

高血壓性心臟病患者의 換氣力學

慶北大學校 醫科大學 內科學教室

權昌運 · 丁泰勳 · 朴熙明

= Abstract =

Ventilatory Dynamics in Hypertensive Heart Disease

Chang Woon Kwon, M.D., Tae Hoon Jung, M.D., Hi Myung Park, M.D.

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

Small and large airways functions were studied in patients with hypertensive heart disease in slightly to moderately compromised state functionally. In this study, the forced vital capacity and various flow parameters reflecting expiratory flow rate were determined from simultaneously recorded forced expiratory volume and maximal expiratory flow volume curves in 86 cases. The closing volume was measured by a single breath nitrogen method in 57 cases and airway resistance with its related parameters by a body plethysmograph in 11 cases. These results were compared with those obtained from the same numbers of healthy controls matched for sex, age and height.

In the patient group, the forced vital capacity and all the observed values of flow parameters, except for the ratio of the first second vital capacity to the forced vital capacity, were significantly reduced than those in the controls. When the remainder of flow parameters was volume-adjusted to the forced vital capacity, however, the mean of the peak expiratory flow rate and the maximal expiratory flow rate at the 75 per cent of the vital capacity were not significantly different from that of controls. In contrast, the volume-adjusted values of maximal expiratory flow rates at 50 and 25 per cent of the vital capacity, and the maximal midexpiratory flow were remained significantly smaller than those in the controls. The closing volume and its ratio to the vital capacity were significantly larger in the patient group. Airway resistance and its related parameters revealed no significant differences between two groups. These findings suggest that the patients with hypertensive heart disease in a mild to moderate failure are associated with restrictive ventilatory impairment and a small airways obstruction, but with little or no large airway dysfunction.

KEY WORDS : Ventilatory dynamics · Hypertensive heart disease · Small airway function · Large airway function.

緒 論

여러가지 원인에 의한 左心不全에서 볼 수 있는 呼吸困難은 肺循環障礙에 의한 肺機能低下와 밀접한 관계가 있다^{1,2)}. 그러나, 左心不全에서의 폐기능에 관한 종전의 업적을 보면³⁻¹¹⁾, 大氣道와 細小氣道の 기능을 구별하지 않고 단순히 換氣障礙의 정도와 그 病型을 중점적으로 다룬 것이 대부분일 뿐만 아니라 closing volume이나 氣道抵抗의 변화를 관찰 하거나 呼氣流速도를 容量矯正해서 검토한 계통적인 연구는 많지 않고, 또한 그 성적에도 보고자에 따라 차이가 있다.

저자들은 여러가지 心臟病에서의 肺機能에 관한 연구¹²⁻¹⁶⁾의 일환으로서, 高血壓性心臟病 환자에서 肺機能의 변화를 大氣道機能과 細小氣道기능으로 나누어 관찰하기 위하여, 努力性呼氣量曲線 및 最大呼氣流量曲線으로부터 기류속도를 반영하는 여러 지표와 그들의 努力性肺活量에 대한 容量矯正치를 구하고, 아울러 closing volume 및 氣道抵抗을 측정하여, 이들 성적을 건강인에서의 그들과 비교 검토해 보았다.

材料 및 方法

呼氣曲線의 기록 분석은 高血壓性心臟病患者 86례와 健康對照群 86례, 합계 172례를 관찰대상으로 하였다. 그리고 closing volume 및 氣道抵抗은 각각 57례 및 11례의 환자 및 건강인에서 계측하였다. 患者群에서 心不全에 의한 활동제한의 정도는 New York 心臟協會의 機能的分類로 class II 내지 III에 속하는 예들 이었다¹⁷⁾. 對照群으로는 개개의 환자와 성별이 동일하고 연령 및 신장이 비등한 건강인을 택하였다.

肺機能檢査 가운데 氣道抵抗을 제외한 모든 검사는 美國 Gould會社製의 Computerized Pulmonary Function Analyzer(1000Ⅳ型)를 사용하였으며, 努力性呼氣量曲線, 最大呼氣流量曲線 및 closing volume을 기록 분석한 구체적인 방법은 앞서 저자들의 교실에서 상세히 기술한 바와 같다¹⁸⁻²⁰⁾. 즉 피검자로 하여금 식후 2시간이 지난 뒤 최소한 30분간의 안

정을 시킨 다음 좌위에서 실내공기를 최대한으로 全肺氣量(TLC) 수준까지 흡입시킨 다음, 되도록 빨리, 그리고 최대한으로 殘氣量수준까지 완전히 호출시키면서 努力性呼氣量曲線을 3회 반복 기록하여, 그 가운데서 피검자의 협조가 가장 잘된 곡선에서 努力性肺活量(FVC), 努力性肺活量の 1秒値(FEV₁) 및 最大中間呼氣流速度(FEF 25-75%)를 구하였다. 最大呼氣流量曲線 역시 피검자로 하여금 실내공기를 全肺氣量水準까지 흡입시킨 다음 努力性呼氣量曲線을 그릴 때와 같은 요령으로 殘氣量수준까지 완전히 호출하는 동안에 呼氣流速도는 X軸에 呼氣량은 Y軸에 기록하는 조작을 3회 반복하여, 그 가운데서 가장 잘 그려진 곡선으로부터 最高呼氣流速度(PEF)와 FVC의 75, 50 및 25% 수준에서의 最大呼氣流速度 즉 FEF25%, FEF50% 및 FEF75%를 구하였다. 한편 이들 지표와 FEF25-75%의 計測値에 대한 容量矯正値(volume-adjusted value)는 각각의 實測値를 FVC로 나누어서 구하였다.

그리고 closing volume(CV)은 Anthonisen 등²¹⁾의 單回呼吸窒素法(single breath nitrogen method)으로 측정하였으며, 그 방법을 요약하면 다음과 같다. 즉 피검자로 하여금 100% O₂를 殘氣量 수준에서 全肺氣量 수준까지 흡입시킨 뒤 이어서 서서히 殘氣量 수준까지 호출하게 하면서 呼氣의 N₂濃度は Y軸에, 肺活量(VC)은 X軸에 기록함으로써 얻어지는 單回呼吸窒素濃度曲線을 5분 간격으로 3회 반복 기록하여 그 가운데서 잘 그려진 곡선 2개에서 CV 및 CV의 VC에 대한 비(CV/VC)를 구하여 그 성적을 평균하였다. 그리고 모든 計測値 즉 實測値는 推定正常値에 대한 백분율로 표시하였는데 여기에서 推定正常値를 구하는 回歸方程式은 저자들의 교실에서 유도한 吸煙者 및 非吸煙者의 그것을 사용하였다^{18-20, 22)}. 氣道抵抗은 Gould會社製 體容積變動記錄器(body plethysmography, Model 2000 TB)로 계측하였으며, 그 방법을 요약하면 다음과 같다. 즉 피검자를 압력실내의 의자에 앉히고 문을 닫은 후, 실내의 압력이 일정하게 되도록 약 3분이 지난 다음, 피검자가 呼吸流量計(pneumotachometer)의 끝에 있는 mouth piece를 물고 코집게(nose clip)를 착용하게 한다. 그 후 보통대로의 呼吸(tidal breathing)을 하게 하여 呼吸이 안정되면, 呼吸流量計의 遮斷器(shut-

ter)가 열린 상태에서 淺速呼吸(panting)을 시키면서 氣道의 氣流(V)와 體容積變動器의 內壓(P_p)의 비가 X-Y記錄器로 된 oscilloscope의 trace에서 모양이 일직선이 되게 하여, 그 때의 \dot{V} 와 P_p 의 비를 구한다. 그 다음에는 呼吸流量計의 遮斷器를 막고 2~3회 淺速呼吸을 하므로써 생기는 직선상의 trace에서 肺胞壓(P_A)과 體容積變動器內壓(P_p)의 비를 구하여 이들 양자로 부터 氣道抵抗($R_{aw} = \dot{V}/P_p/P_A/P_p$)과 이에 관련된 여러 지표들을 구하였다. 그리고 氣道抵抗의 측정은 2회 시행하여, 그 성적을 평균하였으며 氣道抵抗을 나타내는 여러 지표의 성적은 실측치로 표시하였다.

모든 統計學的檢定에는 Student t 및 χ^2 검사를 사용하였으며 統計學的 有意性은 $p < 0.05$ 를 기준으로 하였다.

성績

高血壓性心臟病 患者群 및 健康對照群에서의 努力性呼氣量曲線으로부터 구한 여러 지표의 計測値의 推定正常値에 대한 백분율의 성적은 표 1과 같다. 즉 $FEV_1/FVC\%$ 는 患者群과 對照群 사이에 뚜렷한 차이가 없었으나, FVC 및 FEV_1 의 평균은 患者群에서는 각각 90.8% 및 88.2%, 對照群에서는 각각 99.6% 및 101.1%로서 患者群에서 뚜렷히 낮았다($p < 0.001$). 그리고 努力性呼氣量曲線과 最大呼氣流量曲線에서 구한 氣流속도를 나타내는 여러 지표의 計測値의 推定正常値에 대한 백분율의 성적은 표 2와 같다. 즉 이들 지표의 計測値는 모두가 상당한 개인차를 보였으나, 그 평균은 患者群에서 對照群에 비하여 모두 유의하게 낮았다. 이들 計測値 가운데 PEF의 평균은 對照群 및 患者群에서 각각 99.4% 및 91.4%로서 그 차이가 비교적 경미하였으나($p < 0.05$), $FEF_{25-75}\%$, $FEF_{25}\%$, $FEF_{50}\%$ 및 $FEF_{75}\%$ 의 평균은 患者群에서는 각각 85.6%, 83.0%, 84.0% 및 86.4%, 對照群에서는 각각 105.6%, 101.2%, 104.0% 및 116.5%로서 患者群에서 뚜렷히 낮았다($p < 0.001$). 한편 努力性呼氣量曲線과 最大呼氣流量曲線에서 구한 氣流速度를 나타내는 여러 지표의 計測値를 FVC로 容量矯正한 성적은 표 3과 같이 모든 지표의 성적이 容量矯正을 함으로써 患者群과 對照

群 사이의 차이가 적어졌다. 그 가운데서 大氣道 내지 全氣道의 기능을 반영하는 지표인 PEF의 평균은 容量矯正을 하기 전에는 患者群에서 對照群에 비하여 유의하게 낮았으나, 容量矯正으로써 양군 사이에 이러한 차이가 없어졌으며 $FEF_{25}\%$ 역시 그러하였다. 그리고 中氣道 내지 細小氣道의 폐색을 반영하는 $FEF_{50}\%$ 는 容量矯正 전에는 양군 사이에 뚜렷한 차이가 있었으나($p < 0.001$), 矯正 후에는 그 차이가 적어졌다($p < 0.05$). 그러나 주로 細小氣道의 기능을 반영하는 지표인 $FEF_{25-75}\%$ 및 $FEF_{75}\%$ 는 容量矯正 후에도 양군 사이의 차이가 여전히 뚜렷하였다($p < 0.001$ 및 $p < 0.02$).

한편 CV 및 CV/VC는 표 4와 같이 양군에서 다같이 개인차가 심하였으나, 이들 지표의 計測値의 평균은 患者群에서는 각각 112.9% 및 129.2%, 對照群에서는 각각 90.5% 및 95.8%로서 患者群에서 뚜렷히 증가되어 있었다($p < 0.001$).

Table 1. Parameters derived from forced expiratory volume curves in controls and patients with hypertensive heart disease(HHD)

	Control (n=86)	HHD (n=86)
FVC	99.6±12.56	90.8±17.52***
FEV_1	101.1±15.41	88.2±21.56***
$FEV_1/FVC\%$	99.3±8.78	97.6±14.74

Values are mean±SD expressed as a percentage of the predicted normal values.

*** $p < 0.001$

Table 2. Flow parameters derived from forced expiratory volume and maximal expiratory flow volume curves in controls and patients with hypertensive heart disease(HHD)

	Control (n=86)	HHD (n=86)
$FEF_{25-75}\%$	105.6±38.65	85.6±42.11***
PEF	99.4±18.07	91.4±27.41*
$FEF_{25}\%$	101.2±21.11	83.0±29.44***
$FEF_{50}\%$	104.0±37.00	84.0±37.05***
$FEF_{75}\%$	116.5±63.90	86.4±44.07***

Values are mean±SD expressed as a percentage of the predicted normal values.

* $p < 0.05$, *** $p < 0.001$

Table 3. Volume-adjusted flow parameters derived from forced expiratory volume and maximal expiratory flow volume curves in controls and patients with hypertensive heart disease (HHD)

	Control (n=86)	HHD (n=86)
FEF25-75%/FVC	0.91±0.370	0.79±0.309**
PEF/FVC	2.25±0.501	2.28±0.604
FEF25%/FVC	2.01±1.043	1.93±0.685
FEF50%/FVC	1.13±0.433	1.00±0.438*
FEF75%/FVC	0.43±0.352	0.33±0.173**

Values are mean±SD

*p<0.05, **p<0.02

體容積變動記錄器로 측정한 기도抵抗과 이와 관련된 여러 지표들의 計測值의 평균은 표 5와 같이 患者群과 對照群 사이에 모두 유의한 차이가 없었다.

考 察

左心不全이 肺에 미치는 영향으로는 肺鬱血 및 水腫과 그들에 따르는 肺纖維化, 容壓率(compliance)의 감소, O₂ 擴散障礙, 그기에다 胸水나 心臟肥大 및 擴張에 의한 肺氣量の 감소 등을 들 수 있다²³⁾. 한편 左心不全을 가진 心臟病患者의 肺機能에 관한 종전의 업적을 검토해 보면, Collins 등³¹⁾은 心臟瓣膜症을 비롯한 여러 心臟病患者 80예에서 呼吸曲線의 분석을 주축으로 하는 일반 肺機能檢査에서는 氣道閉塞의 소견이 없었으나, CV의 TLC에 대한 비(CV/TLC)는 증가되어 있었는데, 이 증가가 Salbuta-

Table 4. Closing volume in controls and patients with hypertensive heart disease(HHD)

	Control (n=57)	HHD (n=57)
CV	90.5±29.48	112.9±48.38***
CV/VC	95.8±31.08	129.2±55.77***

Values are mean±SD expressed as a percentage of the predicted normal values.

***p<0.001

mol이나 atropine의 흡입으로 호전되는 것으로 보아 左心不全에서 나타나는 換氣障礙는 주로 細小氣道 폐색이며, 경한 氣管支喘息에서의 소견과 유사하다 하였다. 또한, Heyer²⁴⁾도 4명의 高血壓性心臟病을 포함한 11명의 心性喘息에서 呼吸曲線所見이 allergy性 氣管支喘息의 그것과 유사하였으며, 喘鳴을 비롯한 臨床所見이나 aminophylline에 대한 반응도 氣管支喘息에서와 비슷하였음을 관찰하고, 이것은 心性喘息에서는 肺鬱血로 인한 反射性 氣管支痙攣이 초래되기 때문일 것이라고 하였다. 한편 Cosby등²⁵⁾은 高血壓性心臟病 11례와 류마티性心臟病 14례에서 VC, 最大換氣量, 氣速指數, 一換量 및 分時換氣量, 時間肺活量の 3秒値, 그리고 換氣因子(ventilation factor)등을 비교해보았던 바, 高血壓性心臟病에서는 閉塞性換氣障礙가 특징적인 소견이었는데 僧帽瓣狹窄症에서는 그러한 소견을 거의 볼 수 없었다고 하였다. 일반적으로 左心不全이 있는 환자에서 VC가 감소한다는 것은 잘 알려져 있으며, 그 주되는 기전은 肺彈性的 감소이나²⁶⁾, 그 밖에 呼吸筋의 疲勞도 관여할 것이라고 한다²⁷⁾. 高血壓性心臟病 환자의 FEV₁ 및 FEV₁/FVC%에 대한 보고²⁸⁾는 매우 드물며, 僧

Table 5. Parameters derived from airway resistance by body plethysmography in controls and patients with hypertensive heart disease(HHD)

	Control (n=11)	HHD (n=11)
Raw(cmH ₂ O/L/sec)	1.48±0.543	2.00±1.000
Raw/V _L (cmH ₂ O·sec)	8.23±7.361	8.50±8.852
Gaw/V _L (1/cmH ₂ O·sec)	0.25±0.050	0.21±0.103
lnGaw/V _L	-1.41±0.237	-1.64±0.585
V _{TG} (L)	3.16±0.818	2.98±0.981

Values are mean±SD.

Differences between two groups are all insignificant.

帽瓣狹窄症이나 心筋硬塞症에서는 이들 두가지 지표가 다같이 감소하는데 FEV_1 이 $FEV_1/FVC\%$ 보다 상대적으로 더 많이 감소한다고 한다^{4-6, 29)}. 저자들의 성적에서는 患者群에서 FVC 및 FEV_1 은 對照群에 비하여 낮았으나 $FEV_1/FVC\%$ 는 양군사이에 거의 차이가 없었으며, 이러한 성적은 高血壓性心臟病에서는 制限性換氣障礙는 있으나 大氣道 내지 全氣道抵抗의 증가에 의한 閉塞性換氣障礙는 뚜렷하지 않음을 시사한다. 高血壓性心臟病에서의 最大呼氣流量曲線을 분석하거나 FEF25-75%를 검토한 업적도 매우 드문듯하다. 그리고 左心不全을 일으킨 僧帽瓣疾患이나 急性心筋硬塞症에서는 呼氣流速度가 감소한다고 하며^{4-7, 29-31)} 저자들의 성적에서도 患者群에서는 呼氣流速度를 나타내는 모든 지표의 計測値가 對照群에 비하여 뚜렷이 낮았다.

한편 最大呼氣流速度는 容量依存性이기 때문에 計測値를 肺容量으로 矯正해서 평가해야 하며³²⁻³⁵⁾, 특히 左心不全에서와 같이 制限性換氣障礙가 있는 경우에는 더욱 그러하다^{15, 36-38)}. 저자들의 성적에서는 患者群에서 呼氣流速度를 나타내는 모든 計測値가 對照群에 비하여 뚜렷이 감소되어 있었으나, FVC로 容量矯正한 성적은 개개의 지표에 따라 차이가 있었다. 즉 주로 大氣道 내지 全氣道の 기능을 반영하는 PEF 및 FEF25%의 容量矯正値, 즉 PEF/FVC 및 FEF25%/FVC의 평균은 矯正 전과는 달리 患者群과 對照群 사이의 유의한 차이가 없게 되었고, FEF50%를 容量矯正한 FEF50%/FVC는 容量矯正 이전처럼 患者群에서는 對照群에 비하여 유의하게 낮기는 하였으나 양군 사이의 차이가 적어졌다. 그러나 주로 細小氣道 기능을 반영하는 FEF25-75% 및 FEF75%는 FVC로 容量矯正을 해도 여전히 患者群에서 뚜렷한 저하가 있었다. 이러한 사실은 高血壓性心臟病에서는 주로 細小氣道에 폐색이 있음을 시사한다. 그리고 CV의 測定은 細小氣道の 機能障礙를 조기에 진단하는데 예민한 검사의 하나로 널리 이용되고 있으며³⁹⁻⁴¹⁾, 肺鬱血에 의한 CV의 증가는 動物實驗⁴²⁻⁴⁴⁾, 人體實驗⁴⁵⁾, 그리고 急性心筋硬塞症⁸⁻¹⁰⁾ 등에서 보고된 바가 있다. 그러나 Gray등¹¹⁾은 急性心筋硬塞症에서 resident gas 法으로 CV, closing capacity(CC), CV/VC 및 CC/TLC를 計測해 보았던 바, CV/VC 및 CC/TLC만이 증가되어 있음을 관찰

하고, 이것은 주로 VC 및 TLC의 감소 때문이었다고 하였다. 또한 CV 및 CC는 서로 뚜렷한 相關關係는 없었으나 肺動脈壓이 증가하면 할수록 이들 計測値가 오히려 감소하였다고 하였다. 저자들의 患者群에서는 CV 및 CV/VC가 對照群에 비해서 뚜렷이 증가되어 있었으며, 이러한 성적은 Gray등¹¹⁾의 성적과는 상이하나 다른 여러 학자들의^{8, 9)} 보고와는 일치한다.

肺水腫이 氣道抵抗에 미치는 영향에 관한 업적을 보면, 動物實驗^{38, 39)} 및 환자들에서⁶⁾, 細小氣道の抵抗은 증가하나 全氣道抵抗 내지 大氣道抵抗에는 거의 변화가 없다는 보고도 있다. 그러나 Sharp등^{46, 47)}은 심한 肺水腫을 가진 각종 心臟病患者에서 肺水腫이 있을 때에는 氣道抵抗이 健康人의 3~4배였고, 肺水腫으로부터 회복된 후에도 약 2배나 증가되어 있음을 관찰하고, 그 기전은 氣道の 浮腫, 그리고 분비물과 거품이 呼氣가 氣道에서 亂流를 일으키는 부위를 증가시키기 때문이라고 하였다. 또한 이런 경우 氣道抵抗이 吸氣 初期에 더욱 증가되는 것은 末梢氣道(terminal lung unit)가 열리는데 필요한 압이 보다 높아져야 하기 때문일 것이라고 하였다. 저자들이 體容積變動記錄器로 計測한 氣道抵抗과 이에 관련된 여러 지표들의 성적은 患者群과 對照群 사이에 유의한 차이가 없었으며, 이러한 성적은 저자들이 努力性呼氣量曲線 및 最大呼氣流量曲線에서 구한 氣流速度를 반영하는 여러 지표들의 성적과도 일치하며, 高血壓性心臟病에서는 大氣道の 기능장애가 거의 없음을 시사한다¹⁵⁾. 또한 高血壓性心臟病 환자에서의 이러한 성적은 저자들의 교실에서 韓등¹⁵⁾이 같은 정도의 활동제한을 가지는 僧帽瓣狹窄症에서 大氣道 및 細小氣道 양자의 폐색이 있었다는 성적과는 매우 대조적이며, 양질환군 사이의 換氣力學의 이러한 차이는 心不全에 의한 활동제한의 정도가 비등한 예에서도 僧帽瓣狹窄症에서는 高血壓性心臟病에서보다 더 심한 肺循環障礙가 있음을 반영하는 것으로 생각된다.

要 約

高血壓性心臟病 환자의 換氣機能을 大氣道와 細小氣道 기능으로 나누어 관찰하기 위하여, 경도 내지

증등도의 心不全을 가진 환자 86례에서 그린 努力性呼氣量曲線 및 最大呼氣流量曲線에서 여러 呼氣流速度指標을 계측하고, 또한 각각 57례 및 11례에서는 單回呼吸室素法 및 體容積變動記錄器로 closing volume(CV) 및 氣道抵抗과 이에 관련된 지표들을 측정하여 그 성적을 각각 같은 예수의 성별, 연령 및 신장이 비등한 건강인에서의 그들과 비교 검토하였다.

患者群에서는 여러 呼氣流速度指標 가운데 努力性肺活量の 1秒率을 제외한 나머지 지표 모두와 努力性肺活量이 對照群에 비해서 유의하게 감소되어 있었다. 그러나 肺活量の 1秒率을 제외한 나머지 呼氣流速度指標의 計測値는 努力性肺活量으로 容量矯正을 하면, 最高呼氣流速度 및 努力性肺活量の 75% 수준에서의 最大呼氣流速度는 양군 사이에 유의한 차이가 없게 되었는데 반하여, 努力性肺活量の 50% 및 25% 수준에서의 最大呼氣流速度는 비록 患者群과 對照群 사이의 차이가 약간 적어지기는 하였으나 患者群에서 여전히 유의하게 낮았다. 氣道抵抗과 이에 관련된 지표들은 양군 사이에 큰 차이가 없었으나 CV 및 그것의 肺活量에 대한 비는 患者群에서 현저히 증가되어 있었다. 이러한 성적으로 보아, 左心不全을 일으킨 高血壓性心臟病患者에서는 制限性換氣障礙와 더불어 細小氣道の 폐색이 있으며 大氣道の 폐색은 거의 없는 것으로 생각된다.

References

- Plotz M : *Bronchial spasm in cardiac asthma.* *Ann Int Med* 26 : 521, 1947
- Pearbody FW : *Clinical studies on the respiration. III. A mechanical factor in the production of dyspnea in patients with cardiac disease.* *Arch Int Med* 20 : 433, 1917
- Collins JV, Clark TJH, McHardy-Young S : *Small airway closure in left heart failure.* *Thorax* 27 : 260, 1972
- Wood TE, McLeod P, Anthonisen NR, Macklem PT : *Mechanics of breathing in mitral stenosis.* *Am Rev Resp Dis* 104 : 52, 1971
- Morpurgo M : *The small airways in mitral stenosis.* *Min Cardioang* 25 : 399, 1977
- Collins JV, Clark TJH, Brwon DJ : *Airway function in healthy subjects and patients with left heart disease.* *Clin Sci Mol Med* 49 : 217, 1975
- Wilhelmsen L : *Lung mechanics in rheumatic valvular disease.* *Acta Med Scand(Supplement 489)*, 1968
- Hales CA and Kazemi H : *Pulmonary function after uncomplicated myocardial infarction.* *Chest* 72 : 350, 1977
- Hales CA, Kazemi H : *Small airways function in myocardial infarction.* *New Engl J Med* 290 : 761, 1974
- Al Bazzaz FJ, Kazemi H : *Arterial hypoxemia and distribution of pulmonary perfusion after uncomplicated myocardial infarction.* *Am Rev Resp Dis* 106 : 721, 1972
- Gray BA, Hyde RW, Hodges M, Yu PN : *Alterations in lung volume and pulmonary function in relation to hemodynamic changes in acute myocardial infarction.* *Circulation* 59 : 551, 1979
- 吳相鎭 : 心臟瓣膜症의 肺臟機能에 관한 研究, 第1編 換氣性機能. 大韓內科學會雜誌 5 : 649, 1962
- 朴熙明 : 心不全症의 肺機能에 관한 研究, 第1編 臨床的 研究. 大韓內科學會雜誌 7 : 197, 1964
- 姜 班 · 姜百鉉 · 鄭鎬文 · 李賢雨 · 朴熙明 : 僧帽瓣膜症, 氣管支喘息 및 肺氣腫의 肺機能에 관한 研究補遺. 大韓內科學會雜誌 12 : 923, 1969
- 韓京勳 · 朴熙明 : 僧帽瓣膜症의 換氣力學. 大韓醫學協會誌 26 : 833, 1983
- 郭奎植 · 朴熙明 : 僧帽瓣膜症患者의 肺容量 및 肺胞呼吸性 機能. 순환기 17 : 761, 1987
- Nomenclature and criteria for diagnosis of disease of the heart and blood vessels. *New York Heart Association, 6th ed* 1964
- 趙東圭 · 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
- 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
- 李重基 · 丁泰勳 · 朴熙明 : 非吸煙 男女의 clo-

- ing volume의 推定正常値에 關한 研究. 大韓內科學會雜誌 24 : 641, 1981
- 21) Anthonisen NR, Danson J, Robertson PC, Ross WRD : *Airway closure as a function of age. Resp Physiol* 8 : 58, 1969
 - 22) 鄭滿洪 · 丁泰勳 · 朴熙明 : 男子吸煙者의 換氣機能檢査成績의 豫測值. 大韓醫學協會誌 29 : 515, 1986
 - 23) Grossmam GD : *Pulmonary function in heart disease, In : Hurst, JW ed, The Heart pp520, New York. McGraw Hill Book Company, 1978*
 - 24) Heyer HE : *Abnormalities of the respiratory pattern in patients with cardiac dyspnea. Am Heart J* 32 : 457, 1946
 - 25) Cosby RS, Stowell ECJr, Hartwig WR, Mayo M : *Pulmonary function in left ventricular failure including cardiac asthma. Circulation* 15 : 492, 1957
 - 26) Frank NR, Lyons HA, Siebens AA, Nealon TF : *Pulmonary compliance in patients with cardiac disease. Am J Med* 22 : 516, 1957
 - 27) Troyer AD, Estenne M, Yernault JC : *Disturbance of respiratory muscle function in patients with mitral valve disease. Am J Med* 69 : 867, 1980
 - 28) Bates DV, Macklem PT and Christie RV : *Respiratory function in disease. Chapter 15. Pulmonary function in heart disease and in pulmonary hypertension. Philadelphia, WB Saunders Company. 1971*
 - 29) 加堂哲治 · 松田洋三 · 福崎 恒 : 心疾患患者の肺機能評價における Flow-volume曲線の意義. 日胸疾會誌 18 : 311, 1980
 - 30) Wilhelsen L, Varnauskis E : *Effects of acute plasma expansion on the mechanics of breathing. Clin Sci* 33 : 29, 1967
 - 31) Giuntini C, Maseri A, Bianchi R : *Pulmonary vascular distensibility and lung compliance as modified by dextran infusion and subsequent atropine injection in normal subjects. J Clin Invest* 45 : 1770, 1966
 - 32) Zapletal A, Motoyama EK, Van de Westijne KP, Hunt VR, Bouhuys A : *Maximum expiratory flow volume curves and airway conductance in children and adolescents. J Appl Physiol* 26 : 308, 1969
 - 33) Green M, Mead J, Turner JM : *Variability of maximum expiratory flow volume curves. J Appl Physiol* 37 : 67, 1974
 - 34) Knudson RJ, Slatin RC, Lebowitz MD, Burrows B : *The maximal expiratory flow volume curve. Normal standards variability and effect of age. Am Rev Resp Dis* 113 : 587, 1976
 - 35) Black LF, Offord K, Hyatt RE : *Variability in the maximal expiratory flow volume curve in a symptomatic smokers and in nonsmokers. Am Rev Resp Dis* 110 : 282, 1974
 - 36) Jayamanne DS, Epstein H, Goldring RM : *The influence of lung volume on expiratory flow rates in diffuse interstitial lung disease. Am J Med Scien* 275 : 329, 1978
 - 37) 尹德求 · 丁泰勳 · 朴熙明 : 肺結核患者의 換氣力學. 결핵 및 호흡기질환 33 : 216, 1986
 - 38) 李相彩 · 鄭俊謨 : 肝硬變症의 換氣力學. 대한의학협회지 27 : 451, 1984
 - 39) McCarthy DS, Spencer R, Greene R, Milic-Emili J : *Measurement of "closing volume" as a simple and sensitive test for early detection of small airway disease. Am J Med* 52 : 747, 1972
 - 40) Dollfus RE, Milic-Emili J, Bates DV : *Regional ventilation of the lung studied with boluses of 133-Xenon. Resp Physiol* 2 : 234, 1967
 - 41) Holland J, Milic-Emili J, Macklem PT, Bates DV : *Regional distribution of pulmonary ventilation and perfusion in elderly subjects. J Clin Invest* 47 : 81, 1968
 - 42) Iliff LD, Greene RE, Hughes JMB : *Effect of interstitial edema on distribution of ventilation and perfusion in isolated lung. J Appl Physiol* 33 : 462, 1972
 - 43) Hogg JC, Agarawal JB, Gardiner AJS, Palmer WH, Macklem PT : *Distribution of airway resistance with developing pulmonary edema in dogs. J Appl Physiol* 32 : 20, 1972
 - 44) Lemen R, Jones JG, Graf PD, Cowan G : *"Closing volume" changes in alloxan-induced pulmonary*

- nary edema in anesthetized dogs. *J Appl Physiol* 39 : 235, 1975
- 45) Muir AL, Flenley DC, Kirby BJ, Sudlow MF, Guyatt AR, Brash HM : *Cardiorespiratory effects of rapid saline infusion in normal man. J Appl Physiol* 38 : 786, 1975
- 46) Sharp JT, Griffith GT, Bunnell IL, Greene DG : *Ventilatory mechanics in pulmonary edema in man. J Clin Invest* 37 : 111, 1958
- 47) Sharp JT, Bunnell IL, Griffith GT, Greene DG : *The effect of therapy on pulmonary mechanics in human pulmonary edema. J Clin Invest* 40 : 665, 1961