

폐절제술후의 폐기능 예측에 대한 나선식 정량적 CT의 유용성 (나선식 정량적 CT와 폐관류스캔과의 비교)

이 조 한* · 이 석 재* · 김 성 진**

=Abstract=

Use of Quantitative CT to Predict Postoperative Lung Function (Comparison of Quantitative CT and Perfusion Lung Scan)

Jo Han Rhee, M.D.*, Seog-Jae Lee, M.D.*, Sung Jin Kim, M.D.**

Background: The prediction on changes in the lung function after lung surgery would be an important indicator in terms of the operability and postoperative complications. In order to predict the postoperative FEV1 - the commonly used method for measuring changes in lung function - a comparison between the quantitative CT and the perfusion lung scan was made and proved its usefulness. **Material and Method:** The subjects included 22 patients who received perfusion lung scan and quantitative CT preoperatively and with whom the follow-up of PFT were possible out of the pool of patients who underwent right lobectomy or right pneumonectomy between June of 1997 and December of 1999. The FEV1 and FVC were calibrated by performing the PFT on each patient, and then the predicted FEV1 and FVC were calculated after performing perfusion lung scan and quantitative CT postoperatively. The FEV1 and FVC were calibrated by performing the PFT after 1 week and after 3 months following the surgery. **Result:** There was a significant mutual relationship between the predicted FEV1 and FVC using quantitative CT and perfusion lung scan and the actual postoperative FEV1 and FVC at 1 week and 3 months. The predicted FEV1 and FVC(pneumonectomy group : $r=0.962$ and $r=0.938$, lobectomy group : $r=0.921$ and $r=0.913$) using quantitative CT at 1 week postoperatively showed a higher mutual relationship than that predicted by perfusion lung scan(pneumonectomy group : $r=0.927$ and $r=0.890$, lobectomy group : $r=0.910$ and $r=0.905$). The result was likewise at 3 months postoperatively(CT - pneumonectomy group : $r=0.827$ and $r=0.921$, lobectomy group : $r=0.945$ and $r=0.935$), (scan - pneumonectomy group : $r=0.799$ and $r=0.882$, lobectomy group : $r=0.934$ and $r=0.932$). **Conclusion:** In comparison to perfusion lung scan, quantitative CT is more accurate in predicting lung function postoperatively and is cost-effective as well. Therefore, it can be concluded that the quantitative CT is an effective method of replacing

*충북대학교 의과대학 흉부외과학교실

Department of Thoracic and Cardiovascular Surgery, College of Medicine, Chungbuk National University

**충북대학교 의과대학 진단방사선과학교실

Department of Radiology, College of Medicine, Chungbuk National University

† 이 논문은 충북대학교 발전기금제단 신진교수연구비 지원으로 이루어졌음.

논문접수일 : 2000년 6월 28일 심사통과일 : 2000년 9월 3일

책임저자 : 이석재(360-763) 충북 청주시 흥덕구 개신동 62번지, 충북대학교병원 흉부외과 (Tel) 043-269-6377, (Fax) 043-269-6069

본 논문의 저작권 및 전자매체의 지적소유권은 대한흉부외과학회에 있다

the perfusion lung scan in predicting lung function post-operatively. However, it is noted that further comparative analysis using more data and follow-up studies of the patients is required.

(Korean Thorac Cardiovasc Surg 2000;33:798-805)

Key word : 1. Tomography, x-ray computed
2. Lung scan
3. Pulmonary function test

서 론

최근 우리나라의 질병 통계에 의하면 폐암에 의한 사망이 차지하는 비중이 높고 있는 추세이다. 또한 과거 높은 유병률을 보였던 결핵의 후유증으로 인하여 수술의 대상이 되는 환자의 수도 늘고 있다 특히 폐암의 경우 그 치료에 있어, 과거에 비하여 수술의 중요성이 두드러지게 강조되고 있는 실정이다. 원발성 폐종양을 비롯한 폐질환의 치료에 있어서 폐절제술은 가장 중요하며 기본적인 치료방법의 하나로 시행되고 있다. 그러나 폐절제술은 수술 후 폐실질의 감소로 인한 폐기능의 감소를 동반하며, 이러한 폐기능의 감소는 폐절제술 후 호흡기계의 합병증을 일으키어 더 나아가서는 사망률을 증가시키는 원인이 된다. 또한 폐암환자에 있어 수술의 적응이 점차 확대되어 가고 있는 것이 세계적인 추세이나 특히 우리나라의 경우 폐결핵 등 폐의 기존 병변이 있는 경우가 많아 폐절제술에 있어 수술 후 환자의 잔여 폐기능에 대한 평가가 수술 가능성을 판단하는데 질병자체의 병기보다 더 중요하게 작용하는 경우가 있다.

일반적으로 수술 전 폐기능의 평가 및 수술 후 잔여 폐기능의 예측방법으로서 1초간 강제호기량(FEV1)을 측정하고 동위원소를 이용한 폐관류스캔을 시행하여 각 폐엽의 부피분율을 구한 후 이를 이용하여 폐절제술 후 FEV1을 예측하는 방법이 사용되고 있다¹⁻⁴⁾. 이 방법은 국내에서도 1980년대 말에서 1990년대 초까지 몇몇 연구자들에 의해 검증되어 졌다^{1,2)}. 이후 술전 검사로 전산화 단층촬영이 보편화되어지고, 촬영 기기와 기법이 다양한 발전을 거듭하여 나선형 단층촬영을 이용한 폐 용적의 계산이 비교적 정확하게 이루어지게 되었다. 이런 방법을 이용한 수술 후 폐기능의 예측이 가능해지고 이에 대한 연구가 1995년 국내에서도 발표되었으나⁵⁾ 아직 임상적인 적용이 활발하지 못한 실정이다. 흉부 CT의 경우 폐의 형태학적인 특징뿐만 아니라 수술 전 폐의 생리 및 병리학적인 변화를 평가하는 데 유용하며⁶⁾ 폐암의 병기결정등을 위해 널리 시행되고 있다⁷⁾. 따라서 폐용적을 계산할 수 있는 프로그램을 응용하면 기존에 시행하는 흉부 CT의 영상에서 단면적을 계산한 후 이로부터 총 폐부피를

구하고 또한 각 구역의 부피 및 분율을 계산할 수 있으며 이는 폐절제술 후 폐기능을 예측하는 데 응용될 수 있어 폐관류스캔을 대체하는 방법으로 소개되고 있다^{5,8)}.

이에 저자들은 폐절제술 후 폐기능을 예측하는 방법으로서의 폐관류스캔과 나선식 정량적 CT를 비교하여 그 유용성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

1997년 6월부터 1999년 12월 사이에 우측폐엽절제술이나 우측전폐절제술을 시행받은 환자들 중 수술전에 폐관류스캔과 나선식 정량적 CT를 시행받았으며 수술후에 폐기능검사의 추적관찰이 가능했던 22명의 환자를 대상으로 하였다. 22명의 환자중 우측전폐절제술을 시행받은 환자는 9명이었으며 13명은 우측폐엽절제술을 시행받았다. 좌측폐의 경우에는 상, 하엽의 두 부분으로 나누어져 있으나 폐관류스캔에서 상, 중, 하의 세 부분으로 구획분율이 나오기 때문에 폐엽절제술의 경우 이로 인한 오차가 발생할 가능성이 있다고 판단되어 본 연구에서는 제외하였다.

각각의 환자에서 수술전 폐기능검사를 시행하여 FEV1 및 FVC를 구하였고 같은 시기에 폐관류스캔과 나선식 정량적 CT를 시행하여 수술후 예측되는 FEV1과 FVC를 계산하였다. 폐관류스캔은 99mTc-MAA(macroaggregated albumin) 3mCi를 정주한 후 5분에 Gamma camera(Picker사의 SX300)를 이용하여 8개의 평면영상을 얻은 후 각각의 폐를 3등분으로 나누어 관심영역을 그려 각 등분이 전체 폐에서 차지하는 백분율을 계산하였다.

사용한 CT기기는 GE Hi-speed advantage RP(GE Medical System, Milwaukee, USA)로 전래에서 양와위 자세로 흡기상태에서 나선식 CT를 이용하여 폐첨부터 횡격막까지 두 번으로 나누어 스캔하였다. 140 kVp, 240 mAs, matrix 512×384, 7 mm의 절편 두께, pitch 1:2등의 조건하에서 촬영하였으며, Window level은 -600 HU, Window width는 1200 HU로 하였다. 폐용적은 advantage window program을 이용하여 각각의 단면에서 마우스를 이용하여 수작업으로 폐야를 그려 면적

Table 1. The Clinical Data in Pneumonecctomy Group

Case	Age/Sex	Op name	Tbc.	Preoperative	CT-predicted	Scan-predicted	postoperative FEV1/FVC(L)	
				FEV1/FVC(L)	FEV1/FVC(L)	FEV1/FVC(L)	7 d	3 m
1	M/62	Rt. Pneumonecctomy	O	1.63 / 2.25	0.99 / 1.37	1.06 / 1.46	1.01 / 1.30	1.30 / 1.72
2	M/67	Rt. Pneumonecctomy	O	1.75 / 3.00	0.93 / 1.59	1.05 / 1.80	0.90 / 1.55	0.93 / 1.65
3	M/59	Rt. Pneumonecctomy	X	3.05 / 4.66	1.68 / 2.57	1.86 / 2.84	1.60 / 2.44	1.75 / 2.67
4	M/50	Rt. Pneumonecctomy	X	2.50 / 2.83	1.48 / 1.68	1.33 / 1.50	1.42 / 1.75	1.65 / 1.93
5	M/49	Rt. Pneumonecctomy	X	2.79 / 4.64	1.41 / 2.34	1.52 / 2.53	1.55 / 2.35	2.08 / 2.82
6	M/55	Rt. Pneumonecctomy	O	1.98 / 2.65	1.36 / 1.82	1.43 / 1.91	1.25 / 1.93	1.40 / 2.10
7	M/62	Rt. Pneumonecctomy	O	1.14 / 2.17	0.93 / 1.77	0.87 / 1.66	0.90 / 1.74	0.95 / 1.95
8	M/63	Rt. Pneumonecctomy	X	1.97 / 2.60	1.30 / 1.72	1.37 / 1.80	1.20 / 1.80	1.25 / 1.95
9	M/54	Rt. Pneumonecctomy	X	1.77 / 3.24	0.99 / 1.81	1.00 / 1.84	0.94 / 1.49	1.05 / 1.75

Op. name, operative name; Tbc, fibrotic sequelae of the lung due to tuberculosis; Rt. pneumonecctomy, right pneumonecctomy; FEV1, first-second forced expired volume; FVC, functional vital capacity; 7 d, 7 days, 3 m, 3 months.

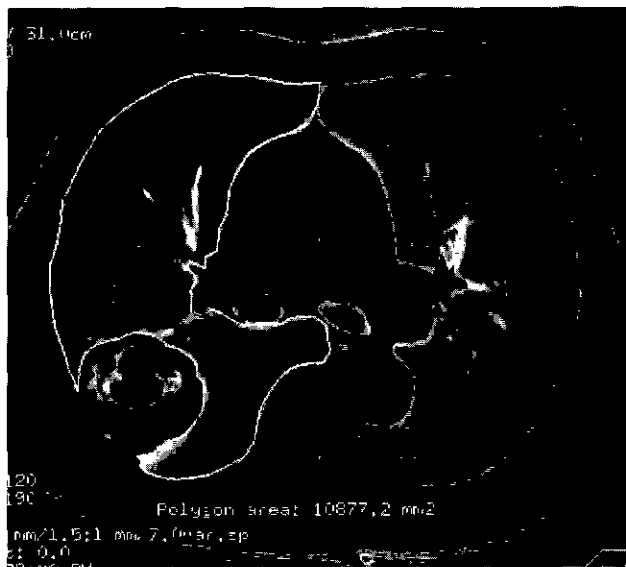


Fig. 1. CT measurement

을 측정 한 후에 전체 폐의 용적을 구하였다(Fig. 1). 수술로 절제할 폐엽도 같은 방법으로 폐엽간열을 기준으로하여 폐야를 그려 용적을 구하였으며 이를 이용하여 전체 폐에 대한 절제할 폐의 비율을 계산하였다. 결핵등으로 인한 폐의 섬유화부분이나 기낭 또는 기포가 존재하는 경우에는 각각의 단면에서 마우스를 이용하여 병변부위를 제거하여 면적을 측정하는 방법으로 폐의 용적을 계산하였다(Fig. 1 좌하단 부위 참조).

수술 후 FEV1과 FVC의 예측은 다음과 같은 공식에 의거하여 계산하였다.

수술 후 예측 FEV1과 FVC = 술전 측정 한 FEV1/FVC × (1- 절제할 폐용적/전폐용적)

수술 후에는 수술직후의 폐기능상태를 평가하고자 수술 후 1

주일에 폐기능검사를 시행하였고 통증 등 수술 스트레스로 인한 폐기능의 변화가 없어지는 3개월에 다시 폐기능검사를 시행하여 각각의 FEV1과 FVC를 측정하였다. 우측전폐절제술을 시행한 군과 우측폐엽절제술을 시행한 군으로 나누어 수술 후 7일 및 3개월에 실측한 FEV1 및 FVC와 수술 전에 폐관류스캔 및 나선식 정량적 CT를 이용하여 예측한 FEV1 및 FVC를 비교 평가하였으며, 각각을 폐결핵의 후유병변이 있었던 군과 없었던 군으로 대별하여 비교하였다. 통계는 Pearson 상관계수와 Wilcoxon의 부호순위검정(signed rank test)을 이용하여 P < 0.05 일 때 통계적 유의성이 있다고 인정하였다.

결 과

남녀비는 16:6였으며, 평균연령은 58.6세였다. 원인질환으로는 폐암이 14례였으며 폐국균증(aspergilloma)이 4례, 결핵이 2례, 말기 기관지확장증이 1례, 양성폐종양이 1례에서 있었다.

각각의 환자들에 대한 수술전 FEV1/FVC와 CT 및 스캔으로 예측한 FEV1/FVC, 수술 후 7일 및 3개월에 실측한 FEV1/FVC의 임상기록은 Table 1, 2와 같았다.

수술 전에 시행한 나선식 정량적 CT와 스캔을 이용한 수술 후의 FEV1 및 FVC의 예측치를 수술 후의 실측치와 비교하였을 때 전폐절제술군 및 폐엽절제술군에서 모두 수술 후 7일 및 3개월에서 실측한 FEV1 및 FVC의 예측치와 유의한 상호관계가 있었다(Table 3).

전폐절제술군에서 수술 후 7일 및 3개월의 실측치와 수술 전에 나선식 정량적 CT 및 폐관류스캔의 상호관계를 비교하였을 때 통계적으로는 유의하지는 않았지만 나선식 정량적 CT로 예측한 수치에서 더 높은 상관계수를 보이고 있었다

Table 2. The Clinical Data in Lobectomy Group

Case	Age/Sex	Op name	Tbc.	Preoperative	CT-predicted	Scan-predicted	Postoperative FEV1/FVC(L)	
				FEV1/FVC(L)	FEV1/FVC(L)	FEV1/FVC(L)	7 d	3 m
1	F/67	RUL lobectomy	X	2.61 / 3.00	1.92 / 2.21	2.24 / 2.57	1.95 / 2.25	2.27 / 2.80
2	F/70	RUL lobectomy	X	1.33 / 1.66	1.15 / 1.44	1.16 / 1.45	0.80 / 1.05	1.30 / 1.60
3	M/47	RUL lobectomy	X	3.54 / 4.13	3.19 / 3.99	3.25 / 4.07	2.50 / 3.27	3.00 / 3.85
4	F/59	RUML bilobectomy	X	2.35 / 2.63	1.48 / 1.66	1.53 / 1.71	1.20 / 1.45	1.48 / 1.73
5	F/57	RMLL bilobectomy	X	0.95 / 1.43	0.67 / 1.01	0.90 / 1.35	0.78 / 1.24	0.95 / 1.50
6	F/70	RUL lobectomy	O	1.42 / 2.00	1.21 / 1.70	1.27 / 1.79	1.05 / 1.65	1.36 / 1.95
7	M/63	RUL lobectomy	O	2.37 / 3.76	1.70 / 2.70	2.07 / 3.28	1.12 / 2.48	1.54 / 2.74
8	M/67	RUL lobectomy	X	2.30 / 3.15	1.85 / 2.53	2.04 / 2.79	1.40 / 1.93	1.55 / 2.24
9	M/56	RUL lobectomy	O	2.90 / 3.35	2.44 / 2.86	2.48 / 2.86	1.90 / 2.16	2.10 / 2.45
10	M/55	RLL lobectomy	X	2.45 / 3.45	1.94 / 2.73	2.15 / 3.03	1.58 / 1.77	2.07 / 2.60
11	M/49	RUL lobectomy	O	2.59 / 2.80	2.20 / 2.26	2.35 / 2.54	1.95 / 2.20	2.08 / 2.33
12	M/40	RUL lobectomy	O	3.92 / 4.69	3.23 / 3.86	3.58 / 4.28	2.00 / 2.65	2.50 / 3.12
13	F/69	RUML bilobectomy	X	1.36 / 1.95	0.80 / 1.15	0.80 / 1.15	0.76 / 1.43	0.94 / 1.67

Op. name, operative name; Tbc, fibrotic sequelae of the lung due to tuberculosis; RUL, right upper lobe; RUML, right upper and middle lobe; RMLL, right middle and lower lobe; FEV1, first-second forced expired volume; FVC, functional vital capacity; 7 d, 7 days; 3 m, 3 months

Table 3. Comparison of Pearson's correlation coefficient

			Pneumonectomy group	Lobectomy group
CT-predicted FEV1 & FVC	Postop. 7d	FEV1	0.962 (p=0.0001)	0.921 (p=0.0001)
		FVC	0.938 (p=0.0002)	0.913 (p=0.0001)
	Postop. 3m	FEV1	0.827 (p=0.006)	0.945 (p=0.0001)
		FVC	0.921 (p=0.0004)	0.935 (p=0.0001)
Scan-predicted FEV1 & FVC	Postop. 7d	FEV1	0.927 (p=0.0003)	0.910 (p=0.0001)
		FVC	0.890 (p=0.0013)	0.905 (p=0.0001)
	Postop. 3m	FEV1	0.799 (p=0.0097)	0.934 (p=0.0001)
		FVC	0.882 (p=0.0016)	0.932 (p=0.0001)

FEV1, first-second forced expired volume; FVC, functional vital capacity; p, p-value; postop. 7 d, postoperative 7 days; postop. 3m, postoperative 3 months.

(Table 4). 폐엽절제술군에서는 수술 후 7일과 3개월 모두에서 나선식 정량적 CT로 예측한 FEV1 및 FVC가 폐관류스캔의 예측치보다 유의하게 높은 상호관계를 보이고 있었다 (P<0.05)(Table 4).

양군에서 CT 및 스캔의 예측치와 수술 후 7일과 3개월의 실측치를 비교하였을 때 폐엽절제술군에서는 통계적으로는 유의하게 상관계수가 상승하는 현상이 나타났지만, 전폐절제술을 시행한 군에서는 7일에 비해 3개월에서 CT 및 스캔 모두 상관계수의 감소현상을 보이고 있었다(Table 5).

또한 각각의 군을 결핵의 후유병변이 있었던 군과 없었던 군으로 대별하여 상관계수를 비교하였으나 통계적인 유의성

이 발견되지는 않았다(Table 6).

고 찰

최근들어 폐암 및 기타 폐질환에 대한 근치적 치료로 폐절제술의 빈도가 증가하면서 폐절제술 후에 잔여 폐의 환기량을 포함한 전반적인 폐기능에 대한 관심과 연구가 증가하고 있다. 일반적으로 개흉술 또는 상복부수술, 흡연 및 기침의 기왕력, 고령, 비만, 수술전 기타 폐질환이 병존하는 경우에 수술 후 폐기능의 예측과 더불어 수술전 폐기능을 검사해야 될 필요가 있다고 알려져 있다⁹⁾. 더구나 국내에서는 결

Table 4. Comparison between CT-predicted FEV1 and FVC and scan-predicted FEV1 and FVC

		CT-predicted FEV1	Scan-predicted FEV1	p-value	
		FVC	FVC		
Pneumonectomy group	Postop. 7d	FEV1	0.962	0.927	NS
		FVC	0.938	0.890	NS
	Postop. 3m	FEV1	0.827	0.799	NS
		FVC	0.921	0.882	NS
Lobectomy group	Postop. 7d	FEV1	0.921	0.910	< 0.05
		FVC	0.913	0.905	< 0.05
	Postop. 3m	FEV1	0.945	0.934	< 0.05
		FVC	0.935	0.932	< 0.05

FEV1, first-second forced expired volume; FVC, functional vital capacity; postop. 7 d, postoperative 7 days; postop. 3 m, postoperative 3 months.

Table 5. Comparison between 1 week and 3 months postoperatively

		Postop. FEV1 (7d)	Postop. FEV1 (3m)	p-value	
		FVC	FVC		
Pneumonectomy group	CT-predicted	FEV1	0.962	0.827	< 0.05
		FVC	0.938	0.921	< 0.05
	Scan-predicted	FEV1	0.927	0.799	< 0.05
		FVC	0.890	0.882	< 0.05
Lobectomy group	CT-predicted	FEV1	0.921	0.945	< 0.05
		FVC	0.913	0.935	< 0.05
	Scan-predicted	FEV1	0.910	0.934	< 0.05
		FVC	0.905	0.932	< 0.05

FEV1, first-second forced expired volume; FVC, functional vital capacity,

핵의 유병률이 높아 절제대상부위를 제외한 잔여 폐 중 일부는 결핵의 후유증으로 섬유화가 되어 있고, 이로 인해 정상적인 역할을 할 수 없으며, 흡연 등으로 인해 만성 폐쇄성 폐질환이 합병되어 있는 경우가 많기 때문에 폐절제술후 폐기능을 예측하여 폐절제술의 범위를 결정하거나 수술 가능성을 결정하는 것이 수술후 폐기능부전에 따른 사망률 및 이환율을 감소시키는 방법이 되리라 생각된다.

폐절제술후 폐기능을 예측하는 방법으로는 여러 가지가 시도되어 왔지만 수술 전 1초간 강제 호기량(FEV1)과 폐관류스캔을 시행하여 수술후 FEV1을 예측하는 방법이 보편화되어 사용되고 있다¹⁻⁴⁾.

폐관류스캔의 원리는^{10,11)} 폐모세혈관의 구경보다 약간 큰 방사성 동위원소로 표지된 입자들을 정맥에 투여하면 우심

에서 혈액과 잘 혼합되어 말초혈관에 걸려 일과성의 미세색전을 일으키고 이러한 입자들의 분포를 감마카메라를 이용하여 스캔을 하여 이미지를 얻는 것이다. 이러한 이미지가 충분한 입자에 의해서 얻어진다면 폐동맥류와 일치되어 관류가 잘되는 부분은 방사능 분포가 균일하고 충분하게 보이며 혈류가 차단된 부분은 방사능이 저하되거나 결손을 보이게 된다. 폐의 관류스캔을 위하여 사용되는 방사성 동위원소 표지 화합물은 초기에는 ¹³¹I-MAA(macroaggregated albumin)가 사용되었으나 근래에는 더 짧은 반감기와 해상력이 더 좋은 ^{99m}Tc-MAA를 사용하고 있다. 이러한 폐관류스캔을 이용한 폐기능의 예측은 폐구역별의 폐관류량의 비로부터 구하며 이는 폐관류량이 폐환기량과 비례한다는 원리에서 응용된 것이다.

Table 6. Comparison between Tbc and non-Tbc. of Pearson's correlation coefficient

		Pneumonectomy group			Lobectomy group			
		Tbc.	non-Tbc.	p-value	Tbc.	non-Tbc.	p-value	
CT-predicted FEV1/FVC	Postop. 7d	FEV1	0.983 (p=0.02)	0.935 (p=0.02)	NS	0.846 (p=0.07)	0.960 (p<0.01)	NS
		FVC	0.980 (p=0.02)	0.914 (p=0.03)	NS	0.876 (p=0.05)	0.910 (p<0.01)	NS
	Postop. 3m	FEV1	0.797 (p=0.20)	0.732 (p=0.16)	NS	0.968 (p<0.01)	0.964 (p<0.01)	NS
		FVC	0.812 (p=0.19)	0.915 (p=0.03)	NS	0.950 (p<0.01)	0.949 (p<0.01)	NS
Scan-predicted FEV1/FVC	Postop. 7d	FEV1	0.944 (p=0.06)	0.889 (p=0.04)	NS	0.795 (p=0.11)	0.978 (p<0.01)	NS
		FVC	0.828 (p=0.17)	0.893 (p=0.04)	NS	0.948 (p=0.01)	0.903 (p<0.01)	NS
	Postop. 3m	FEV1	0.788 (p=0.21)	0.698 (p=0.19)	NS	0.942 (p=0.02)	0.972 (p<0.01)	NS
		FVC	0.492 (p=0.51)	0.892 (p=0.04)	NS	0.996 (p<0.01)	0.949 (p<0.01)	NS

Tbc, fibrotic sequelae of the lung due to tuberculosis; FEV1, first-second forced expired volume; FVC, functional vital capacity; postop. 7 d, postoperative 7 days; postop. 3 m, postoperative 3 months; 7 d, 7 days; 3 m, 3 months; NS, non-significant

나선식 정량적 CT는 전폐 및 각 구역별의 용적을 직접 구해 절제될 폐의 비를 측정하는 것이다. 폐실질의 정량화를 위해서는 관심영역에서 종격동이나 흉벽을 제외하여 폐실질만을 분리하는 과정이 필요한데 이를 수작업으로만 계산하는 방법은 대단히 힘들며 부정확하고 컴퓨터를 이용하여 폐실질을 분리한다⁵⁾. 컴퓨터를 이용하는 방법으로는 변연추적법과 연속화소법이¹²⁾ 있는데 변연추적법은 폐와 주변조직간의 경계를 이루는 감쇠계수의 급격한 변화를 컴퓨터가 인식하여 경계를 연속적인 선으로 이어서 관심영역으로 설정하는 방법으로 처리속도가 빠르고 사용이 간편한 장점이 있으나 폐실질내에 고립되어 있는 병변(기포, 종괴, 부분적 경화 등)을 배제할 수 없는 단점이 있다. 연속화소법은 대략 설정된 관심영역내에서 지정된 감쇠계수 범위내에 속한 화소만을 선별하는 방법으로 변연추적법과 비교하여 상대적으로 처리속도가 늦고 수작업이 많은 단점이 있으나 고립된 폐내의 상태를 모두 평가할 수 있는 장점이 있다⁵⁾. 이러한 장점이 기능가능한 폐용적의 정량화의 정확성에 중요한 역할을 하므로 저지들도 다른 논문의 저자들처럼⁵⁾ 후자의 방법을 사용하였다.

본 연구에서 나타난 바에 의하면(Table 5) 폐엽절제술의 경우에 수술 전에 CT나 스캔으로 예측한 FEV1과 FVC와 수술 후 7일 및 3개월에 실측한 FEV1과 FVC의 수치를 비교하였을 때 3개월에서 더 높은 상호 관계를 나타내었다. 이러한 결과는 Ali³⁾나 Boysen등이¹³⁾ 저술한 바와 같이 수술 후 7일에 실측한 단기간의 경우에는 폐실질의 감소와 더불어 수술 자체에 의한 폐기능의 감소(통증, 환측 폐의 부종, 무기폐 등)가 있기 때문이며, 3개월후의 경우에는 수술 자체에 의한

폐기능의 감소없이 폐실질 감소에 의한 폐기능의 측정이 가능하였기 때문이라고 생각된다. Ali등에 의하면 술 후 장기간이 지난 실측치가 예측치보다 대체로 높게 나왔는데, 이는 남은 폐의 보상기전이나 남은 폐단위의 폐포의 확장때문이라고 설명하였으나 본 연구에서는 그러한 소견은 관찰되지 않았다.

한편 전폐절제술의 경우에는(Table 5) 수술 전 CT나 스캔의 예측치 모두 3개월보다는 7일에서의 실측치에 더 높은 상호 관계를 보였는데 단기간의 경우는 환부측은 폐엽절제술과는 달리 잔존하는 폐가 없으므로 수술 자체에 의한 폐기능의 감소(통증, 환측 폐의 부종, 무기폐 등) 정도가 폐엽절제술보다는 적고 오히려 장기간의 경우에는 폐엽절제술의 경우보다는 훨씬 큰 보상기전 때문에 예측한 수치보다 더 높은 실측치로 인해 나타난 현상이라고 생각된다. 그러나 본 연구에서 보면 전폐절제술을 시행 받은 9명중 4명은 3개월의 실측치가 예측치와 비슷하거나 적게 나왔다. 이들은 수술 후 지속된 통증이나 식욕부진등으로 체력이 몹시 저하된 상태였기 때문이라고 생각된다.

저자들의 연구에서 폐관류스캔으로 예측한 FEV1 및 FVC에 비해 나선식 정량적 CT로 예측한 수치가 술 후 실측치와 비교하였을 때 통계적으로는 폐엽절제술군에서만 의미있는 차이가 있었지만 폐엽절제술군이나 전폐절제술군에서 모두 CT 예측치가 더 좋은 상호관계를 나타내고 있었다. 이는 폐관류스캔에서는 폐엽들이 서로 겹쳐져 있기 때문에 절제될 폐엽이 전체 폐기능에 어느 정도 기여하고 있는 가를 정확하게 계산할 수 없고^{10,11)}, 폐혈류분포가 중력으로 인해 영향을 받을 수 있으며^{10,11)} 또한 스캔간의 호흡상태의 불일치로

인한 오차⁶⁾ 있기 때문이라고 사료된다. 이에 비해 나선식 정량적 CT의 경우에는 폐혈류분포가 아닌 폐용적을 계산하는 방법으로 각 폐엽들의 용적계산이 비교적 정확하고 중력의 영향을 덜 받으며 흡기시 시행하므로 호흡상태의 불일치가 없어 폐관류스캔의 단점을 극복할 수 있으리라 생각된다. 그러나 나선식 정량적 CT에서도 미세한 폐기종이 동반되어 있는 경우 정확한 계산은 어려우며 실제로 본 연구에서도 폐종양이 있는 환측에 폐기종이 동반되어 있는 경우 절제될 폐의 용적이 실제 기능을 갖는 폐의 용적에 비해 높게 계산되어 술 후 예측되는 FEV1이 낮게 평가되는 단점이 발견되었다. 물론 나선식 정량적 CT로 폐용적을 계산할 때 폐종양을 비롯하여 호흡기능이 불가능한 부위는 제외하여 계산하지만 어느 정도의 오차는 발생하리라 생각되며 이러한 경우에는 폐관류량에 기초를 둔 폐관류스캔과 함께 예측하는 것이 도움이 되리라 생각된다.

국내의 경우에는 결핵의 유병률이 높으며 이로 인해 잔여 폐에 섬유화가 진행되어 있는 경우가 많아 술후 폐기능의 예측은 폐관류량에 기초를 둔 스캔의 경우에서 CT보다 더욱 정확할 것으로 생각되었으나 CT의 경우 폐용적을 계산하는 과정에서 병변부위를 제거하므로 인해 오히려 스캔보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있었다. 또한 결과에서 나타나듯이 전 폐절제술군과 폐엽절제술군을 각각 결핵의 후유병변이 있었던 군과 없었던 군으로 나누어 상관계수를 구해 비교하였으나 CT 및 scan의 예측치 모두 통계적인 의미는 없었다(Table 6). 물론 이는 증례가 적었지만, CT의 경우 각각의 단면도에서 마우스를 이용하여 수작업으로 병변부위를 제거하고(Fig. 1의 좌하단부위 참조) 단면적을 측정한 후 용적을 계산하였기 때문에 비교적 정확한 수치를 산출할 수 있었다고 생각할 수 있다. 따라서 병변부위를 제거하고 용적을 구한다면 나선식 정량적 CT로도 결핵이나 기낭으로 인한 오차를 줄이며 폐기능을 측정할 수 있으리라 생각된다.

결 론

나선식 정량적 CT는 폐관류스캔에 비해 폐절제술 후 폐기능(FEV1 및 FVC) 평가하는 방법으로 동등하거나 또는 그 이상의 정확한 예측을 할 수 있으며 이를 바탕으로 수술 가능성 여부의 판단 및 수술 후 합병증의 발생에 대한 정보를 얻을 수 있으며, 간단한 프로그램을 이용하여 기존의 CT와

연계하여 쉽게 사용이 가능하고, 폐관류스캔을 대체함으로써 얻는 경제적 이점이 있다. 따라서 나선식 정량적 CT는 폐절제술후 폐기능의 예측에 있어서 유용한 수단이 되리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김한수, 장준, 김세규 등. 폐 절제술 후의 폐기능 예측을 위한 폐관류주사의 응용, 결핵 및 호흡기질환. 1990; 37(1):36-43.
2. 엄호기, 김동순, 손광현. 전산화 폐관류주사를 이용한 폐절제술 후 폐기능의 예측 대한내과학회잡지. 1988; 35(2):186-93
3. Ali MK, Mountain CF, Ewer MS, Jonston D, Haynie TP. Predicting loss of pulmonary function after pulmonary resection for bronchogenic carcinoma. Chest 1980;77:337-42.
4. Olsen GN, Block AJ, Tobias JA. Prediction of postpneumonectomy pulmonary function using quantitative macroaggregate lung scanning. Chest 1974;66:13-6.
5. 정명진, 임정기, 구진모, 조인철, 연경모. 나선식 정량적 CT . 폐절제술후 폐기능 예측에의 유용성 대한방사선의학회지. 1995;33(4):559-64.
6. Naldich OF, Webb WR, Muller ML. Thoracic computed tomography: current concepts. In: Potchen EJ, Gralinger RG, Greene R. et al Pulmonary radiology. Philadelphia, Pa. Saunders, 1993;386-404.
7. Epstein DM, Stephenson LW, Gefter WB, van der Voorde F, Aronchuk JM, Miller WT. Value of CT in the preoperative assessment of lung cancer. a survey of thoracic surgery. Radiology 1986;161:423-7.
8. Wu MT, Chang JM, Chiang AA, et al. Use of quantitative CT to predict postoperative lung function in patient with lung cancer. Radiology 1994;191:257-62.
9. Lumb PD. Perioperative Pulmonary Physiology. In: Sabiston DC, Spencer FC. Surgery of the Chest. 6th ed. Philadelphia: W.B Saunders Co. 1995;22-68
10. 박석건 호흡기: 고창순. 핵의학. 2판. 서울: 고려의학 1997;421-38.
11. 이민제 호흡기: 이민제 최신 임상핵의학. 광주 서광의학. 1992;214-54.
12. Hedlund LW, Anderson RF, Goulding PL, Beck JW, Effman EL, Putman CE. Two methods for isolating the lung area of a CT scan for density information. Radiology 1982;144:353-7.
13. Boysen PG. Assessment for lung resection. Resp Care 1984;29(5):506

=국문초록=

배경: 폐절제술후의 폐기능의 변화에 대한 예측은 수술 가능성 및 수술 후의 합병증의 중요한 지표가 된다. 이에 폐기능의 변화에 대한 방법으로 일반적으로 사용되는 FEV1의 예측을 위해 나선식 정량적 CT와 폐관류스캔을 비교하여 그 유용성을 검증하였다. **대상 및 방법:** 1997년 6월부터 1999년 12월까지 우측폐엽절제술이나 우측전폐절제술을 시행받은 환자들 중 수술 전에 폐관류스캔과 나선식 정량적 CT를 시행받았으며 수술후에 폐기능검사의 추적관찰이 가능했던 22명의 환자를 대상으로 하였다. 각각의 환자에서 수술 전 폐기능검사를 시행하여 FEV1과 FVC를 구하였고, 폐관류스캔과 나선식 정량적 CT를 시행하여 수술 후 예측되는 FEV1과 FVC를 계산하였다. 수술 후 1주일과 3개월에 폐기능검사를 시행하여 각각의 FEV1 및 FVC를 측정하였다. **결과:** 수술 전에 시행한 나선식 정량적 CT와 폐관류스캔으로 예측한 FEV1과 FVC와 수술 후 7일 및 3개월에 실측한 FEV1과 FVC와는 유의한 상호 관계가 있었다. 수술 후 7일에서 나선식 정량적 CT로 예측한 FEV1 및 FVC는(pneumonectomy group : r=0.962 and r=0.938, lobectomy group : r=0.921 and r=0.913) 폐관류스캔으로 예측한 수치보다(pneumonectomy group : r=0.927 and r=0.890, lobectomy group : r=0.910 and r=0.905) 더 높은 상호관계를 보이고 있었으며, 이는 수술 후 3개월에서도 같은 결과를 보이고 있었다(CT - pneumonectomy group : r=0.827 and 0.921, lobectomy group : r=0.945 and r=0.935), (scan - pneumonectomy group : r=0.799 and r=0.882, lobectomy group : r=0.934 and r=0.932). **결론:** 폐관류스캔에 비해 나선식정량적 CT는 폐절제술후 폐기능의 예측치가 정확하며 경제적인 측면에서도 이점이 있다. 따라서 폐절제술후 폐기능의 예측방법으로서 나선식 정량적 CT는 폐관류스캔을 대체할 수 있는 효과적인 수단으로 판단되나 향후 환자의 추적관찰과 더불어 많은 데이터로 비교분석하는 것이 필요하다고 사료된다.

- 중심단어:** 1 나선식 정량적 CT
2 폐관류스캔
3. FEV1