

기류 가역성 평가에 있어서 최대호기유속 측정의 유용성

계명대학교 의과대학 내과학교실

최원일, 곽진호, 권두영, 한승범, 전영준

= Abstract =

Validity of Peak Expiratory Flow for Assessing Reversible Airflow Obstruction

Won Il Choi, M.D., Jin Ho Kwak, M.D., Doo Young Kwon, M.D.,
Seung Beom Han, M.D., Young June Jeon, M.D.

Department of Internal Medicine, Keimyung University School of Medicine, Taegu, Korea

Backgrounds : Assessment of the presence and degree of reversibility of airflow obstruction is clinically important in patients with asthma or chronic obstructive pulmonary disease. The measurement of peak expiratory flow(PEF) is a simple, fast, and cheap method to assess the severity of obstruction and its degree of reversibility. Assessing the reversibility of airflow obstruction by peak expiratory flow(PEF) measurements is practicable in general practice, but its usefulness has not been well investigated. We compared PEF and FEV₁ in assessing reversibility of airflow obstruction in patients with chronic obstructive pulmonary disease or asthma and developed a practical criterion for assessing the presence of reversibility in general practice.

Methods : PEF measurements were performed (Spirometry) in 80 patients(aged 24-78) with a history of asthma or chronic obstructive lung disease before and after the inhalation of 200 g salbutamol. The change in PEF was compared with the change in forced expiratory volume in one second(FEV₁). Reversible airflow obstruction was analyzed according to American Thoracic Society(ATS) criteria.

Results : A 12% increase above the prebronchodilator value and a 200ml increase in either FVC or FEV₁ reversibility were observed in 45%(36) of the patients. Relative operating characteristic(ROC) analysis

[†]본 논문은 계명대학교 동산의료원 특수과제연구비의 보조로 이루어 졌음.

Address for correspondence :

Young June Jeon, M.D.

Department of Internal Medicine, Keimyung University School of Medicine

194, Dongsan-dong, Taegu, 700-712, Korea

Phone : +82-53-250-7406 Fax : +82-53-250-7434 E-mail : jeon425@dsmc.or.kr

showed that an absolute improvement in PEF of 30 l/min gave optimal discrimination between patients with reversible and irreversible airflow obstruction(the sensitivity and specificity of an increase of 30 l/min in detecting a 12% increase above the prebronchodilator value and a 200ml increase in either FVC or FEV₁ were 72.2 % and 72.7% respectively, with a positive predictive value of 68.4%)

Conclusions : Absolute changes in PEF can be used to diagnose reversible airflow obstruction. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 2000, 48 : 522-529)

Key words : Peak expiratory flow(PEF) , FEV₁, Reversibility of airflow obstruction.

서 론

천식환자는 물론 만성폐쇄성폐질환 환자에서도 어느 정도의 기류 가역성(reversibility of airflow obstruction)이 확인되었으며¹⁻⁴ 기류 가역성 유무와 정도의 평가는 기도질환 환자의 진단 및 치료에 있어서 매우 중요하다⁵. 특히 기관지확장제 사용 후 기류폐색의 가역성 정도가 높을수록 임상적으로 천식을 의심하며 치료에 있어서 기관지확장제의 필요 및 효과 유무도 평가할 수 있다. 기류 가역성의 평가에는 FEV₁을 기준으로 사용하고 있으나 FEV₁을 측정하기 위해서는 폐활량측정법을 사용하여야 하는데 1차 진료기관에서는 실제 사용이 거의 제한되어 있기 때문에 기류 가역성의 정도를 쉽고 간편하게 그리고 비용이 적게 드는 방법으로 평가할 수 있는 방법이 요구되고 있다. 따라서 최대호기유속 측정검사가 FEV₁과 잘 일치된다면⁶ 천식과 만성폐쇄성폐질환 환자의 진단과 치료효과 판정 등에 최대호기유속 측정이 매우 유용할 것으로 기대된다. 현재 우리나라에서는 아직 널리 보급되어있지 않은 mini-Wright peak flow meter와 같은 간단한 기구로서 최대호기유속을 측정하며 기류 가역성을 평가할 수 있다면 1차 진료기관에서 매우 유용한 폐쇄성기도질환의 스크리닝 방법이 될 수 있을 것이다. 최대호기유속 측정은 임상에서 사용이 적극 권장되고 있으나⁷⁻⁸ 천식과 만성폐쇄성폐질환 환자에서 최대호기유속으로 기류 가역성의 유용성 유무를 평가한 연구는 많지 않다. 따라서 저자들은 천식과 만성폐쇄성폐질환 환자들에서 기류 가역성을 평가하기 위해

최대호기유속과 FEV₁을 측정 비교하여 기류폐색의 가역성 평가에서 최대호기유속의 임상적인 기준을 마련하기 위하여 본 연구를 시행하였다.

대상 및 방법

본 연구는 호흡곤란, 기침, 천명을 주소로 계명대학교 동산병원 호흡기내과를 방문한 환자들에서 미국흉부학회 기준¹에 의해서 진단된 천식 및 만성폐쇄성폐질환 환자들을 대상으로 조사하였다. 흡입용 기관지확장제는 검사 8시간 전부터 사용하지 않았으며 테오필린(theophylline)은 검사 48시간 전부터 사용하지 않았다. 폐활량측정은 미국 SensorMedics사의 6200 Autobox DL Pulmonary Function Laboratory를 이용하여 검사에 대한 환자 교육후에 협조가 잘된 3번의 반복검사 중에서 최대치를 선택하였으며 추정정상치는 유럽흉부학회에서 제시한 식⁹으로 계산하였다. 기류폐색은 기관지확장제를 사용하기 전에 측정된 FEV₁ 또는 FEV₁의 노력성폐활량에 대한 비가 추정정상치의 80% 미만인 경우로 정의하였다. 기류 가역성은 베타-2 교감신경작용제(salbutamol) 200 µg을 흡입시키고 15분 후에 측정하였는데 베타-2 교감신경작용제 사용후 FEV₁이 기저치보다 12% 이상 증가하고 FEV₁ 또는 노력성폐활량의 절대값이 기저치보다 200ml 이상 증가한 경우를 기류 가역성이 있는 것으로 정의하였다¹⁰. 최대호기유속의 가역성은 베타-2 교감신경작용제 사용후 기저치에 대한 절대값의 변화(l/min)로 표현하였으며 최대호기유속의 절대값의

Table 1. Patient characteristics (n=80).

The values represent the number of patients or means (SD) with ranges

Age (year)	55.69 ± 17.36	24-78
Men	45	
Smoker	36	
Pack/year	32.57 ± 22.18	2-90
FEV ₁ :		
Liters	1.33 ± 0.71	0.36-3.82
% predicted values	61.63 ± 21.19	24-112
Increased in FEV ₁ after bronchodilator :		
Liters	0.26 ± 0.39	-0.87-2.34
% above baseline value	18.40 ± 20.94	-10-148
PEF(l/min) :		
Baseline	186.98 ± 103.56	29.4-597
Increase after bronchodilator	37.72 ± 65.06	-62.2-439

FEV₁ = forced expiratory volume in one second ; PEF = peak expiratory flow.

변화에 따른 기류폐색의 가역성 평가에 대한 민감도, 특이도, 양성예측율 그리고 음성예측율을 산정하였다.

기류 가역성과 FEV₁, FEV₁과 최대호기유속, 그리고 FEV₁과 나이와의 상관관계를 알기 위해 spearman rank correlation으로 통계처리를 하였다.

결 과

조사대상자는 모두 80명으로 남자가 45명, 여자가 35명이었고 평균연령은 55.7세였으며 흡연자는 36명이었고 흡연자의 평균 흡연량은 32.6 ± 22.18 pack-years 이었다(Table 1). 기류폐색(기관지확장제를 사용하기 전에 측정된 FEV₁ 또는 FEV₁의 노력성폐활량에 대한 비가 추정정상치의 80% 미만인 경우)은 80명중 63명에서 관찰되었다.

1. 가역성

베타-2 교감신경작용제 사용 후 최대호기유속의 절대값의 변화는 0-40 l/min이 가장 높은 빈도로 관찰되

었고 FEV₁의 절대값의 변화는 50-250ml 사이가 가장 흔히 관찰되었으며 FEV₁의 기저치의 백분율 변화는 다양하게 관찰되었다. 베타-2 교감신경작용제 사용 후 FEV₁ 추정정상치가 12% 이상 증가하고 FEV₁ 또는 노력성 폐활량의 절대값이 200ml 이상 증가한 경우는 80명중 36명에서 관찰되었다. 가역성을 FEV₁ 추정정상치의 백분율로 나타낸 경우 ($r = -0.4005$, $p < 0.001$)와 절대값의 변화로 나타낸 경우 ($r = -0.4069$, $p < 0.001$) 나이와는 각각 유의한 역상관계가 관찰되었고 최대호기유속 증가의 절대값은 평균 37.72 ± 65.06 l/min 이었다(Table 1).

2. 민감도 및 특이도

기류 가역성이 있는 환자에서 최대호기유속으로 평가한 기류 가역성의 민감도 및 특이도는 30ml 전 후에서 민감도와 특이도가 가장 높게 관찰되었다(Fig. 1). 최대호기유량이 30ml 이상 증가한 경우 기류 가역성의 민감도는 72.2%, 특이도 72.7%로 관찰되었다(Table 2).

Table 2. Sensitivity, specificity, and predictive values of absolute improvement in peak expiratory flow after the inhalation of 200 μ g salbutamol (n=80)

Δ PEF (l/min)	Δ FEV ₁ or Δ FVC % predicted values and Absolute (ml)		Total
	$\geq 12\%$ and ≥ 200 ml	$< 12\%$ or < 200	
≥ 30	26	12	38
< 30	10	32	42
Total	36	44	80
Sensitivity			72.2%
Specificity			72.7%
Positive predictive value			68.4%
Negative predictive value			76.2%

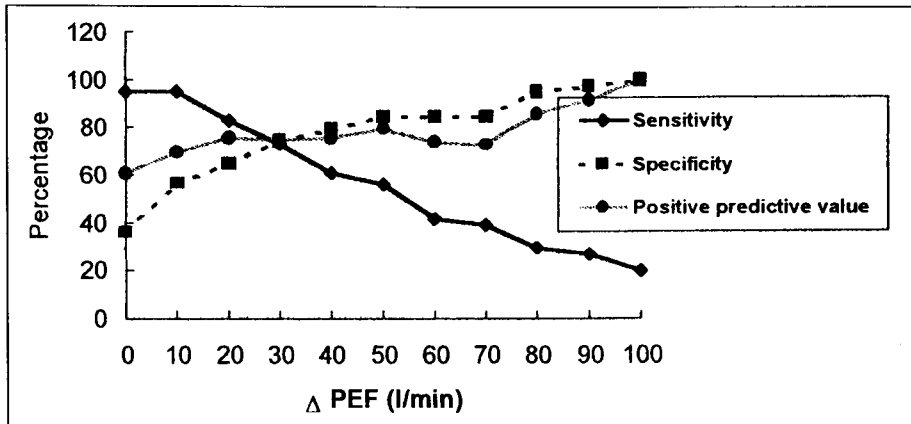


Fig. 1. Sensitivity, specificity and positive predictive value of absolute improvement in peak expiratory flow(PEF). Measures of reversibility are 12% increase above the prebronchodilator value and a 200ml increase either FEV₁ or FVC.

3. FEV₁과 최대호기유속의 상관관계

베타-2 교감신경작용제 사용 전 최대호기유속과 FEV₁의 절대값은 상관계수 0.7082 ($p < 0.001$)로 서로 유의한 상관관계가 있었으며(Fig. 2.) 베타-2 교감신경작용제 사용후 최대호기유속과 FEV₁의 절대값도 상관계수 0.7226 ($p < 0.001$)로 서로 유의한 상관관계가 있었다. 베타-2 교감신경작용제 사용 후 최대호기유속의 변화치(Δ PEF)와 FEV₁의 변화치(Δ FEV₁)는 상관계수 0.6385($p < 0.001$)로 서로 유의한 상관관계가 있었다(Fig. 3).

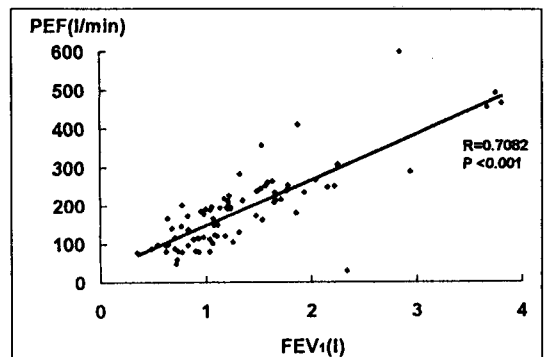


Fig. 2. Correlation between FEV₁ and PEF(1/min) before bronchodilator inhalation.

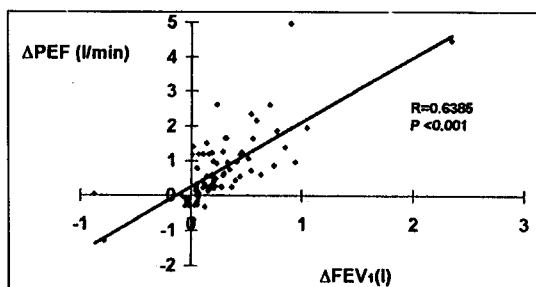


Fig. 3. Correlation between the change in PEF and change in FEV₁.

고 찰

1차 진료기관에서 천식이나 만성폐쇄성폐질환의 병력이 있는 환자의 기류 가역성의 빈도는 42.5-53.4%로 높게 보고되고 있으며¹¹⁻¹² 환자들 중에는 경미한 가역적인 기도폐쇄이 있을 경우 환자 스스로 인식을 하지 못하는 경우가 있으며 이때 의사들이 감지할 수 있을 정도의 이학적소견 조차도 관찰되지 않는 경우도 있다¹³. 그러나 폐쇄성기도질환 환자에서 기류 가역성이 관찰될 경우 그렇지 않은 경우에 비해 예후가 좋으며 치료방침 결정에 많은 도움을 준다고 알려져 있다¹⁴.

기류 가역성의 기준으로 American College of Chest Physicians¹⁵에서는 FEV₁(forced expiratory volume in 1 second), 노력성폐활량(forced vital capacity, FVC), 노력성 호기중간유량(mean forced expiratory flow during the middle half of the FVC, FEF 25-75%)중에서 2가지 이상 기저치보다 15% 이상 증가한 경우로 정의하였으며, 베타-2 교감신경작용제 사용후 FEV₁ 추정정상치가 기저치보다 9% 이상 증가한 경우¹¹ 또는 FEV₁ 절대값이 190ml 이상 증가한 경우를 가역성이 있는 것으로 정의한 보고¹²가 있다. Tweeddale등¹²은 기관지확장제 사용후 FEV₁ 절대값의 증가는 기저치의 FEV₁ 보다 FEV₁의 증가율과 연관관계가 더 높은 것으로 보고하였고 Dales등¹¹은 FEV₁의 증가를 추정정상치의 백분율로 표시할 경우 기저치의 FEV₁과 거의 연관성이 없었으며 성별, 나이, 키와도 관계없이 적용할 수 있

는 것으로 보고하였다. 위의 결과는 다른 연구¹⁶⁻¹⁷에서도 증명되어 있다. 이러한 연구 결과로 기류 가역성을 표시하는 방법으로 FEV₁의 증가치(ΔFEV₁)를 기저치의 FEV₁의 백분율로 표현하는 것보다는 추정정상치의 백분율로 표현하거나 절대값의 증가치로 표현하는 것이 좀 더 정확한 방법이라 생각되며, 1991년 미국흉부학회에서는 FEV₁이 기저치보다 12% 이상 증가하고 노력성 폐활량 또는 FEV₁ 절대값이 200ml 이상 증가한 경우를 기류 가역성이 있는 것으로 정의했다¹⁰. 그러나 절대값이 200ml 이상 증가해야 한다는 조건은 체격조건이 외국과 다른 우리나라에서 그대로 적용할 경우 오류를 범할 수 있을 것으로 사료된다.

기류 가역성의 평가기준으로 FEV₁을 사용하여 왔으나 1차 진료기관에서는 폐활량측정기가 없는 곳이 많으며 따라서 기류 가역성평가에 어려움이 있다. 최대호기유속 측정에 사용되는 mini-Wright peak flow meter는 기기 가격이 저렴하고 측정방법이 FEV₁에 비해 간단하며 쉽고 빠르게 검사할 수 있는 장점이 있어 1차 진료기관에서도 쉽게 이용할 수 있다.

Mini-Wright peak flow meter로 측정된 최대호기유속과 폐활량측정법으로 측정된 FEV₁의 비교로 기류 가역성을 평가한 보고¹⁸에 의하면 베타-2 교감신경작용제 사용후 최대호기유속이 기저치에 비해 절대값이 60 l/min 이상 증가한 경우를 기류 가역성이 있는 것으로 판정했을 때 민감도 68%, 특이도 93%, 양성예측율을 90%로 보고하였다. 본 연구에서도 최대호기유속의 절대값의 변화치로서 FEV₁과 비교할 만한 결과를 얻었으며 FEV₁이 기관지확장제 투여전보다 추정정상치가 12% 이상 증가하고 노력성 폐활량 또는 FEV₁의 절대값이 200ml 이상 증가한 경우를 기류 가역성이 있는 것으로 규정하였을 때 베타-2 교감신경작용제 사용 후 최대호기유속 증가 기준을 30 l/min 이상으로 정할 경우 민감도 72.2%, 특이도 72.7% 그리고 양성예측율이 68.4%로 관찰됨을 알 수 있었다. 그러나 미국흉부학회에서 제정한 기류 가역성

의 정의 중 FEV₁ 또는 노력성폐활량 절대값의 증가 기준인 200ml는 체구가 큰 서양인의 기준이므로 이러한 절대값의 증가에 대한 우리나라의 기준이 있어야 할 것으로 생각된다. 본 연구결과가 이전의 연구¹⁸와 차이가 있는 점은 기류 가역성의 기준을 다르게 정한 점, 환자선택의 차이, 그리고 본 연구에서는 폐활량측정법으로 최대호기유속을 측정된 점등으로 인하여 결과에 차이가 있는 것으로 생각된다. 이 연구에서는 천식과 만성폐쇄성폐질환 환자를 구분하지 않고 조사해서 각각의 질병에 따른 최대호기유속의 유용성을 평가하지 못하였으며 보다 많은 환자를 대상으로 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 베타-2 교감신경작용제 사용후 최대호기유속의 절대값이 30 l/min 이상 증가할 경우 기류폐색의 진단에 민감도와 특이도가 높게 나타났으나 임상적으로는 민감도가 특이도 보다 중요하다고 생각되므로 베타-2 교감신경작용제 사용후 최대호기유속이 20 l/min 이상 증가하여도 기류 가역성이 있는 것으로 평가할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 이 경우 특이도와 양성예측율이 낮아짐을 관찰할 수 있다 (Fig. 1). 최대호기유속의 재현성(reproducibility)은 FEV₁의 반복성과 비교하여 나쁘지 않은 것으로 보고¹⁹되어 있으나 본 연구에서는 최대호기유속의 반복성을 조사하지 않았으므로 이에 대한 추가연구도 필요할 것으로 생각된다.

최대호기유속은 정상인, 제한성 그리고 폐쇄성환기장애 환자에서도 FEV₁과 잘 일치한다는 보고가 있고²⁰⁻²¹ 최대호기유속 검사를 임상에서 적극적으로 사용할 것을 강조하고 있다⁷⁻⁸. 그러나 어떤 환자들에서는 최대호기유속으로는 가역적인 종말 기도폐색(reversible terminal airway obstruction)을 진단하기 어려우며 좀더 복잡한 검사가 요구된다는 보고도 있으며²²⁻²³ 최대호기유속은 mini-Wright peak flow meter로 측정을 할 경우 폐활량측정치와 호흡유량계(pneumotachograph) 측정치 보다 높게 관찰된다는 보고²⁴⁻²⁵도 있고 우리나라에서도 김 등²⁶의 연구에서도 높게 관찰된 바 있다. 최대호기유속과 노력성환기

량 1초치는 서로 연관이 높은 것으로 알려져 있으며⁵ 본 연구에서도 베타-2 교감신경작용제 사용전 후 최대호기유속과 FEV₁은 통계적으로 유의한 상관관계가 관찰되었으며(0.7082, $p < 0.001$)(0.7226, $p < 0.001$) 베타-2 교감신경작용제 사용 전 후 최대호기유속과 FEV₁의 증가치도 잘 일치하였다(0.6385, $p < 0.001$). 김등²⁶의 연구에서도 호흡유량계로 측정된 FEV₁과 mini-Wright peak flow meter로 측정된 최대호기유속 사이의 상관관계가 높은 것으로 보고된 바 있다. 기류 가역성은 대부분 FEV₁을 기준으로 평가하였으나 본 연구는 최대호기유속으로도 기류 가역성을 유용하게 평가할 수 있었다. 베타-2 교감신경작용제 사용 후 최대호기유속이 기저치보다 30 l/min 이상 증가한 경우를 기류 가역성이 있는 것으로 정할 경우 민감도, 예민도 그리고 양성예측율이 높아 기류 가역성을 적절히 평가할 것으로 생각된다.

기류 가역성이 있는 환자를 임상에서 흔히 진단하지 못하는 경우가 있고⁵ 만성폐쇄성폐질환 환자에서 기류 가역성의 빈도가 높으며¹¹⁻¹² 외국에서도 1차 진료기관에서는 천식의 정도를 부적절하게 인식하는 경우가 많은 것으로 보고되고 있으므로²⁷ 본 연구의 결과를 기준으로 1차 진료기관에서 천식 및 만성폐쇄성폐질환이 의심되는 환자에 mini-Wright peak flow meter로 기류 가역성을 평가할 경우 진단 및 치료에 많은 도움을 줄 것으로 기대된다.

요 약

목 적 :

최대호기유속 측정도 FEV₁과 함께 기도폐색의 정도를 평가할 수 있으며 기도폐색의 가역성을 평가하는 것은 기도폐쇄질환 환자들의 진단 및 치료에 중요하다. 최대호기유속은 FEV₁에 비해 측정이 간단하며 쉽고 빠르게 검사할 수 있는 장점이 있어 1차 진료기관에서도 쉽게 이용할 수 있다. 그러나 최대호기유속으로 기류 가역성을 평가한 연구는 매우 적다. 이에 천식 및 만성폐쇄성폐질환 환자들에게서 최대호기유

속과 FEV₁으로 기류 가역성을 비교 평가하여 1차 진료기관에서 최대호기유속을 측정함으로써 기류 가역성을 평가하는데 기준을 마련하고자 본 연구를 시행하였다.

방 법 :

본 연구는 호흡곤란, 기침 및 천명을 주소로 계명대학교 동산병원 호흡기내과를 방문한 환자들 중 천식 및 만성폐쇄성폐질환으로 진단 받은 80명의 환자들을 대상으로 조사하였다. 베타-2 교감신경작용제(salbutamol) 흡입 직전과 15분 후 측정된 FEV₁의 추정정상치가 12% 이상 증가하고 노력성폐활량 또는 FEV₁의 절대값이 200ml 이상 증가한 경우를 기류가역성이 있는 것으로 정의하였다. 최대호기유속의 가역성은 베타-2 교감신경작용제 사용 후 절대값의 변화(1/min)로 표현하였으며 최대호기유속의 절대값의 변화에 따른 기류폐색의 가역성 평가에 대한 민감도, 특이도, 양성예측율과 음성예측율을 구하였다.

결 과 :

대상환자 80명중 36명(45%)에서 기류 가역성이 있었다. 폐활량측정법으로 기류 가역성이 증명된 환자에서 최대호기유속으로 기류 가역성을 평가하여서 최대호기유속의 민감도, 특이도, 양성예측율 그리고 음성예측율을 구하였을때 기저치보다 30 l/min 이상 증가한 경우에 가장 높게 관찰되었고 민감도 72.2%, 특이도 72.7%, 양성예측율 68.4% 그리고 음성예측율은 76.2%로 관찰되었다.

결 론 :

이상의 결과로 베타-2 교감신경작용제 사용 후 최대호기유속의 절대값의 변화는 기류 가역성을 평가하는데 간편하고 효율적인 방법으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. American Thoracic Society. Standards for the diagnosis and care of patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma. Am Rev Respir Dis 1987;136:225-43.

2. Gross NJ. COPD ; a disease of reversible airflow obstruction. Am Rev Respir Dis 1986;133:725-6.

3. Drazen JM, Gerard C. Reversing the reversible. N Engl J Med 1989;320:1555-6.

4. Anthonisen NR, Wright EC, and the IPPB Trial Group. Bronchodilator response in chronic obstructive pulmonary disease. Am Rev Respir Dis 1986;133:814-9.

5. Banerjee DK, Lee GS, Malik K, Daily S. Underdiagnosis of asthma in the elderly. British Journal of Diseases of the Chest 1987;81:23-9.

6. Kelly CA, Gibon GJ. Relation between FEV₁ and peak expiratory flow in patients with chronic airflow obstruction. Thorax 1988;43:335-6.

7. Gregg I. The quality of care of asthma in general practice—a challenge for the future. Fam Pract 1985;2:94-100.

8. Katz DN. The Mini-Wright peak flow meter for evaluating airway obstruction in family practice. J Fam Pract 1983;17:51-7.

9. Quanjer PhH, Tammeling GF, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault JC. Lung volumes and forced ventilatory flows : official statement of the European Respiratory Society. Eur Respir J 1993;6(suppl 16):5-40.

10. American Thoracic Society. Lung function testing and selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 1991;144:1202-18.

11. Dales RE, Spitzer WO, Tousignant P, Schechter M, Suissa S. Clinical interpretation of airway response to a bronchodilator. Am Rev Respir Dis 1988;138:317-20.

12. Tweeddale PM, Merchant S, Leslie M, Alexander F, McHardy GJR.. Short term variability in FEV₁ : relation to pretest activity, level of FEV₁, and

- smoking habits. *Thorax* 1984;39:928-32.
13. Wright BM. A miniature Wright Peak Flow Meter. *Br Med J* 1978;2:1627-8.
 14. Gold WM. Chapter 28. Pulmonary Function Testing. In : Murray JF, Nadel JA, editors. Text book of respiratory medicine. 2nd ed. Philadelphia : W.B. Saunders, Co.;1994. p. 871-4.
 15. Committee report. Criteria for the assessment of reversibility in airways obstruction : report of the committee on emphysema, American College of Chest Physicians. *Chest* 1974;65:552-3.
 16. Eliasson O, Degraff AC. The use of criteria for reversibility and obstruction to define patient groups for bronchodilator trials. *Am Rev Respir Dis* 1985;132:858-64.
 17. Weir DC, Burge PS. Measures of reversibility in response to bronchodilators in chronic airflow obstruction relation to airway calibre. *Thorax* 1991;46:43-5.
 18. Dekker FW, Schrier AC, Sterk PJ, Dijkman JH. Validity of peak expiratory flow measurement in assessing reversibility of airflow obstruction. *Thorax* 1992;47:162-6.
 19. McCarthy DS, Craig DB, Cherniack RM. Intraindividual variability in maximal expiratory flow-volume and closing volume in asymptomatic subjects. *Am Rev Respir Dis* 1975;112:407-11.
 20. Leiner GC, A bramowitz S, Small MJ, Stenby VB, Lewis WA. Expiratory peak flow rate. *Am Rev Respir Dis* 1963;88:644-51.
 21. Fairbairn AS, Fletcher CM, Tinker CM, Wood CH. A comparison of spirometric and peak expiratory flow measurements in men with and without chronic bronchitis. *Thorax* 1962;14:168-74.
 22. Cooper DM, Cutz E, Levison H. Occult pulmonary abnormalities in asymptomatic asthmatic children. *Chest* 1977;71:361-5.
 23. Kerrebijn KF, Fiiole AC, van Bentveld RD. Lung function in asthmatic children after year or more without symptoms or treatment. *Br Med J* 1978;1:886-8.
 24. Jones KP, Mullee MA. Measuring peak expiratory flow in general practice: comparison of mini Wright peak flow meter and turbine spirometer. *Br Med J* 1990;300:1629-31.
 25. Pretto JJ, Rochford PD, Pierce RJ. An evaluation of the Breath-Taker peak flow meter. *Med J Aust* 1990;152:358-61.
 26. 김민철, 권기범, 임동현, 송창석, 정용석, 장태원, 유호대, 정만홍. Peak Flow Meter로 측정된 최대호기류속도(PEF)의 추정정상치 및 기타 환기 기능검사와의 상관관계. *결핵 및 호흡기질환* 1998;45:1000-11.
 27. Kaptein AA, Dekker FW, Gill K, van der Waart MA. Undertreatment of asthma in Dutch general practice. *Fam pract* 1987;4:219-25.