

기관지 탄분 섬유화증에서 동반된 기관지 협착에 따른 환기역학

대구 파티마병원 내과

정승욱, 김연재, 김건현, 김민선, 손혁수, 김준철, 류현욱, 이수옥, 정치영, 이병기

Ventilatory Dynamics According to Bronchial Stenosis in Bronchial Anthracofibrosis

Seung Wook Jung, M.D., Yeon Jae Kim, M.D., Gun Hyun Kim, M.D., Min Seon Kim, M.D., Hyuk Soo Son, M.D., Jun Chul Kim, M.D., Hyon Uk Ryu, M.D., Soo Ok Lee, M.D., Chi Young Jung, M.D., Byung Ki Lee, M.D.

Departments of Internal Medicine, Fatima Hospital, Daegu, Korea

Background : Bronchial anthracofibrosis usually manifest as a form of obstructive airway disease, and can be accompanied by parenchymal diseases such as pneumonia, and pulmonary tuberculosis. This study investigated the ventilatory dynamics according to the severity of bronchial stenosis in patients with bronchial anthracofibrosis.

Method : One hundred and thirteen patients with bronchial anthracofibrosis that was confirmed by bronchoscopy and who had undergone a pulmonary function test were enrolled in this study group. The correlation coefficients between the pulmonary functional parameters and the number of lobes with bronchial stenosis were investigated.

Results : The incidence of ventilatory dysfunction was 56(49.6%) for obstructive, 8(7.1%) for restrictive, 2(1.8%) for mixed, and 47(41.6%) for a normal pattern. The FEV₁/FVC, FEF_{25~75%}, FEF_{25%}, FEF_{50%}, FEF_{75%}, and PEF showed a significant negative correlation ($p<0.05$) and the Raw had a significant positive correlation with the number of lobes with bronchial stenosis($p<0.001$).

Conclusion : These findings suggest that the most common abnormality of the ventilatory function in bronchial anthracofibrosis is an obstructive pattern with a small airway dysfunction according to the severity of bronchial stenosis. (*Tuberc Respir Dis* 2005; 59: 368-373)

Key words : Bronchial anthracofibrosis, Ventilatory dynamics, Obstructive, Airway resistance

서 론

기관지 탄분 섬유화증은 주로 나무연기와 같은 생물 자원연료의 연기에 대한 장기적인 노출로 인하여 기관지 내 다발성 색소침착과 이와 동반하여 엽 또는 구역 기관지에 협착이 보이는 경우로 무증상에서 심한 호흡 곤란까지 다양한 호흡기 증상을 유발할 수 있으며¹⁻⁵, 주로 만성 폐쇄성 기도질환의 형태로 발현 된다^{1,2,4,5}.

장기적인 나무연기흡입은 폐쇄성 기도질환의 독립적인 위험 인자이고, 만성 폐질환의 발생과 밀접한 상관성이 있다고 한다⁶⁻¹¹. 그러나 이와 같은 보고⁶⁻¹¹들은

나무연기와 폐쇄성 기도질환과의 인과관계를 단지 역학적으로 규명한 연구들이며, 나무연기흡입으로 인한 기도 내 병태생리의 한 형태인 기관지 탄분 섬유화증과 폐기능과의 관계를 본 경우는 거의 없는 것 같다¹². 기관지점막에 침착된 입자들로 인한 주위 기도벽 또는 간질의 섬유화, 상부 기도벽의 비후 및 협착, 그리고 대부분 석회화가 동반된 림프절 종창으로 설명되는 기관지 탄분 섬유화증의 병태생리가 일반적인 만성 폐쇄성 기도 질환과는 크게 차이가 있음을 알 수 있고⁵, 또한 경과 중에 폐쇄성 폐렴 또는 폐결핵과 같은 폐실질 병변이 동반되는 경우가 흔히 있어 나타나는 폐기능도 다양할 것으로 생각된다.

저자들은 기관지 탄분 섬유화증의 환기역학을 알아보기 위한 일환으로 노력성 호기곡선, 기류-용량 곡선, 폐용량 및 기도 저항을 분석하여 환기장애의 병형별 빈도 및 동반된 기관지 협착과 기도의 환기기능과의 관계를 조사하여 그 성적을 보고하는 바이다.

Address for correspondence : Yeon Jae Kim, M.D.

Departments of Internal Medicine, Fatima Hospital, 576-31, Shinam Dong, Dong-Gu, Daegu, 701-724, Korea

Phone : 053-940-7462 Fax : 053-954-7417

E-mail : persimmonkim@lycos.co.kr

Received : Apr. 4. 2005

Accepted : Sep. 5. 2005

대상 및 방법

1. 대 상

1997년 1월부터 2002년 5월까지 호흡기 증상이나 흉부 방사선 사진의 이상 소견으로 내원하여 기관지 내시경 검사상 기관지 탄분 섬유화증으로 진단받은 환자 가운데 폐기능 검사를 실시한 113례의 환자를 대상으로 하였다. 이들의 신체적 조건 및 임상적 특징은 Table 1과 같이 대부분 고령의 여자가 많았으며, 36예(31.8%)에서 폐결핵의 과거력이 있었다. 그리고 기관지 협착이 동반되어 있는 폐엽의 수는 2.7 ± 1.50 이었다.

2. 방 법

1) 기관지내시경검사

기관지내시경검사 전처치로 atropine 0.5mg을 검사 30분전에 근육주사하였으며, 국소마취는 4% lidocaine 5ml(200mg)를 분무기(Pulmo aide[®])를 통해 10-15 분동안 흡입시킨 후 구강을 통하여 기관지경을 삽입하여 검사를 실시하였다. 기관지내시경검사상 기관지 점막에 다발성의 흑청색의 색소 침착이 있거나 엽 또는 구역 기관지에 색소 침착과 동반된 섬유화성 협착이 관찰되는 경우를 기관지 탄분 섬유화증으로 진단하였다. 기관지의 협착은 색소 침착이 있는 엽 기관지 또는 구역 기관지의 내경이 정상 기관지에 비해 좁아져 있거나 완전 폐색을 보이는 경우로 하였으며, 협착을 보인 기관지의 수는 엽 또는 구역 기관지의 협착이 동반되어 있는 폐엽의 수로 하였다⁵.

Table 1. Clinical and physical characteristics in patients with bronchial anthracofibrosis (N=113)

Characteristics	Value
Sex (n, M/F)	18 / 95
Age (yr)	$72.6 \pm 5.66^*$
Height (cm)	$150.9 \pm 8.80^*$
Weight (kg)	$53.4 \pm 9.73^*$
History of tuberculosis (n, %)	36 (31.8)
Numbers of lobe with bronchial stenosis	$2.7 \pm 1.50^*$

*Mean \pm S.D.

2) 폐기능 검사

모든 폐기능 검사는 급성기의 호흡기 증상이 호전된 후 안정상태에서 실시하였다. 폐활량측정법을 이용하여(Sensoromedics, Vmax 229, Yorba Linda, California, U.S.A.) 노력성 호기곡선에서 노력성 폐활량(FVC), 노력성 호기량의 1초치(FEV₁) 및 최대중간 호기류속도(FEF_{25~75%})를 구하였으며, 기류 용량 곡선에서 최고호기류속도(PEF)와 FVC의 25, 50 및 75%수준에서의 최대호기류속도 즉 FEF_{25%}, FEF_{50%}, FEF_{75%}를 구하였다. 최대자발성호흡량(MVV)은 환자로 하여금 10초간 최대한 빠르고 깊게 호흡을 시켜 호흡량을 1분간의 양으로 환산하였다. 잔기량 및 기도저항의 측정은 체적기록법(body plethysmography)을 이용하였으며(Jaeger, GmbH & CoKG, German), 잔기량(RV), 전폐기량(TLC), RV/TLC, 기도저항(Raw) 및 기도유순도(Gaw)를 분석하였다.

FEV₁/FVC를 제외한 모든 폐기능 성적은 추정 정상치의 백분율(%)로 표시하였으며, FEV₁/FVC가 70% 미만인 경우를 폐쇄성 환기 장애, FEV₁/FVC가 70% 이상이고 FVC가 추정 정상치의 80% 미만인 경우를 제한성 환기 장애, 그리고 FEV₁/FVC가 70% 이상이고 FVC 및 FEV₁이 추정 정상치의 80% 이상인 경우를 정상으로 하였다.

대상 환자들의 폐기능 검사에서 구한 여러 계측치들에서 환기장애의 병형별 분포를 구하였으며, 이들 계측치들과 기관지내시경검사상 협착을 보인 기관지의 수와의 상관관계를 구하였다.

3) 통계 처리

협착을 보인 기관지의 수와 폐기능 계측치들간의 상관관계는 Pearson 상관계수를 측정하였으며, 모든 통계학적 유의성은 $p < 0.05$ (유의수준)를 기준으로 하였다.

결 과

환기장애의 병형별 분포는 Table 2와 같이 폐쇄성 환기장애가 56례(49.6%), 제한성 환기장애가 8례(7.1%), 혼합성 환기장애가 2례(1.8%)로 폐쇄성 환기장애가

Table 2. Patterns of ventilatory dysfunction in patients with bronchial anthracofibrosis

Patterns	Number(%)
Obstructive	56 (49.6)
Restrictive	8 (7.1)
Mixed	2 (1.8)
Normal	47 (41.5)
Total	113 (100)

Obstructive = $FEV_1/FVC < 70\%$ Restrictive = $FEV_1/FVC \geq 70\%$ and $FVC < 80\%$ predictedNormal = $FEV_1/FVC \geq 70\%$ and $FVC \geq 80\%$ predicted and $FEV_1 \geq 80\%$ predicted

많았으며, 47례(41.6%)에서 정상 환기소견을 보였다. 노력성 호기곡선에서 구한 여러 지표의 성적과 이들 지표들과 협착을 보인 기관지의 수와의 상관계수는 Table 3과 같다. FVC의 추정정상치의 백분율의 평균

은 $94.3 \pm 24.76\%$ 였으며, 상관계수는 0.023으로 협착을 보인 기관지의 수와는 유의하지는 않았다. 반면에 기도폐쇄를 반영하는 FEV_1/FVC 은 $69.9 \pm 13.14\%$ 로 감소되었으며, 상관계수가 -0.208로 협착을 보인 기관지의 수와 유의한 음의 상관관계를 보였다($p < 0.05$). FEV_1 의 추정정상치의 백분율의 평균은 정상범위였으며, 상관계수는 -0.151로 협착을 보인 기관지의 수에 따라 감소되는 경향이나 유의하지는 않았다. $FEF_{25-75\%}$ 및 MVV은 $41.1 \pm 21.47\%$, $58.9 \pm 20.40\%$ 로 모두 낮게 관찰되었으며, $FEF_{25-75\%}$ 의 상관계수는 -0.310으로 협착을 보인 기관지의 수와 유의한 음의 상관관계를 보였으나($p < 0.005$), MVV은 -0.153으로 뚜렷한 상관관계는 없었다.

기류 용량 곡선에서 구한 여러 계측치의 추정정상

Table 3. Correlation coefficients between parameters derived from forced expiratory volume curve and numbers of lobe with bronchial stenosis

Parameters	Value	Coefficient
FVC, %pred.	94.3 ± 24.76	0.023
FEV_1 , %pred.	84.1 ± 25.24	-0.151
FEV_1/FVC , %	69.9 ± 13.14	-0.208*
$FEF_{25-75\%}$, %pred.	41.1 ± 21.47	-0.310*
MVV*, %pred.	58.9 ± 20.40	-0.153

Values are mean \pm S.D.* $p < 0.05$, † $p < 0.005$, ‡ $n=62$.

Table 4. Correlation coefficients between parameters derived from flow-volume curve and numbers of lobe with bronchial stenosis

Parameter	Value	Coefficient
PEF, %pred.	54.8 ± 20.90	-0.309*
$FEF_{25\%}$, %pred.	54.4 ± 32.91	-0.303*
$FEF_{50\%}$, %pred.	37.7 ± 19.60	-0.416†
$FEF_{75\%}$, %pred.	42.6 ± 19.19	-0.318*

Values are mean \pm S.D.* $p < 0.005$, † $p < 0.001$.

Table 5. Correlation coefficients between parameters derived from body plethysmography and numbers of lobe with bronchial stenosis

Parameter	Value (N=55)	Coefficient
RV, %pred.	119.7 ± 39.01	0.067
TLC, %pred.	94.6 ± 13.39	-0.047
RV/TLC, %pred.	130.3 ± 28.80	0.143
R_{aw} %pred.	345.5 ± 194.42	0.477*
G_{aw} %pred.	41.3 ± 18.52	-0.421†

Values are mean \pm S.D.* $p < 0.001$, † $p < 0.005$.

치에 대한 백분율의 성적과 협착을 보인 기관지의 수와의 상관계수는 Table 4와 같다. 대기도 및 소기도의 기능을 반영하는 PEF, FEF_{25%}, FEF_{50%} 및 FEF_{75%}는 모두 낮게 관찰되었으며, 상관계수도 각각 -0.309, -0.303, -0.416, 그리고 -0.318로 협착을 보인 기관지의 수와 유의한 음의 상관관계를 보였다($p < 0.005$). 폐용량을 반영하는 지표 및 기도저항에 대한 성적은 Table 5와 같다. TLC는 $94.6 \pm 13.39\%$ 로 정상범위였으며, RV 및 RV/TLC는 $119.7 \pm 39.01\%$, $130.3 \pm 28.80\%$ 로 대체적으로 증가되어 있었으나, 협착을 보인 기관지의 수와는 뚜렷한 상관관계를 없었다. Raw는 $345.5 \pm 194.42\%$ 로 협착을 보인 기관지의 수에 따라 유의하게 증가하였으며($p < 0.001$), Gaw는 유의하게 감소하였다($p < 0.005$).

고 찰

저자들의 성적에서 FVC 및 FEV₁은 정상범위였으나, 기도폐쇄를 반영하는 FEV₁/FVC 및 전기도기능을 반영하는 FEF_{25~75%}은 70%이하로 감소되었다. 특히 FEV₁은 협착을 보인 기관지의 수에 따라 유의하지는 않았으나 감소되는 경향이었으며, FEV₁/FVC, FEF_{25~75%}은 협착을 보인 기관지의 수에 따라 유의하게 감소되는 소견이었다. 이러한 성적은 기관지 탄분 섬유화증에서는 기관지의 협착과 연관되어 전기도저항의 증가에 의한 폐쇄성 환기장애가 있으며 제한성 환기장애는 뚜렷하지 않음을 시사한다고 할 수 있다.

Sandoval 등¹²은 장기간의 나무연기흡입과 관련된 만성 폐질환에서의 환기장애의 병형은 저자들과는 달리 대부분 제한성과 폐쇄성이 같이 있는 혼합성 환기장애였다고 하였다. 이와 같은 성적은 순수한 기관지 탄분 섬유화증만을 대상으로 한 경우가 아니라 기관지 탄분 섬유화증을 포함한 모든 나무연기흡입관련 폐질환을 대상으로 하였고, 또한 나무연기로 인한 폐질환의 가장 심한 단계인 폐성심 환자만을 대상으로 하였기 때문이며, 폐성심 이전단계의 질환에 있어서 폐기능 손상의 정도 및 각 환기장애의 정확한 기여유무는 향후 연구가 필요할 것이라고 언급하였다. 국내의 기관지 탄분 섬유화증에 대한 김 등², 이 등⁴, 한 등¹³의 연구에서 환기장애의 병형은 폐쇄성 환기

장애가 각각 40.7%, 44%, 50%로 저자들의 경우에서처럼 많은 비율을 차지하였으며, 제한성 환기장애는 각각 18.6%, 28%, 0%, 혼합성 환기장애는 25.4%, 14%, 0%로 연구자들 사이에 상당한 차이를 나타내었다. 저자들의 경우에서도 제한성 및 혼합성 장애는 각각 7.1%, 1.8%로 이들과 차이를 보였는데, 이와 같은 소견은 대상 환자들의 수, 나이, 결핵과 같은 폐실질 파괴성 병변의 동반정도가 서로 달랐기 때문으로 생각된다. 즉 이들에서는^{2,4,13} 비교적 소규모의 환자들을 대상으로 하였으며 저자들의 환자에 비해 평균나이가 적었고, 김 등² 및 한 등¹³에서는 결핵성 병변이 동반되었던 경우가 각각 52.6%, 50%로 저자들의 32%보다 많았으며, 제한성 및 혼합성 장애가 관찰되지 않았던 이 등⁴에서는 결핵 또는 간질성 폐질환이 동반되었던 경우를 제외하였기 때문이다. 이와 같이 기관지 탄분 섬유화증에서는 주로 폐쇄성 환기장애가 관찰되며, 주위 폐실질의 섬유화, 폐허탈, 그리고 협착된 기관지이하부위의 반복적인 폐감염 또는 결핵과 같은 파괴성 폐질환의 동반 등에 의한 이차적인 폐실질의 변화로 제한성 환기장애가 일부 동반될 수 있을 것으로 생각 된다⁵. 그리고 저자들의 성적에서 정상환기가 비교적 많았던 것은 폐쇄성 및 제한성 환기 장애에 속하지 않는 세소기도의 기능장애가 많이 포함되었기 때문으로 생각된다.

한편 기류-용량곡선은 그 모양으로써 피검자의 검사에 대한 협조상태¹⁴, 기도폐쇄의 부위^{14,15} 및 환기장애의 병형¹⁵ 등을 알 수 있고, 계측치의 분석을 통하여 폐쇄성폐질환의 진단에 예민하고 편리하여 널리 이용되고 있다. 즉 이 곡선에서 구하는 여러 지표들 가운데 PEF 및 FEF_{25%}는 FEV₁처럼 주로 대기도기능을 반영하고 FEF_{50%}는 주로 세소기도기능을 반영하나 중기도내지 대기도기능도 포함되며 FEF_{75%}는 세소기도기능을 반영한다고 한다¹⁶⁻¹⁹. 저자들의 성적에서 호기류 속도를 반영하는 PEF, FEF_{25%}, FEF_{50%}, FEF_{75%}는 모두 추정정상치의 60%미만으로 감소되었으며, 협착을 보인 기관지의 수에 따라 유의하게 감소하였다. 이러한 성적은 기관지 탄분 섬유화증에서 세소기도를 포함한 전기도의 폐쇄가 관찰되며, 특히 협착을 보이는 기관지의 수가 많을수록 기능도 심하게 감소

된다는 것을 나타낸다. 또한 폐용량을 나타내는 지표들 가운데 TLC는 정상범위였으나, RV 및 RV/TLC가 추정정상치의 100%이상으로 증가되었으며 협착을 보인 기관지의 수에 따라 유의하지는 않았으나 증가되는 경향으로 기도폐쇄로 인한 air trapping을 반영한다고 할 수 있다.

한편 기도내강이 좁아질 수 있는 기전으로 첫째, 점막의 충혈, 부종 또는 염증, 둘째, 점액, 삼출액 또는 이물질에 의한 내강의 완전 혹은 부분 폐쇄, 셋째, 표면장력에 의한 점막표면의 응집(cohesion), 넷째, 침윤, 압박 또는 섬유화, 다섯째, 증가된 흉강내압(intrapleural pressure) 및 경폐압(transpulmonary pressure)에 의한 압박 또는 폐쇄, 여섯째, 기관지, 세기관지벽의 지지구조물 또는 정상적인 폐탄성 조직의 소실로 인한 기도의 허탈 또는 뒤틀림(kinking)을 들 수 있다²⁰. 이와 같이 기도내강이 좁아지면 호기시 기류제한과 함께 기도저항이 증가하게 되며, 대표적인 질환으로 만성 폐쇄성 폐질환과 기관지 천식이 있으나 그 발병기전에는 차이가 있다^{21,22}. 즉 만성 기관지염은 점막의 비후 및 점액의 과분비, 폐기종은 폐의 탄성 반동압(elastic recoil pressure)의 감소, 그리고 기관지 천식은 기관지 점막의 과민반응에 의한 일시적인 기관지 경련이 주로 관여하는 것으로 되어있다^{21,23,24}. 저자들의 성적에서 기도폐쇄 및 호기류 속도를 반영하는 지표들과 기도저항을 나타내는 지표들이 협착을 보인 기관지의 수와 유의한 상관관계가 있어 기도벽의 비후 및 섬유화와 기관지의 왜곡으로 인한 다발성의 엽 또는 구역기관지의 비가역적인 협착 및 이로 인한 기관지의 폐쇄가 이들 지표들의 변화에 주로 관여하는 것으로 볼 수 있다. 그리고 기도저항(Raw)은 전반적으로 증가되어 있었는데, 기관지 탄분 섬유화증이 호기류의 제한 및 폐쇄성 환기장애를 보이는 것으로 보아 이러한 소견은 당연한 결과라 할 수 있으며, 세소기도폐쇄 및 폐탄성도를 반영하는 지표인 Raw 및 Gaw는 협착을 보인 기관지의 수와 유의한 상관관계가 없는 것으로 보아 본 환자들에서 관찰된 Raw의 증가는 세소기도의 폐쇄가 주된 기전인 것으로 생각 된다²².

결론적으로 기관지 탄분 섬유화증은 협착을 보인 기관지의 수가 많을수록 세소기도 병변과 더불어 주로 폐쇄성 환기장애를 나타내며, 임상적으로는 만성 폐쇄성 폐질환, 천식과 같은 폐쇄성 기도질환의 형태로 발현되는 것으로 이해할 수 있다.

요 약

연구배경 :

기관지 탄분 섬유화증은 주로 만성기관지염, 만성 폐쇄성 폐질환, 또는 천식 등과 같은 만성 기도 질환의 형태로 발현되며, 질환의 경과 중에 폐렴, 폐결핵과 같은 실질성 병변들이 동반될 수 있다. 저자들은 기관지 탄분 섬유화증에서 환기장애의 병형별 빈도 및 동반된 기관지 협착에 따른 기도의 환기기능 및 역학을 알아보고자 하였다.

방 법 :

기관지내시경검사 상 기관지 탄분 섬유화증으로 진단받은 환자 가운데 폐기능 검사를 실시한 113례의 환자를 대상으로 폐기능 검사에서 구한 여러 계측치들과 협착을 보인 기관지의 수와의 상관관계를 구하였다.

결 과 :

폐쇄성 환기장애가 56례(49.6%), 제한성 환기장애가 8례(7.1%), 혼합성 환기장애가 2례(1.8%), 그리고 정상환기가 47례(41.6%)였다. 노력성 호기곡선에서 구한 계측치 가운데 FEV₁/FVC 및 FEF_{25~75%}은 상관계수가 각각 -0.208, -0.310으로 협착을 보인 기관지의 수에 따라 유의하게 감소하였다($p<0.05$, $p<0.005$). 기류-용량 곡선에서 구한 PEF, FEF_{25%}, FEF_{50%} 및 FEF_{75%}는 모두 낮게 관찰되었으며, 상관계수가 각각 -0.309, -0.303, -0.416, 그리고 -0.318로 협착을 보인 기관지의 수에 따라 유의하게 감소하였다($p<0.05$). Raw도 0.477로 협착을 보인 기관지의 수에 따라 유의하게 증가하였다($p<0.001$).

결 론 :

기관지 탄분 섬유화증은 협착을 보인 기관지의 수가 많을수록 세소기도 병변과 함께 주로 폐쇄성 환기장애를 나타내는 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Park IW, Yoo CG, Kwon OJ, Kim YW, Han SK, Shim YS, et al. Clinical study of dark-blue pigmentation in the bronchial mucosa. *Tuberc Respir Dis* 1991;38: 280-6.
2. Kim JY, Park JS, Kang MJ, Yoo CG, Kim YW, Han SK, et al. Endobronchial anthracofibrosis is causally associated with tuberculosis. *Korean J Intern Med* 1996;51:351-7.
3. Chung MP, Lee KS, Han J, Kim H, Rhee CH, Han YC, et al. Bronchial stenosis due to anthracofibrosis. *Chest* 1998;113:344-50.
4. Lee HS, Maeng JH, Park PG, Jang JG, Park W, Ryu DS, et al. Clinical features of simple bronchial anthracofibrosis which is not associated with tuberculosis. *Tuberc Respir Dis* 2002;53:510-8.
5. No TM, Kim IS, Kim SW, Park DH, Joeng JK, Ju DW, et al. The clinical investigation for determining the etiology of bronchial anthracofibrosis. *Korean J Med* 2003;65:665-74.
6. Perez-Padilla R, Regalado J, Vedal S, Pare P, Chapela R, Sansores R, et al. Exposure to biomass smoke and chronic airway disease in Mexican women: a case-control study. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154: 701-6.
7. Woolcock AJ, Blackburn CR, Freeman MH, Zylstra W, Spring SR. Studies of chronic (nontuberculous) lung disease in New Guinea populations. *Am Rev Respir Dis* 1970;102:575-90.
8. Anderson HR. Chronic lung disease in the Papua New Guinea Highlands. *Thorax* 1979;34:647-53.
9. Albalak R, Frisancho AR, Keeler GJ. Domestic biomass fuel combustion and chronic bronchitis in two rural Bolivian villages. *Thorax* 1999;54:1004-8.
10. Pandey MR. Prevalence of chronic bronchitis in a rural community of the Hill Region of Nepal. *Thorax* 1984;39:331-6.
11. Pandey MR. Domestic smoke pollution and chronic bronchitis in a rural community of the Hill Region of Nepal. *Thorax* 1984;39:337-9.
12. Sandoval J, Salas J, Martinez-Guerra ML, Gomez A, Martinez C, Portales A, et al. Pulmonary arterial hypertension and cor pulmonale associated with chronic domestic woodsmoke inhalation. *Chest* 1993;103: 12-20.
13. Han SH, Cha GY, Lee YM, Kim KU, Uh ST, Kim YH, et al. Study of antituberculous medications in anthracofibrosis. *Tuberc Respir Dis* 2001;51:224-31.
14. Hyatt RE, Black LF. The flow-volume curve: a current perspective. *Am Rev Respir Dis* 1973;107:191-9.
15. Lord GP, Gazioglu K, Kaltreider N. The maximum expiratory flow-volume in the evaluation of patients with lung disease. *Am J Med* 1969;46:72-9.
16. Bass H. The flow volume loop: normal standards and abnormalities in chronic obstructive pulmonary disease. *Chest* 1973;63:171-6.
17. Kryger M, Bode F, Antic R, Anthonisen N. Diagnosis of obstruction of the upper and central airways. *Am J Med* 1976;61:85-93.
18. Takishima T, Sasaki T, Takahashi K, Sasaki H, Nakamura T. Direct-writing recorder of the flow volume curve and its clinical application. *Chest* 1972;61:262-6.
19. Kim YJ, Park JY, Jung TH. Ventilatory dynamics in bronchiectasis. *Tuberc Respir Dis* 1993;40:548-57.
20. Comroe JH Jr. Physiology of respiration. 2nd ed. Chicago: Year book medical publishers; 1974. p. 117.
21. Snider GL. Distinguishing among asthma, chronic bronchitis and emphysema. *Chest* 1985;87:35S-9S.
22. Macklem PT. The pathophysiology of chronic bronchitis and emphysema. *Med Clin North Am* 1973;57: 669-70.
23. Dayman H. Mechanics of airflow in health and in emphysema. *J Clin Invest* 1951;30:1175-90.
24. Wells RE Jr. Mechanics of respiration in bronchial asthma. *Am J Med* 1959;26:384-93.