□ 원 저 □

肺結核患者의 換氣力學

慶北大學校 醫科大學 內科學教室

尹 德 求 · 丁 泰 勳 · 朴 熙 明

= Abstract =

Ventilatory Dynamics in Pulmonary Tuberculosis

Duk Koo Yun, M.D., Tae Hoon Jung, M.D. and Hi Myung Park, M.D.

Department of Internal Medicine, School of Medicine, Kyungpook National University
Taegu, Korea

Ventilatory dynamics was studied in patients with pulmonary tuberculosis by means of analyses of simultaneously recorded forced expiratory volume (FEV) and maximal expiratory flow volume (MEFV) curves, and determinations of closing volumes. The study population consisted of a total of 263 cases comprising 124 cases of minimal, 78 moderately and 61 far advanced pulmonary tuberculosis. On the whole, the mean of various volume and flow parameters derived from FEV and MEFV curves showed progressive decrease as the extent of the disease advanced. In comparisons of the mean of volume-adjusted flow parameters between patients groups, all were significantly decreased in far advanced cases than that in the remainder, whereas significant differences between minimal and moderately advanced cases were limited to FEV_1 , $\dot{V}_{max50}$ and $\dot{V}_{max25}$. The mean of the closing volume (CV) and its ratio to VC (CV/VC) tended in far advanced cases was significantly larger than that in the remainder, with no significant difference between minimal and moderately advanced cases. This suggests that far advanced pulmonary tuberculosis is associated with a marked obstruction in large and small airways as well as restrictive ventilatory impairment. It also suggests that a major difference between minimal and moderately advanced cases is that the latter has a significant small airway obstruction compared with the former.

緒 論

근년에 와서 우수한 抗結核劑가 개발됨에 따라 結核의 치료가 용이하게 되었다. 그러나 우리나라에서는 아직도 肺結核환자가 적지 않으며 그로 인한 심한 換氣障礙나 肺性心을 일으킨 예를 흔히 볼 수 있다. 肺結核에서 병변이 진행됨에 따라 肺氣腫 내지 閉塞性肺疾患이 병발할 수 있다는 것을 많은 학자들에 의해서 보고된 바가 있으며¹⁻¹⁵⁾ 본 교실에서도 肺結核의 肺機能에 관하여 여러차례에 걸쳐 보고한 바가 있다¹⁶⁻²⁰⁾. 그러나 이 방면에 관한 종전의 업적은 그 대다수가 呼吸計를 이용한 연구이고, 근년에 많이 사용되고 있는 最大呼氣流量(MEFV) 曲線의 분석이나 closing volume(CV)을 측정하여 大氣道와 細小氣道の 기능을 분리해서 관찰한 것은 매우 드

물다. 그러나 MEFV 曲線에서 구하는 여러 지표들은 氣道閉塞의 유무뿐 아니라 肺容量의 크고 적음에 따른 영향을 받는다는 문제점이 있다. 그러므로 肺結核에서처럼 破壞性病變으로 인한 制限性換氣障礙가 閉塞性換氣障礙에 선행되는 질환에서는 MEFV 曲線에서 구한 呼氣流速度를 반영하는 여러 지표들의 평가에 있어서 그것을 肺容量에 대하여 교정해서 평가하는 것이 바람직하다 하겠다²¹⁾. 그러나 肺結核환자에서 구한 呼氣流速度를 肺容量으로 교정해서 검토한 보고나 CV를 관찰한 연구는 매우 드물며 더우기 우리나라에서는 아직 이 방면에 관한 업적이 보고된 바가 없다.

저자들은 肺結核환자에서 肺機能을 평가하기 위한 연구의 일환으로 이들 환자에서 기록한 努力性呼氣量(FEV) 曲線 및 MEFV 曲線으로부터 측정한 呼氣流速度를 반영하는 여러 지표들과 이들의 努力性肺活量

(FVC)에 대한 교정치를 구하고 아울러 CV를 측정하여 이들 성적을 肺結核의 重症度에 따라 서로 비교 검토하고자 한다.

對象 및 方法

肺結核환자 263예를 대상으로 하였으며 이들의 대부분은 과거에 抗結核劑의 치료를 받은 적이 있거나 현재 치료중인 환자들이었다. 肺結核의 重症度는 美國結核協會의 분류²²⁾에 따라 輕症, 中等症 및 重症으로 나누었다. 이들의 性別과 병변의 重症度는 Table 1과 같이 輕症이 124예, 中等症 78예 重症이 61예였다. 그리고 여자는 전예가 非吸煙者였으나 남자는 輕症, 中等症 및 重症에서 각각 65예, 51예 및 36예가 吸煙者였다. 한편 이들의 年齡 및 身體的 條件은 Table 2와 같다. 즉 平均年齡은 輕症에서 30.5세, 中等症에서 33.0세, 重症이 42.0세로서 重症度가 심해질수록 年齡이 증가하는 경향이 있었고 平均體重은 輕症에서 56.3 kg, 中等症에서 54.0 kg, 重症에서 49.3 kg로서 重症度가 심할수록 감소하였다.

그리고 FEV 曲線 및 MEFV 曲線은 Chest회사제 氣流量曲線記錄計 OST-70으로 기록하였으며 그 구체적인 방법에 대해서는 앞서 본 교실의 趙 등²³⁾이 상세히 기술한 바가 있으나 그것을 요약하면 다음과 같다. 즉 MEFV

曲線의 기록은 피검자로 하여금 식후 2시간 이상이 지난 뒤 좌위에서 실내공기를 全肺氣量(TLC) 수준까지 흡입시킨 다음 되도록 빨리, 그리고 최대한으로 殘氣量 수준까지 완전히 호출시키는 동안에 呼氣流速度는 Y축에, 呼氣量은 X축에 동시에 기록하였다. 그리하여 이 곡선으로부터 最高呼氣流速度(peak expiratory flow rate, PEFR)와 FVC의 75%, 50% 및 25%에서의 最大呼氣流速度, 즉 $\dot{V}_{max} 75$, $\dot{V}_{max} 50$ 및 $\dot{V}_{max} 25$ 를 구하였다. 또한 MEFV 曲線의 X軸의 아래에 동시에 그려지는 FEV 曲線으로부터는 FVC의 1秒值(FEV₁), 努力性 中間呼氣流速度(FEF 25-75%), 그리고 FVC의 1, 2 및 3秒率(FEV₁/FVC%, FEV₂/FVC% 및 FEV₃/FVC%)을 계속하였다.

한편 CV는 氣流量曲線記錄計에 같은 Chest회사 제품인 窒素分析計 STM-80N을 연결하여 Anthonisen 등²⁴⁾의 單回呼吸窒素法(single breath nitrogen method)에 준해서 측정하였으며 그 구체적인 방법은 앞서 본 교실의 李 등²⁵⁾이 기술한 바가 있으나 그것을 요약하면 다음과 같다. 즉 피검자로 하여금 殘氣量 수준에서 100% O₂를 全肺氣量 수준까지 흡입시킨 다음 피검자가 計器를 보면서 呼氣를 초당 약 0.5 l의 속도로 殘氣量 수준까지 호출해 내는 동안에 N₂농도는 Y軸에, 肺容量은 X軸에 기록하여 얻어지는 곡선에서 N₂농도가 급격하게 상승하는 점에서 殘氣量 수준까지의 容量, 즉 CV를 계속하였고 아울러 CV의 肺活量(CV)에 대한 비, 즉 CV/VC를 산출하였다.

그리고 모든 계속치는 推定正常値에 대한 백분율(%)로 표시하였는데 推定正常値를 산출하는 回歸方程式은 저자들의 교실에서 유도한 吸煙者 및 非吸煙者의 그것을 사용하였다^{23,25-28)}. 한편 FEF 25-75%, PEFR, $\dot{V}_{max} 75$, $\dot{V}_{max} 50$ 및 $\dot{V}_{max} 25$ 의 실측치의 肺容量에 대한 교정치(volume-adjusted value)는 각 실측치를 FVC로 나누어서 구하였다. 모든 통계검정은 Student t 검정과 χ^2 검사를 사용하였으며 통계학적 유의성은 $p < 0.05$ (유

Table 1. Sex and Extent of Disease in Patients with Pulmonary Tuberculosis

	Minimal	Moderate	Far
Male	107	66	49
Female	17	12	12
Total	124	78	61

Values are number of cases

In this and subsequent tables and figures minimal, moderate and far denote minimal, moderately and far advanced pulmonary tuberculosis, respectively

Table 2. Anthropometric Data of Patients with Pulmonary Tuberculosis

	Age (yrs.)	Ht (cm)	Wt (kg)	BSA (M ²)
Minimal	30.5 ± 12.88	167.4 ± 6.22	56.3 ± 7.24	1.63 ± 1.217
Moderate	33.0 ± 12.90	167.0 ± 6.98	54.0 ± 7.35	1.59 ± 0.126
Far	42.0 ± 14.07	163.9 ± 7.74	49.3 ± 7.80	1.51 ± 0.136

Ht = Height

Wt = Weight

BSA = Body surface area

의수준)를 기준으로 하였다.

성 績

肺結核의 重症度에 따른 VC와 FEV 曲線에서 구한 여러 지표의 계측치의 推定正常値에 대한 백분율의 성적은 Table 3 및 Fig. 1과 같다. 즉 거의 모든 지표들의 계측치가 다 같이 비교적 심한 개인차가 있었다. 그러나 이들의 평균을 보면 輕症에서는 VC 및 FVC를 비롯하여 소위 時間肺活量(timed vital capacity, TVC) 즉 FEV₁/FVC%, FEV₂/FVC%, 및 FEV₃/FVC%, 그리고 FEF 25—75%가 모두 推定正常値의 90% 이상이었

다. 中等症에서는 FEF 25—75%의 평균이 推定正常値의 74.9%였던 것을 제외하면 나머지 지표들의 평균은 모두 80% 이상이었고 그 가운데서도 FEV₁/FVC%, FEV₂/FVC%, 및 FEV₃/FVC%의 평균은 다 같이 90% 이상이었다. 重症에서는 VC가 62.1%, FVC가 63.0%, FEV₁이 51.9%로 비교적 심한 감소를 보였고 FEV₁/FVC%, FEV₂/FVC%, 및 FEV₃/FVC%는 각각 78.0%, 84.2%, 89.0%로서 약간의 감소, 그리고 FEF 25—75%는 37.8%로서 매우 심한 감소를 보였다. 따라서 重症에서는 FEV₂/FVC% 및 FEV₃/FVC%를 제외한 모든 계측치가 다 같이 80%이하로 감소되어 있었다. 그리하여 VC, FVC, FEV₁, FEV₁/FVC% 및

Table 3. Parameters Derived from Forced Expiratory Flow Volume Curves in Patients with Pulmonary Tuberculosis

	Minimal (n=124)	Moderate (n=78)	Far (n=61)
VC	91.3 ± 15.06	82.9 ± 15.50	62.1 ± 18.00
FVC	92.6 ± 14.07	86.7 ± 15.95	63.0 ± 15.99
FEV ₁	91.7 ± 19.72	80.8 ± 20.49	51.9 ± 22.03
FEV ₁ /FVC %	96.5 ± 13.20	91.5 ± 15.48	78.0 ± 19.00
FEV ₂ /FVC %	97.7 ± 8.41	96.2 ± 8.74	84.2 ± 14.82
FEV ₃ /FVC %	98.8 ± 6.46	97.4 ± 6.21	89.0 ± 12.41
FEF 25 — 75%	91.2 ± 37.86	74.9 ± 33.20	37.8 ± 30.71

In this and subsequent tables, values are mean ± S.D. expressed as a percentage of the predicted.

VC = Vital capacity

FVC = Forced vital capacity

FEV₁ = Forced expiratory volume in one second

FEV_{1, 2 & 3}/FVC % = Percentage forced expiratory volume in one, two and three seconds

FEF 25 — 75 % = Maximal mid-expiratory flow

Fig. 1. Comparisons of vital capacity and parameters derived from forced expiratory volume curve by the extent of disease in pulmonary tuberculosis.

FEF 25—75%의 평균은 병변의 重症度에 따른 유의한 감소, 즉 中等症은 輕症에 비하여, 그리고 重症은 中等症에 비하여 유의한 감소를 보였다. 그러나 FEV₂/FVC % 및 FEV₃/FVC%는 輕症과 中等症 사이에는 유의한 차이가 없고 重症과 輕症 및 中等症사이에만 유의한 감소가 있었다.

그리고 MEFV 曲線에서 구한 여러 지표의 推定正常値에 대한 백분율의 성적은 Table 4 및 Fig. 2와 같이 이들 지표의 계측치 역시 모두가 상당한 개인차를 보였다. 이들의 평균치를 보면 輕症에서는 PEFR, $\dot{V}_{max}$ 75, $\dot{V}_{max}$ 50 그리고 $\dot{V}_{max}$ 25가 모두 推定正常値의 80% 이상이었고 $\dot{V}_{max}$ 75는 90% 이상이었다. 中等症에서는 모두 推定正常値의 80% 이하였고 $\dot{V}_{max}$ 50은 67.3%로 70% 미만이었다. 重症에서는 PEFR의 평균이 약 50%였고 $\dot{V}_{max}$ 75, $\dot{V}_{max}$ 50 및 $\dot{V}_{max}$ 25가 모두 40% 미만이었다. 병변의 범위에 따른 이들 지표의 증감의

Fig. 2. Comparisons of parameters derived from maximal expiratory flow volume curve by the extent of disease in pulmonary tuberculosis.

정도는 PEFR, $\dot{V}_{max}$ 75, $\dot{V}_{max}$ 50 및 $\dot{V}_{max}$ 25가 모두 병변의 범위가 심할 수록 그 감소의 정도도 심하였으며 그 가운데서도 PEFR, $\dot{V}_{max}$ 75, $\dot{V}_{max}$ 50 및 $\dot{V}_{max}$ 25는 병변의 범위에 따른 차이가 모두 유의하였으며 $\dot{V}_{max}$ 25는 中等症과 重症, 輕症과 重症사이에 유의하였다.

한편 CV 및 CV/VC는 Table 5 및 Fig. 3과 같이 개개의 계측치는 역시 개인차가 심하였다. 그리고 呼吸의 肺內分布障礙가 심해서 CV의 계측이 불가능했던 예가 中等症에서 7예, 重症에서 1예 있었는데, 이들을 합해서 CV를 계측하지 않았던 예를 제외한 나머지 218예에서의 CV의 평균을 보면 병변의 정도가 심해짐에 따라 증가하는 경향을 보였으나 이들 차이는 輕症과 重症사이의 차이만이 유의하였다. 그리고 CV/VC도 CV와 마찬가지로 병변의 정도가 심해짐에 따라 증가하였으며 輕症과 重症, 그리고 中等症과 重症사이의 차이는 유의하였다.

한편 呼吸流速度를 나타내는 여러 계측치가운데 FVC의 영향을 받는 지표들의 容量矯正値의 성적을 보면

Fig. 3. Comparisons of closing volumes by the extent of disease in pulmonary tuberculosis.

Table 4. Parameters Derived form Maximal Expiratory Flow Volume Curves in Patients with Pulmonary Tuberculosis

	Minimal (n=124)	Moderate (n=78)	Far (n=61)
PEFR	83.1 ± 20.72	76.7 ± 22.60	49.1 ± 23.50
$\dot{V}_{max}$ 75	90.9 ± 44.06	71.2 ± 28.49	35.8 ± 26.09
$\dot{V}_{max}$ 50	80.6 ± 29.34	67.3 ± 33.20	34.4 ± 25.68
$\dot{V}_{max}$ 25	80.4 ± 26.93	73.3 ± 37.36	36.9 ± 31.66
$\dot{V}_{max}$ 50/25	92.1 ± 23.78	94.1 ± 22.96	105.8 ± 40.37

PEFR = Peak expiratory flow rate
 $\dot{V}_{max}$ 75, 50 & 25 = Maximal expiratory flow rate at 75, 50 & 25% of forced vital capacity

Table 5. Closing Volume (CV) and its Ratio to Vital Capacity (CV/VC)

	Minimal (n=103)	Moderate (n=64)	Far (n=51)
CV	135.8 ± 67.70	147.7 ± 54.10	163.1 ± 63.30
CV/VC	141.2 ± 73.03	158.5 ± 63.88	228.9 ± 98.80

CV = Closing volume VC = Vital capacity CV/VC = Ratio of CV to VC

Table 6. Forced Mid-expiratory Flow and Parameters Derived from Maximal Expiratory Flow Volume Curves Adjusted for Volume in Patients with Pulmonary Tuberculosis

	Minimal (n=124)	Moderate (n=78)	Far (n=61)
FEF 25 – 75 %/FVC	0.98 ± 0.395	0.87 ± 0.422	0.48 ± 0.416
PEFR/FVC	2.04 ± 0.469	2.01 ± 0.535	1.72 ± 0.790
$\dot{V}_{\max}$ 75/FVC	1.70 ± 0.528	1.57 ± 0.631	1.06 ± 0.768
$\dot{V}_{\max}$ 50/FVC	1.06 ± 0.403	0.91 ± 0.449	0.53 ± 0.458
$\dot{V}_{\max}$ 25/FVC	0.54 ± 0.345	0.41 ± 0.246	0.20 ± 0.228

Values are expressed in liter/sec/liter

Fig. 4. Comparisons of forced mid-expiratory flow and parameters derived from maximal expiratory flow volume curves, adjusted for volume, by the extent of disease in pulmonary tuberculosis.

Table 6 및 Fig. 4와 같이 非矯正値, 즉 실측치와 마찬가지로 병변의 정도가 심할 수록 감소하는 경향이 있었다. 그러나 FEF 25-75%/FVC, PEFR/FVC, $\dot{V}_{\max}$ 75/FVC는 輕症과 中等症사이의 차이가 유의하지 않았으며 $\dot{V}_{\max}$ 50/FVC 및 $\dot{V}_{\max}$ 25/FVC는 양군사이의 차이가 유의하였다. 그리고 重症에서는 容量矯正値가 모두 輕症 및 中等症에 비해서 유의한 감소를 보였다.

考 察

肺結核환자의 換氣機能은 병변의 범위와 성상, 부위, 이환기간등을 비롯하여 병변에 속발되는 이차적 변화에 따라 차이가 있을 것으로 생각되나 結核과 같은 다양한 경과를 취하는 만성병에서는 이차적으로 발생하는 변화도 다양하기 때문에, 그 결과로서 초래되는 換氣障礙의 양상에도 상당한 차이가 있을 것으로 생각된다. 일반적으로 肺組織에 結核性病變이 발생하면 일차적으로는 制

限性換氣障礙가 나타날 것이나 結核性病變에 속발하는 肺纖維化, 氣道の 병변이나 狹窄 또는 擴張, 肋膜癒着, 病變部の 肺容량의 감소와 그것에 따른 건강한 肺組織의 過膨脹 내지 肺氣腫, 縱隔洞의 이동등은 氣道閉塞을 일으켜서 閉塞性換氣障礙도 초래될 수 있을 것으로 예상된다. 즉 Bell²⁹⁾은 肺에 結核感染을 일으킨 토끼에서 肺氣腫이 발생함을 관찰하였고 그 밖에 여러 학자들도^{8,11,30~32)} 肺結核환자에서 病變이 진행됨에 따라 肺氣腫 또는 閉塞性肺疾患의 발생빈도가 높아짐을 病理學的으로 또는 肺機能검사에 의해서 입증하였다. 한편 Snider등⁵⁾은 肺結核환자에서 慢性氣管枝炎, 肺氣腫 또는 氣管枝喘息은 肺結核과 관계없이 우연히 동반되어서 나타나는 경우도 있으나 氣管枝擴張은 병변의 정도가 심하거나 유병기간이 길 수록 그 빈도가 높다고 하였다. 그리고 일찌기 Hutchinson³³⁾이 肺結核에서는 VC가 감소함을 보고한 이래 肺結核환자의 換氣機能에 대해서는 많은 연구가 있다. 즉 Simpson등⁴⁾은 肺結核의 호전에 따라 VC가 꾸준히 증가하며 그 증가는 특히 초기에 현저하다고 하였고 Malik 및 Martin¹³⁾은 병변의 호전에 따른 VC, 最大換氣量, puffmeter³⁴⁾로 측정된 最大呼氣流速度(maximal expiratory flow rate, MEFR), 그리고 擴散能의 변동을 관찰하였던바 VC를 제외한 지표들은 병변이 호전되어도 영향을 받지 않았다고 하였다. 그러나 Willians등³⁵⁾은 肺의 擴散能과 병변의 범위와는 관계가 있으나 VC와 병변의 범위와는 관계가 없다고 하였다. 또한 Martin 및 Hallet⁹⁾은 710명의 肺結核환자의 34%에서 閉塞性肺疾患이 있었고 VC는 MEFR과 상당한 상관관계가 있으며 VC가 2ℓ 이상인 경우에는 MEFR이 정상이며 VC가 2ℓ 이하일 때는 氣道閉塞이 있다고 하였다. 한편 Anno 및 Tomashefski¹¹⁾는 肺結核에서는 이차적으로 肺氣腫이 발생할 수 있으며 肺氣腫의 유무는 VC보다는 最大換氣量의 감소에 더 잘 반영된다고 하였다. 또한朴¹⁶⁾은 VC는 대체로 병변의 범위에 일치해서 감소하나 輕症과 中等症사이의 차이는 경미하고 中等症과 重症사이에는 현저한 차이가 있는데 重症 혹은 中等症 가운데도 VC가 정상인 예가 다수 있어서 VC만으로는 병변의 경중을 판단할 수는 없다고 하였다. 그리고朴¹⁶⁾은 輕症과 中等症사이에 VC에 큰 차이가 없는 것은 병변의 범위보다는 VC에 크게 영향을 미치지 않는 작은 空洞의 유무가 양자간의 주되는 차이인 경우도 비교적 많았기 때문이라 하였다. 저자들의 성적에서는 輕症에서는

VC의 평균이 推定正常値의 91.3%로서 정상보다 약간 감소되어 있음에 불과하였으나 병변의 정도가 심해질수록 뚜렷하게 감소하였으며 이러한 성적은 Williams등³⁵⁾의 성적과는 상반되나 Hutchinson³³⁾ 및朴¹⁶⁾의 성적과는 일치한다.

肺結核환자의 FVC, FEV₁ 및 TVC에 대해서는 여러 보고가 있으나 그 성적에는 약간의 차이가 있다. 즉 肺結核에서 FVC, FEV₁ 또는 FEV₁/FVC%등의 계속치가 감소한다는 사실에 대해서는 이론이 없으나 그 감소의 정도나 병변의 범위와 감소의 정도와의 관계에 대해서는 보고자에 따라서 다소의 차이가 있다^{5~7,16,32)}. 그러나 일반적으로 합병증이 없는 輕症에서는 呼氣流의 閉塞이 없으며 오래된 活動性肺結核에서는 氣道閉塞이 심해지는 것으로²⁾ 알려져 있다. 또한 Ahn등⁷⁾은 감염된 抗酸菌의 종류에 따라 換氣機能에도 차이가 있다고 하였는데 人型菌에 의한 輕症에서는 FVC의 평균이 推定正常値의 93.2%로서 정상범위안에 있고 병변의 범위가 증가함에 따라 감소한다고 하였다. 그리고 Ahn등⁷⁾은 輕症에서는 FEV₁/FVC%의 推定正常値의 평균이 76.8%로서 정상범위에 가까웠으며 병변의 정도가 심해짐에 따라 감소한다 하였다.

그러나 Mycobacterium intracellulare에 의한 輕症 肺結核에서는 FVC의 평균이 推定正常値의 73.1% 밖에 되지 않았는데 그 이유는 M. intracellulare는 肋膜癒着, 氣管支擴張, 肺纖維化등을 흔히 동반하기 때문이라 하였다. 또한 Snider등⁵⁾은 1403명의 肺結核환자에서 FEV₁이 推定正常値의 80%이하인 예가 60%였고 FEV₁/VC%가 70%이하인 예가 42%였다고 하였다. 그리고 흉부 X선상의 병변의 정도와 VC, FEV₁, 및 FEV₁/VC%와의 관계를 보았던 바 이들 사이에 약간의 역상관관계가 있었으며 그 가운데서도 VC와 더욱 그러하였다고 하였다. 또한 Krishna등⁶⁾은 276명의 환자를 추적검사하였던바 FEV₁과 FVC가 원래의 병변의 범위, 그리고 肺纖維化, 肺氣腫, 肋膜肥厚의 유무와 상당한 역상관관계가 있었는데, 특히 FEV₁이 그러하였으며 FEV₁에 많은 영향을 미치는 인자는 肺纖維化라 하였다. 한편 Curtis등³²⁾은 肺結核에서 肺氣腫의 유무의 기준으로 FEV₁/FVC%는 73%, FEV₂/FVC%는 89%, FEV₃/FVC%는 93.1%로 정했으며 이 가운데서도 FEV₂/FVC%가 가장 좋은 기준이 된다고 하였다. 그리고朴¹⁶⁾은 肺結核에서 FEV₁/FVC%가 重症에서는 약간 감소되었으나 輕症과

中等症의 성적은 대체로 건강인과 비슷하였고 FEV₂/FVC% 및 FEV₃/FVC%는 건강인에 비해서 감소하는 경향이 있었으나 그 정도는重症에서 더욱 심하다고 하였으며重症에서 TVC의 저하가 있는 것은 Anno 및 Tomaszefski¹¹⁾가 지적한 바와 같이 병변의 진행에 따라肺氣腫의 발생빈도가 높기 때문일 것이라고 하였다. 저자들의 성적에서輕症에서는 FVC의 평균이推定正常値의 92.6%로서 Ahn등⁷⁾의 성적과 비슷하였고 또한 병변의 진행에 따라 유의하게 감소하였다. 그러나 FEV₁/FVC%의 평균은 96.5%로서 Ahn등⁷⁾의 성적에 비해서 다소 높았으나 다른 보고들^{5~7,16)}에서와 마찬가지로 병변이 진행함에 따라 유의하게 감소하였다.

한편肺結核환자의 FVC曲線에서 구한 FEF 25—75%에 대하여 Snider등⁵⁾은 1403명의 환자가운데 43%에서 100 l/min 이하였다고 하였으며 Marcus등³⁶⁾은 100명의 환자를 6개월간 추적검사 하였던 바 치료전에는 평균 1.8 l/sec였고 치료후에는 2.3 l/sec로서 약간의 증가가 있었으나 유의한 차이는 없었다고 하였다. 또한 Ahn등⁷⁾은 232명의 환자에서 FEF 25—75%의 평균치는 123 l/min로서推定正常値의 60.3%였으나 이 가운데 36명의輕症에서는 FEF 25—75%가 78.4%로서 정상범위 내에 있었으며 FEF 25—75%는 FEV₁/FVC%보다 병변의 범위에 따른 감소가 뚜렷하다고 하였다. 저자들의 성적에서는輕症에서 FEF 25—75%의 평균이推定正常値의 91.2%로서 Ahn등⁷⁾의 성적보다는 높았으나 병변이 진행함에 따라 현저한 감소를 보인것은 서로 일치하는 소견이라 하겠다.

한편閉塞性肺疾患의 진단에 종전에는 소위 TVC, 氣速係數(air velocity index) 및 FEF 25—75%등의 지표가 주로 사용되었으나 근년에는 MEFV曲線의 분석이 더욱 예민한 진단방법으로 알려져 있다. 즉 이曲線에서 구하는 여러 지표들 가운데 PEFR 및 $\dot{V}_{max}$ 75는 FEV₁처럼 주로大氣道機能을 반영하고 $\dot{V}_{max}$ 50은 주로細小氣道機能을 반영하나中氣道機能 내지大氣道機能도 포함되며 $\dot{V}_{max}$ 25는細小氣道機能을 반영한다고 한다^{37~39)}. 그러나 이들 지표에 반영되는大氣道 및細小氣道機能은 서로 상관이 있기 때문에 이들 양자를 엄격하게 분리해서 측정하는 것은 어려운 것으로 알려져 있다. 또한呼氣流速度를 반영하는 지표들은 VC의 감소에 의해서도 그 값이 감소한다^{21,40)}.

肺結核환자의 maximum expiratory flow rate

(MEFR)에 관한 보고는 드물며 MEFV曲線의 분석에 관한 업적은 거의 없는 듯 하다. Hallet 및 Martin⁹⁾은肺結核환자에서 병변의 범위에 다른 MEFR의 변화를 관찰하였던 바輕症에서는 평균이 295 l/min로서 22%에서呼氣流速度의 감소가 있었고中等症에서는 270 l/min로서 57%에서呼氣流速度가 감소되어 있었으며 MEFR과 병변의 범위와는 상당한 관계가 있었다고 하였다.

또한 Martin 및 Hallet⁹⁾는 710명의肺結核가운데 15%에서는 MEFR이 160 l/min 이상이였으나 건강인에서 보다는 낮으므로써 경한氣道閉塞이 있음을 나타내었고 11%에서는 중등도의氣道閉塞이, 그리고 8%에서는 MEFR이 110 l/min이하로 심한氣道閉塞이 있었다고 하였으며 MEFR은最大換氣量과 상관관계가 좋다고 하였다. 그리고 Martin 및 Hallet⁹⁾는 MEFR과呼吸困難과는 역상관계가 있고 흉부X-선 변화와도 중등도의 역상관계가 있다고 하였다. 또한 Martin 및 Hallet¹⁰⁾는輕症과中等症에서는 MEFR이 매년 2.43 l,重症에서는 매년 1.3 l 감소하며輕症과中等症에서는 MEFR의 감소의 정도와 연령과의 사이에 관련이 있었으나重症에서는 관련이 없었다고 하였다. 그리고 Martin등¹¹⁾은肺結核의 진행 정도와最大換氣量, MEFR과는 관계가 있으며輕한氣道閉塞이 있는 환자군에서는 심한氣道閉塞이 있는 환자군에서 보다重症肺結核이 훨씬 적었다고 하였으며 MEFR이 105 l/min이하,最大換氣量이推定正常値의 40% 미만인 심한氣道閉塞이 있는 환자의 50%가重症結核이었다고 하였다. 또한 Pardee등²⁾은活動性肺結核의 지속기간이 길고 심할수록氣道閉塞이 발생하기 쉽다고 하였다. 저자들의 성적에서 PEFR은 병변이 심할수록 현저한 감소를 보였고 특히重症에서 그러하였으며 $\dot{V}_{max}$ 75, $\dot{V}_{max}$ 50 및 $\dot{V}_{max}$ 25는 역시 비슷한 경향의 변화를 보였다. 이러한 소견은 병변이 진행할수록肺實質의 파괴에 따른 이차적인 변화가大氣道 및細小氣道の閉塞을 더욱 심하게 일으키게되기 때문인 것으로 생각된다.

細小氣道の機能障礙의 조기진단에는 여러가지 방법이 이용되고 있으며^{37,41~45)} CV의 측정도 그 가운데의 하나이다. Macklem⁴⁶⁾에 의하면 CV의 측정은容壓率의呼吸數依存性(frequency dependence of compliance) 만큼 예민하게細小氣道の 변화를 반영하고 또한 FEF 25—75%보다 약 2배나 예민하다고 한다.肺結核에서의 CV에 관한 보고는 매우 드물며 Curtis등³²⁾ 그리고 Curtis

및 Rassmusen⁴⁷⁾은 肺結核에서 單回呼吸酸素法을 이용하여 呼吸終末氣에 N_2 농도가 상승하는 것을 관찰함으로써 換氣分布障礙에 대한 유용한 정보를 얻을 수 있다고 하였으며 肺氣腫이 합병된 경우에 N_2 농도의 이상상승은 肺氣腫이 합병되지 않고 空洞, 肺泡性肺囊腫, 氣管枝擴張症, 肋膜肥厚 또는 橫隔膜의 운동장애등이 있어도 나타나기 때문에 N_2 농도의 상승만으로 肺氣腫의 유무를 판단하기 어려운 경우도 있다고 하였다. 저자들의 성적에서는 CV는 병변의 정도가 심할수록 증가하는 경향이 있었고 輕症과 重症사이의 차이는 유의하였다. 한편 CV/VC는 輕症과 中等症사이에는 유의한 차이가 없었으나 中等症과 重症, 그리고 輕症과 重症사이에는 유의한 차이가 있었으며 이것은 병변의 정도가 심할수록 CV는 증가하는 경향이 있었고 VC는 감소했기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 CV 및 CV/VC의 이러한 성적은 肺結核에서는 細小氣道の 閉塞이 나타나며 특히 重症에서 그러함을 시사한다.

한편 氣道病變이 매우 심한 예에서는 CV의 측정이 불가능한 경우도 있다. 즉 McCarthy등⁴³⁾은 46명의 吸煙者에서 argon을 이용하여 CV의 계측을 시도하였는데 1예에서는 單回呼吸氣曲線에서 argon농도가 계속적으로 심히 상승하여 CV를 계측할 수 없었다 하고 이것은 심한 換氣分布障礙 때문이라 하였다. 또한 helium을 이용한 Green등⁴⁸⁾은 낮은 肺容量位에서 單回呼吸氣曲線에 心搏動에 의한 심한 진동(cardiac oscillation)이 나타나거나 혹은 alveolar plateau가 평탄하지 않을때도 CV를 계측할 수 없다고 하였다. 저자들의 관찰에서도 呼吸時의 換氣分布障礙가 심해서 CV의 측정이 불가능하였던 예는 中等症 64예가운데 7예, 重症 51예가운데 1예가 있었다.

한편 MEFV 曲線에서 구한 呼吸流速도를 반영하는 지표들의 실측치는 肺容量의 변동에 따라 차이가 있을 수 있으므로^{21,40,49,50)} 이러한 차이를 줄이기 위하여 이들 지표의 실측치를 VC, FVC 또는 TLC로 교정해서 표시하는 것이 바람직하다 하겠다. Zapletal등⁴⁹⁾은 6~18세의 연령군을 대상으로 呼吸流速도를 반영하는 여러 지표를 TLC로 교정($\dot{V}_{max}/TLC$)해 보았던 바, 身長의 크고 적음에 따른 이들 지표의 차이를 감소시킬 수 있었다고 하였다. 한편 Jayamanne등²¹⁾은 彌滿性間質性肺疾患에서 PEFR은 氣道抵抗이 정상인 경우에는 肺容量과 정상관계가 있고 또한 $\dot{V}_{max} 50$ 및 $\dot{V}_{max} 25$ 는 그 실측치가 정상 혹은 그 이하인 경우에는 이들을 TLC로 교

정하면 그 값이 정상 혹은 그 이상이 됨을 관찰하였다. 그리하여 이들의 실측치는 容量依存性(volume dependent)이며 非矯正値의 감소는 氣道疾患을 의미하는 것이 아닐 수 있을 것이라고 하고 肺容量의 감소가 있는 경우에는 呼吸流速도를 반영하는 지표의 평가에 있어서 이들의 실측치를 肺容量에 대해서 교정해야만 할 것이라 하였다. 또한 Clement 및 Woestijne⁴⁰⁾도 동일인에서 VC의 차이가 呼吸流速도에 차이를 나타낼 수 있다고 하였다. 저자들은 呼吸流速도를 반영하는 지표들의 실측치의 肺容量에 대한 교정을 FVC로 하였는데 $\dot{V}_{max} 50/FVC$, $\dot{V}_{max} 25/FVC$ 및 $FEV_1/FVC\%$ 는 輕症과 中等症사이에서 유의한 감소가 있었던 반면 $FEF_{25-75\%}/FVC$, $PEFR/FVC$, $\dot{V}_{max} 75/FVC$, $FEV_2/FVC\%$ 및 $FEV_3/FVC\%$ 의 輕症과 中等症사이의 차이는 유의하지 않았다. 그러나 重症에서는 이들 모든 지표가 다같이 中等症에서 보다 유의하게 감소되어 있었다.

이러한 소견은 輕症과 中等症사이에는 병변이 진행함에 따라 주로 細小氣道の 閉塞이 나타나게되나 병변이 더욱 진행함에 따라 細小氣道の 閉塞뿐만 아니라 大氣道の 閉塞도 동반됨을 나타내는 것이라 하겠다.

結 論

肺結核환자에서 병변의 범위에 따른 換氣力學의 차이를 알아보기 위하여 輕症 124예, 中等症 78예, 重症 61예에서 VC를 비롯하여 FEV 曲線 및 MEFV 曲線에서 구한 여러 지표의 실측치와 그들의 容量矯正値, 그리고 CV 및 CV/VC를 병변의 경중에 따라 서로 비교 검토하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

肺結核에서는 VC 및 FVC를 비롯하여 FVC 曲線 및 MEFV 曲線에서 구한 呼吸流速도를 반영하는 여러 지표들 즉 FEV_1 , $\dot{V}_{max} 75$, $\dot{V}_{max} 50$, $\dot{V}_{max} 25$ 의 여러 실측치 및 그들의 FVC에 대한 容量矯正値가 모두 병변의 정도가 심할수록 감소하는 경향이 있었으며 重症에서는 TVC를 포함한 이들 지표의 모든 容量矯正値가 모두 輕症 및 中等症에 비해서 유의한 감소를 보였는데 반하여 輕症과 中等症사이에는 $FEV_1/FVC\%$, $\dot{V}_{max} 50/FVC\%$, 및 $\dot{V}_{max} 25/FVC\%$ 의 감소만이 유의하였다. 한편 CV 및 CV/VC는 병변의 범위에 따라 증가하는 경향이 있었는데 重症에서의 CV/VC의 증가는 中等症 및 輕症에 비해서 유의하였다. 이러한 소견은 肺結核에서는

병변의 범위가 크면 클 수록 심한 制限性換氣障礙와 더불어 閉塞性換氣障礙도 동반되며 中等症에서는 輕症에 비해서 주로 細小氣道の 閉塞이 뚜렷하고, 重症에서는 輕症 및 中等症에 비해 大氣道 및 細小氣道の 양자의 閉塞이 현저함을 시사한다.

REFERENCES

- 1) Martin CJ, Pardee N, Dominik J: The diffuse obstructive pulmonary syndrome, I. Natural history. *Am Rev Resp Dis* 93:383, 1966
- 2) Pardee N, Dominik J, Martin CJ: The diffuse obstructive pulmonary syndrome, II. Factors associated with its progress. *Am Rev Resp Dis* 93:390, 1966
- 3) Martin CJ, Cochran TH, Katsura S: Tuberculosis, emphysema, and bronchitis. *Am Rev Resp Dis* 97:1089, 1968
- 4) Simpson DG, Kuschner M, McClement J: Respiratory function in pulmonary tuberculosis. *Am Rev Resp Dis* 87:1, 1963
- 5) Snider GL, Doctor L, Demes TA, Shaw AR: Obstructive airway disease in patients with treated pulmonary tuberculosis. *Am Rev Resp Dis* 103:625, 1971
- 6) Krishna K, Bond S, Artvinli M, Reid KDG, McHardy GJR, Crofton JW: Pulmonary function in treated tuberculosis. *Am Rev Resp Dis* 115:40, 1977
- 7) Ahn CH, Nash DR, Hurst GA: Ventilatory defects in atypical mycobacteriosis, a comparison study with tuberculosis. *Am Rev Resp Dis* 113:273, 1976
- 8) Hallet WY, Martin CJ: The diffuse obstructive pulmonary syndrome in a tuberculosis sanatorium, I. Etiologic factors. *Ann Intern Med* 54:1146, 1961
- 9) Martin CJ, Hallet WY: The diffuse obstructive pulmonary syndrome in a tuberculosis sanatorium, II. Incidence and symptoms. *Ann Intern Med* 54:1156, 1961
- 10) Martin CJ, Hallet WY: The diffuse obstructive pulmonary syndrome, a factor in tuberculosis treatment failures. *Am Rev Resp Dis* 86:898, 1962
- 11) Anno H, Tomashefski JF: Studies on the impairment of respiratory function in pulmonary tuberculosis. *Am Rev Tuberc* 71:333, 1955
- 12) Lancaster JF, Tomashefsky JF: Tuberculosis-a cause of emphysema. *Am Rev Resp Dis* 87:435, 1963
- 13) Malik SK, Martin CJ: Tuberculosis, corticosteroid therapy, and pulmonary function. *Am Rev Resp Dis* 100:13, 1969
- 14) Korol E: Pulmonary emphysema in tuberculosis. *Am Rev Resp Dis* 38:594, 1938
- 15) Katz J, Kunofsky S: Tuberculosis as a cause of the increasing mortality from emphysema. *Am Rev Resp Dis* 89:673, 1964
- 16) 朴熙明: 結核性肺肋膜炎患의 肺臟機能에 관한 研究. *大邱醫學雜誌* 3:1, 1961
- 17) 金萬在, 朴熙明: 肺結核患의 肺容量 및 肺內 GAS 混合에 관한 研究, 第I編 病變의 輕重과 肺容量 및 그 區分. *大韓內科學會雜誌* 5:665, 1962
- 18) 金萬在, 朴熙明: 肺結核患의 肺容量 및 肺內 GAS 混合에 관한 研究, 第II編. 換氣障礙의 病型과 肺容量 및 그 區分. *大韓內科學會雜誌* 5:731, 1962
- 19) 金萬在, 朴熙明: 肺結核患의 肺容量 및 肺內 GAS 混合에 관한 研究, 第III編, 殘氣率 및 換氣障礙의 病型과 肺內 GAS 混合. *大韓內科學會雜誌* 5:797, 1962
- 20) 金萬在, 吳相鎭, 朴熙明: 肺結核의 肺臟機能에 관한 研究, 특히 換氣障礙의 病型을 中心으로. *結核* 12:38, 1962
- 21) Jayamanne DS, Epatein H, Goldring RM: The influence of lung volume on expiratory flow rates in diffuse interstitial lung disease. *Am J Med Scien* 275:329, 1978
- 22) Diagnostic standards and classification of tuberculosis. National tuberculosis and respiratory disease association, p 68, New York, 1961
- 23) 趙東奎, 朴熙明: 換氣力學檢査의 推定正常値에 관한 研究, I. 努力性呼氣曲線의 分析을 中心으로. *大韓醫學協會誌* 23:715, 1980
- 24) Anthonisen NR, Danson J, Robertson PC, Ross WRD: Airway closure as a function of age. *Resp Physiol* 8:58, 1979
- 25) 李重基, 丁泰勳, 朴熙明: 非吸煙 男女의 closing volume의 推定正常値에 관한 研究. *大韓內科學會雜誌* 24:653, 1981
- 26) 李炳洙, 金重玖, 權寧軫, 丁泰勳, 李長白, 朴熙明: 非吸煙成人肺活量의 推定正常値. *大韓內科學會雜誌* 23:143, 1980
- 27) 丁泰勳, 全在殷, 李長白, 朴熙明: 換氣力學檢査의 推定正常値에 관한 研究, II. 最大呼氣流量曲線의 分析을 中心으로. *大韓醫學協會誌* 23:985, 1980
- 28) 鄭萬洪, 丁泰勳, 朴熙明: 男女吸煙者의 換氣力學檢査成績의 推定正常値. *大韓醫學協會誌* 29:515, 1986
- 29) Bell JW: Experimental pulmonary emphysema, production of emphysematous bullae in the rabbit by infection with tuberculosis. *Am Rev Tuberc* 78:

848, 1958

- 30) Goensler EA, Lindgren I: Chronic bronchitis as an etiologic factor in obstructive emphysema. *Am Rev Resp Dis* 80:185, 1959
- 31) Curtis JK, Rasmussen HK, Medenhall JT: Detection of early pulmonary emphysema. *Am Rev Tuberc* 72: 569, 1955
- 32) Curtis JK, Rasmussen HK, Bauer H, Cree E: Recognition of early emphysema by pulmonary function tests. *Chest* 38:285, 1960
- 33) Hutchinson J: On the capacity of the lungs, and on the respiratory functions, with a view to establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Tr Med Chir Soc London* 29:137, 1846
- 34) Goldsmith JR: A simple test of maximal expiratory flow for detecting ventilatory obstruction. *Am Rev Tuberc* 78:180, 1958
- 35) Williams MH, Seriff NS, Akyol T, Yoo OH: The diffusing capacity of the lung in acute pulmonary tuberculosis. *Am Rev Resp Dis* 84:814, 1961
- 36) Marcus H, Yoo OH, Akyol T, Williams MH: A randomized study of the effects of corticosteroid therapy on healing of pulmonary tuberculosis as judged by clinical, roentgenographic, and physiologic measurements. *Am Rev Resp Dis* 88:55, 1963
- 37) Takishima T, Sasaki T, Takahashi K, Sasaki H, Nakamura T: Direct writing recorder of the flow volume curve and its clinical application. *Chest* 61: 262, 1972
- 38) Kryger M, Bode F, Antic R, Anthonisen N: Diagnosis of obstruction of the upper and central airways. *Am J Med* 61:85, 1976
- 39) Bass H: The flow volume loop, normal standards and abnormalities in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 63:171, 1973
- 40) Clement J, Woestijne KP: Variability of maximum expiratory flow volume curves and effort independency. *J Appl Physiol* 31:55, 1971
- 41) McFadden ER, Lindon, DA: A reduction on maximum mid-expiratory flow rate. *Am J Med* 52:725, 1972
- 42) Woolcock AJ, Vincent NJ, Macklem PT: Frequency dependence of compliance as a test for obstruction in the small air ways. *J Clin Invest* 48: 1097, 1969
- 43) McCarthy DS, Spencer R, Greene R, Emili JM: Measurement of closing volume as a simple and sensitive test for early detection of small air way disease. *Am J Med* 52:747, 1972
- 44) Gelb AF, Molony PA, Klein E, Aronstam S: Sensitivity of volume of isoflow in the detection of mild air way obstruction. *Am Rev Resp Dis* 112:401, 1975
- 45) Dosman J, Bode F, Urbanetti J, Martin R, Macklem PT: The use of a helium-oxygen mixture during maximum expiratory flow to demonstrate obstruction on small airways in smokers. *J Clin Invest* 55: 1090, 1975
- 46) Macklem PT: Obstruction in small airways-a challenge to medicine. *Am J Med* 52:721, 1972
- 47) Curtis JK, Rasmussen HK: Significance of the terminal rise in the single-breath oxygen test. *Am Rev Tuberc* 75:745, 1957
- 48) Green M, Travis DM, Mead J: A simple measurement of phase IV (closing volume) using a critical orifice helium analyzer. *J Appl Physiol* 33:827, 1972
- 49) Zapletal A, Motoyama EK, Woestijne KP, Hunt VR, Bouhuys A: Maximum expiratory flow-volume curves and airway conductance in children and adolescents. *J Appl Physiol* 26:308, 1969
- 50) 金福元, 盧龍鎬, 韓成九, 姜鴻模, 金建烈, 韓鏞徹: 肺換氣機能檢査에 대한 研究. Volume corrected MEF₅₀의 診斷의 價値에 대하여. *大韓內科學會雜誌* 24:1139, 1981