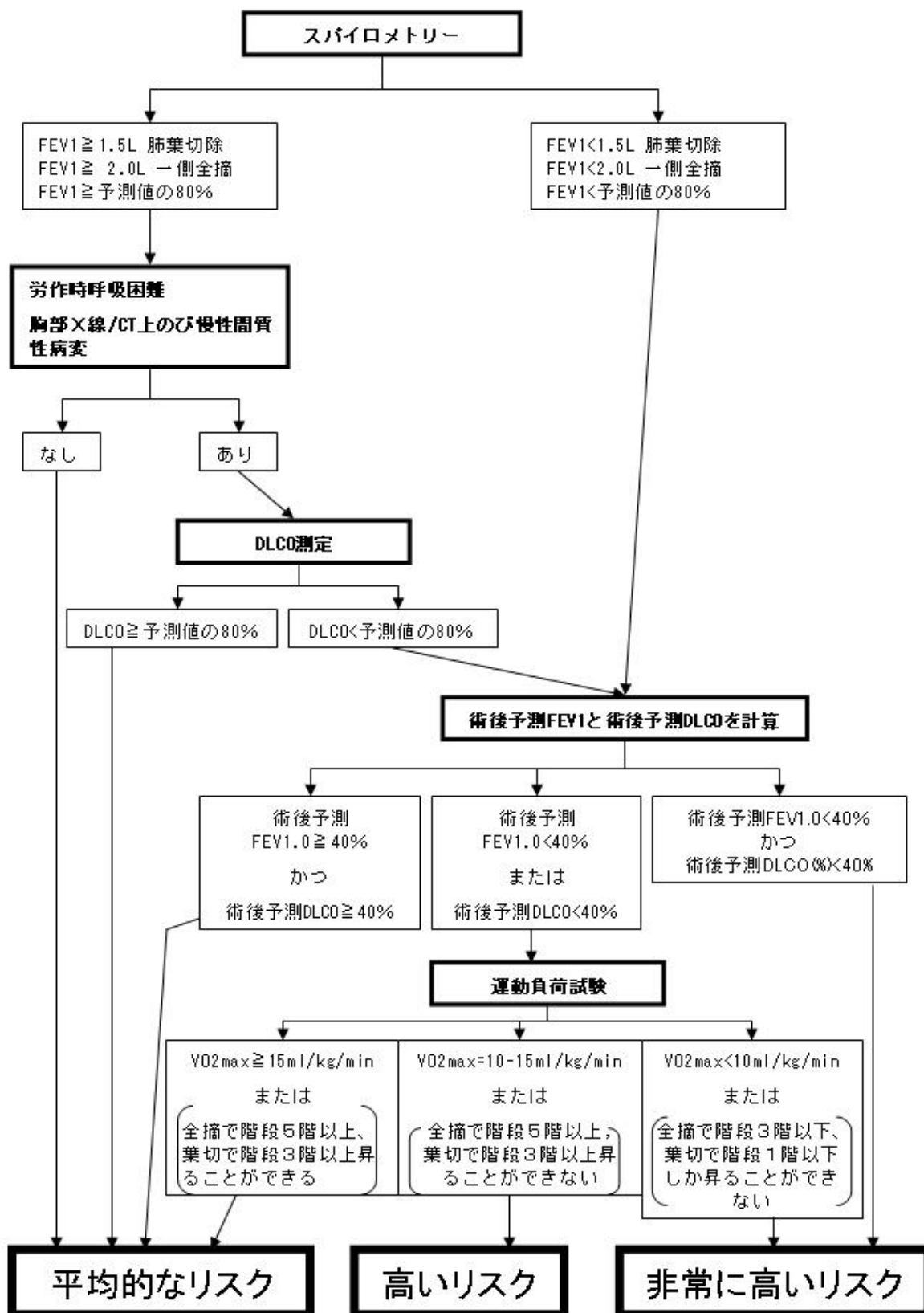
著者	年	検査	閾値	肺切除量(%)			閾値以上患者(%)			閾値以下患者(%)		
				楔状 切除	肺葉 切除	肺全摘	N	肺合併 症(%)	周術期 死亡(%)	N	肺合併 症(%)	周術期 死亡(%)
Bousamara et al [45]	1996	preDLco	60%	0	75	25	262	10	5	62	18	5
Furgason et al [43]	1988	preDLco	60%	0	69	31	145	19	5	20	45	25
Pierce et al [37]	1994	preDLco	60%	26	54	20	47	(77) ^a	17	7	(71) ^a	14
Markos et al [34]	1989	ppoDLco	50%	0	62	38	32	6	0	14	43	21
Bolliger et al [46]	1995	ppoDLco	50%	0	46	54	14	14	0	11	27	27
Holden et al [38]	1992	ppoDLco	50%	31	44	25	8	50	38	8	38	25
Markos et al [34]	1989	ppoDLco	40%	0	62	38	32	10	3	14	67	33
Pierce et al [37]	1994	ppoDLco	40%	26	54	20	47	(77) ^a	17	7	(71) ^a	43
Furgason et al [44]	1995	ppoDLco	40%	0	75	25	?	8-33	2-13	?	34	22

NA, not assessed ; a, any complications

表-3

著者	年	検査	閾値	肺切除量(%)			閾値以上患者(%)			閾値以下患者(%)		
				楔状 切除	肺葉 切除	肺全摘	N	肺合併 症(%)	周術期 死亡(%)	N	肺合併 症(%)	周術期 死亡(%)
Bechard et al [49]	1987	VO2max	15	24	56	20	28	7	0	22	40	13
Bolliger et al [31]	1995	VO2max	15	18	56	26	64	6	1	16	38	13
Bolliger et al [51]	1995	VO2max	15	0	59	41	NA	NA	NA	17	29	18
Markos et al [34]	1989	VO2max	15	0	62	38	29	14	3	14	21	7
Holden et al [38]	1992	VO2max	15	31	44	25	NA	NA	NA	11	36	27
Pirce [37]	1994	VO2max	15	26	54	20	44	(77) ^a	16	8	(88) ^a	25
Smith et al [61]	1984	VO2max	15	27	55	18	16	19	6	6	83	17
Bechard et al [49]	1987	VO2max	10	24	56	20	43	7	0	7	71	29
Markos et al [34]	1989	VO2max	10	0	62	38	38	18	18	5	0	0

NA, not assessed ; a, any complications



引用文献

1. 三好新一郎 肺癌手術における心肺機能評価 肺癌；2003：675-685
2. Hood RM. Preoperative management. In: Techniques in general thoracic surgery. Philadelphia W.B. Saunders Company; 1985: 1-12
3. Expert Advisory Group. A policy framework for commission cancer services. London, UK: Department of Health, 1955
4. Dominguez-Ventura A, Allen MS, Cassivi SD, Nichols FC 3rd, Deschamps C, Pairolero PC. Lung cancer in octogenarians: factors affecting morbidity and mortality after pulmonary resection. *Ann Thorac Surg.* 2006 ;82:1175-1179.
5. Colice GL, Shaferd S, Griffin JP, Keenan R, Bolliger CT. Physical evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: ACCP evidence based clinical practice guidelines. *Chest* 2007; 132: 161-177
6. 肺癌登録合同委員会 肺癌外科切除例の全国集計に関する報告 肺癌。2002;42:555-566
7. 肺癌登録合同委員会 1999 年肺癌外科切除例の全国集計に関する報告 肺癌。2007;47:299-311
8. Sakata Y, Fujii Y, Kuwano H. Thoracic and Cardiovascular surgery in Japan during 2008. *Gen Thorac Cardiovasc Surg.* 2010; 58:356-383.
9. Osaki T Shirakusa T, Kodate M, Nakanishi R, Mitsudomi T, Ueda H. Surgical treatment of lung cancer in octogenarian. *Ann Thorac Surg* 1994; 57: 188-193
10. Matsuoka H, Okada M, Sakamoto T, Tsubota N. Complication and outcomes after pulmonary resection for cancer in patients 80 to 89 years of age. *Eur J Cardiothoracic Surg* 2005; 28: 308-303
11. Naunheim KS, Kesler KA, D'Orazio SA, Fiore AC, Judd DR. Lung cancer surgery in the octogenarian *Eur J Cardiothorac Surg.* 1994;8:453-6.
12. Pagni S, Federico JA, Ponn RB. Pulmonary resection for lung cancer in octogenarians. *Ann Thorac Surg.* 1997 ;63:785-789.
13. Brock MV, Kim MP, Hooker CM, et al. Pulmonary resection in octogenarians with stage I nonsmall cell lung cancer: a 22-year experience. *Ann Thorac Surg.* 2004 ;77::271-277.
14. Port JL, Kent M, Korst RJ et al. Surgical resection for lung cancer in the octogenarian. *Chest.* 2004 ;126:733-738.
15. Goodney PP, Lucas FL, Stukel TA, et al. Surgeon specialty and operative mortality with lung resection. *Ann Surg* 2005;241:179-184
16. Romano PS, Mark DH. Patient and hospital characteristics related to in-hospital mortality after lung cancer resection. *Chest* 1992; 101:1332-1337
17. Bach PB, Cramer LD, Schrag D, et al. The influence of hospital volume on survival after resection for lung cancer. *N Engl J Med* 2001; 345:181-188

18. Birkmeyer JD, Siewers AE, Finlayson EVA, et al. Hospital volume and surgical mortality in the United States. *N Engl J Med* 2002; 346:1128-1137
19. Birkmeyer JD, Stukel TA, Siewers AE, et al. Surgeon volume and operative mortality in the United States. *N Engl J Med* 2003; 349:2117-2127
20. Aragonese FG, Moreno N, Leon P, et al. Influence of delays on survival in the treatment of bronchogenic carcinoma. *Lung Cancer* 2002; 36:59-63
21. Matsubara Y, Takeda S, Mashimo T. Risk stratification for lung cancer surgery. *Chest* 2005; 128:3519-3525
22. Fleisher LA, Beckman JA, Brown KA, et al. ACC/AHA 2007 guideline on perioperative cardiovascular evaluation for noncardiac surgery. *Circulation* 2007; 117:e419-e500 これは116(17); e418-500ではないですか？
23. British Thoracic Society, Society of Cardiothoracic Surgeons of Great Britain and Ireland Working Party. Guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. *Thorax* 2001; 56:89-108
24. Boushy SF, Billig DM, North LB, et al. Clinical course related to preoperative and postoperative pulmonary function in patients with bronchogenic carcinoma. *Chest* 1971; 59:383-391
25. 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; 80:535-543
26. Miller JI Jr. Physiologic evaluation of pulmonary function in the candidate for lung resection. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1993; 105:347-351
27. Ali MK, Mountain CF, Ewer MS et al. Predicting loss of pulmonary function after resection for bronchogenic carcinoma. *Chest* 1980;77:337-342
28. Wyser C, Stulz P, Soler M, et al. Prospective evaluation of an algorithm for the functional assessment of lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159:1450-1456
29. Zeiher B, Gross TJ, Kern JA et al. Predicting postoperative pulmonary function in patients undergoing lung resection. *Chest* 1995; 108:68-72
30. Olsen GN, Weiman DS, Bolton JW. Submaximal invasive exercise testing and quantitative lung scanning in the tolerance for lung resection. *Chest*. 1992; 101: 1369-1375
31. Bolliger CT, Jordan P, Soler M. Exercise capacity as a predictor of postoperative complications in lung resection candidates. *Am J Respir Crit Care Med*. 1995; 151: 1472-1480
32. Duque JL, Ramos G, Gastrodeza J et al. Early complications in surgical treatment of lung cancer: a prospective, multicenter study. *Ann Thorac Surg*. 1997; 63: 944-950
33. Dales RE, Dionne G, Leech JA, et al. Preoperative prediction of pulmonary

- complications following thoracic surgery. *Chest*. 1993; 104: 155-159
34. Markos J, Mullan BP, Hillan DR, et al. Preoperative assessment as a predictor of mortality and morbidity after lung resection. *Am Rev. Respir Dis*. 1989; 139: 902-910
 35. Wahi R, McMutery MJ, DeCaro LF, et al. Determination of perioperative morbidity and mortality after pneumonectomy. *Ann Thorac Surg*. 1989; 48:33-37
 36. Nakahara K, Monden Y, Ohno K et al. A method for predicting postoperative lung function and its relation to postoperative complications in patients with lung cancer. *Ann Thorac Surg*. 1985; 39: 260-265
 37. Price R, Copland JM, Sharpe K. Preoperative risk evaluation for lung cancer resection: predicted postoperative product as a predictor of surgical mortality. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994; 150: 947-955.
 38. Holden DA, Rice TW, Stelmach K, et al. Exercise testing, 6-min walk, and stair climb in the evaluation of patients at high risk for pulmonary resection. *Chest* 1992; 102:1774-1779
 39. Nakagawa K, Nakahara K, Miyoshi S et al. Oxygen transport during incremental exercise load as a predictor of operative risk in lung cancer patients. *Chest* 1992; 101: 1369-1375
 40. Kearney DJ, Lee TH, Reilly JJ et al. Assessment of operative risk in patients undergoing lung resection: importance of predicted pulmonary function. *Chest* 1994; 150: 947-955
 41. Walsh GL, Morice RC, Putnam JB et al. Resection of lung cancer is justified in high-risk patients selected by exercise oxygen consumption. *Ann Thorac Surg*. 1994; 61: 1494-1500
 42. Bolliger CT, Soler M, Stulz P. Evaluation of high-risk lung resection candidates: pulmonary hemodynamics versus exercise testing. *Respiration* 1994; 61: 181-186
 43. Ferguson MK, Little L, Rizzo L, et al. Diffusion capacity predicts morbidity and mortality after pulmonary resection. *J Thoracic Cardiovasc Surg*. 1988; 96: 894-900
 44. Ferguson MK, Reeder LB, Mick R. Optimizing selection of patients for major lung resection. *J Thoracic Cardiovasc Surg*. 1995; 109: 275-283
 45. Bousamra M, Presberg KW, Chammass JH et al. Early and late morbidity in patients undergoing pulmonary resection with low diffusion capacity. *Ann Thorac Surg*. 1996; 62: 968-975
 46. Bolliger CT, Wyser C, Roser H et al. Lung scancing and exercise testing for the prediction of postoperative performance in lung resection candidates at increased risk for complications. *Chest*. 1995; 108: 341-348
 47. Wasserman K, Whipp B. Exercise physiology in health and disease. *Am Rev Respir Dis*. 1975; 112: 219-259.
 48. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise

- testing. *Am Rev. Respir Dis.* 1984; 129(supple): S49-S55.
49. Becharad D, Wetstein L. Assessment of exercise oxygen consumption as preoperative criterion for lung resection. *Ann Thorac Surg* 1987; 44:344-349
 50. Olsen GN, Weiman DS, Bolton JWR, et al. Submaximal invasive exercise testing and quantitative lung scanning in the evaluation for tolerance of lung resection. *Chest* 1989; 95:267-273
 51. Bolliger CT, Wyser C, Roser H et al. Lung scanning and exercise testing for the prediction of postoperative performance in lung resection candidates at increased risk for complication. *Chest* 1995; 108:341-348
 52. Wang J, Olak J, Ultmann RE, et al. Assessment of pulmonary complications after lung resection. *Ann Thorac Surg* 1999; 67:1444-1447
 53. Win T, Jackson A, Sharples L, et al. Cardiopulmonary exercise tests and lung cancer surgical outcome. *Chest* 2005; 127:1159-1165
 54. Singh SJ, Morgan MD, Scott S, et al. Development of a shuttle walking test of disability in patients with chronic airway obstruction. *Thorax* 1992; 47:1019-1024
 55. Win T, Jackson A, Groves AM, et al. Relationship of shuttle walk test and lung cancer surgical outcome. *Eur J Cardio-Thoracic Surg* 2004; 26:1216-1219
 56. Turner SE, Eastwood PE, Cecins NM, et al. Physiologic responses to incremental and self-paced exercise in COPD. *Chest* 2004; 126:766-773
 57. Pollock M, Roa J, Benditt J, et al. Estimation of ventilator reserve by stair climbing. *Chest* 1993; 104:1378-1383
 58. Brunelli A, Sabbatini A, Xiume F, et al. Inability to perform maximal stair climbing test before lung resection. *Eur J Cardiothoracic Surg* 2005; 27:367-372
 59. Brunelli A, Monteverde M, Refai MA, et al. Stair climbing test as a predictor of cardiopulmonary complications after pulmonary lobectomy in the elderly. *Ann Thorac Surg* 2004; 77:266-270
 60. Ninan M, Summers KE, Landreneau RJ, et al. Standardised exercise oximetry predicts postpneumonectomy outcome. *Ann Thorac Surg* 1997; 64:328-333
 61. Smith TP, Kinasewiz GT, Tucker WY, et al. Exercise capacity as a predictor of post-thoracotomy morbidity. *Am Rev Respir Dis* 1984 ; 129 : 730-734
 62. Cerfolio RJ, Allen MS, Trastek VF, et al. Lung resection in patients with compromised pulmonary function. *Ann Thorac Surg.* 1996; 62:348-351