各種 肺疾患에서의 最大呼氣流量容積曲線の 形態分析

仁濟醫科大學 附屬 白病院 內科學教室

南 松 鉉·朴 賢 夏·金 禮 會

서울대학교 醫科大學 內科學教室

韓成九·金禮元·金建烈·韓鏞徹

= Abstract =

Shape Analysis of the Maximal Expiratory Flow Volume Curve Among the Patients with Various Kind of Pulmonary Diseases

Song Hyun Nam, M.D., Hyun Ha Park, M.D., Re Hwe Kim, M.D.

Department of Internal Medicine, Paik Hospital, Inje Medical College

Sung Koo Han, M.D., Ye Won Kim, M.D., Keun Youl Kim, M.D., Yong Chol Han, M.D.

Department of Internal Medicine, College of Medicine, Seoul National University

The analysis of the shape of the maximal expiratory flow volume curve was done among the patient with 20 normal group, 10 chronic obstructive pulmonary disease group, 10 restrictive lung disease group and 3 extra-thoracic large airway obstruction group. The results were as follow.

1) Normal group, COPD group, restrictive lung disease group and extra-thoracic large airway obstruction group showed characteristic configuration of the maximal expiratory flow volume curve, respectively.

2) COPD group showed small PF and FVC, and the configuration of the curve showed rapid reduction of flow rate after PF and deep inflexion to the volume axis.

3) In restrictive lung disease group, the configuration of the curve was similar to normal group and different only in scale of the parameters.

4) In the extra-thoracic airway obstruction group, the configuration of the curve showed prolonged plateau after PF and short ascent segment and lower descent segment.

緒 論

1940年代以後의 肺機能檢査方法은 肺活量을 呼氣時間에 따라 表示한 努力性呼氣曲線(forced expiratory spiogram)이었고 여기서 算出된 1秒時努力性呼氣量(FEV 1.0)과 中間呼出量(mid-expiratory flow rate)을 比較檢査하는 것이 널리 利用된 方法이었다. 그후 Dayman¹⁾은 1951년에 肺의 彈性反跳(elastic recoil)가 肺容積에 따라 變한다는 事實을 發表하였고 1954年 Fry는²⁾ 肺容積이 일정할때는 肺內壓力에 따라 呼氣流

速度가 증가하고 어느범위 以上이 되면 氣流速度는 自家調節을 받는다고 하여 肺內壓力과 呼氣流速度와의 關係가 중요하다고 記述하였다. 後 Hyatt 등은^{3~5)} 壓力을 측정하지 않아도 肺容積과 氣流速度의 關係만으로도 肺機能을 檢査하는데 필요한 parameter를 많이 얻을 수 있다고 하였고 Branscom⁶⁾은 1962년에 最大呼氣流量容積曲線이 肺疾患의 疫學的 조사에 널리 利用될 수 있는 方法이라고 발표한 바 있다. 그以後에도 最大呼氣流量容積曲線(maximal expiratory flow volume curve)의 臨床的 應用에 對해서는 많은 研究가 報告되어 왔고^{7~11)} 특히 Miller 및 Hyatt¹²⁾에 依해서 胸廓外

閉鎖性氣道疾患(extra-thoracic obstructive airway disease)에 있어서 診斷的價値가 있음이 報告된 後 그 有用性은 더욱 커지게 되었다. 그리고 最大呼氣流量容積曲線의 力動學的面과 影響因子等에 對해서는 1960年代에 Mcklem이나 Fraser^{15~19)}等이 報告하였고 正常値算出을 위한 回歸方程式과 正常値에 對한 研究은 1970年代에 進行되었다^{13,14)}.

우리나라에서도 몇몇 病院에서는 最大呼氣流量容積曲線을 肺機能檢査에 利用하고 있어 生소한 檢査는 아니나 曲線의 形態分析에 對해서는 아직 보고된 바 없어 著者들은 各種肺疾患에서의 形態分析을 試圖하여 문헌고찰과 함께 報告하고자 한다.

研究對象 및 方法

檢査對象者는 1980年 4월부터 1980年 10월까지 6個月 동안 서울大學校病院 및 仁濟醫科大學附屬白病院에 入院했던 患者를 對象으로 했다(表 1). 最大呼氣流量容積曲線의 形態分析比較는 正常群, 慢性閉鎖性肺疾患群, 制限性肺疾患群, 胸廓外氣道閉鎖疾患群等 4個疾患群으로 分類하여 比較하였다. 여기에 各群의 여러 基準尺度(parameter)도 제시하였는데 그 平均 및 표준편차는 表 2와 같다.

檢査方法은 美國 Hewlett-Packard 社製品인 Pulmo-

nary Calculator System, Model-47804-A 를 사용했고 分析對象으로 選擇된 最大呼氣流量容積曲線을 求하는 方法은 여러 著者의 發表에서 이미 나와 있듯이¹⁴⁾ 每對象者當 3回以上の 最大呼氣流量容積曲線을 求하였고 그중 FVC와 FEV_{1.0}의 合計가 가장 크게 나온 曲線을 分析對象으로 했다. 또 曲線의 形態分析은 다음과 같이 Gazioglu等²⁶⁾에 依한 四分節의 區分 分析法을 利用하였다(제 1도).

① 上向分節(sharp ascent segment) (o~a) 最高呼氣流點까지의 流速加速分節

제 1도. 정상 최대호기류량 용적곡선

1. o—a: 상향분절
2. a—b: 상부 하향분절
3. b—c: 중간 하향분절
4. c—d: 하부 하향분절

표 1. 조사대상자의 분포

환자수, 평균 연령	정 상 군	만성폐쇄성 폐질환	제한성 폐질환	흉곽의 기도 폐쇄증
환 자 수	20	10	10	3
평 균 연 령*	37±1	59±9	35±8	54±20
체 표 면 적*	1.65±0.16	1.50±0.12	1.29±0.12	1.47±0.25

* 평균±표준편차

표 2. 각종 폐질환군의 폐기능

Parameter	정 상 군	만성 폐쇄성 폐질환	제한성 폐질환	흉곽의 기도 폐쇄증
	20	10	10	3
FVC(%)*	105.6±17.5	56.1±13.1**	60.7±10.9	90.8±13.9
FEV _{1.0} /FVC (%)	82.3±6.3	45.0±18.5**	89.6±7.7	47.6±7.7**
PF(%)*	106.8±30.4	27.6±14.1***	65.4±12.0	29.9±14.8***
PF/FVC (%)	102±25	49±21	111±26	33±18

* Percent predicted

** p<0.01

*** p<0.001

- ② 上部下向分節(upper descent segment) (a~b) 最高呼氣流速以後의 급격한流速의 減少分節
- ③ 中間下向分節(intermediate descent segment) (b~c) 中等度の 呼氣流速의 減少分節
- ④ 下部下向分節(lower descent segment) (c~d) 努力性呼氣流가 완전히 끝날때까지의 最終分節.

Table 3. Abbreviations

FVC : Forced vital capacity
FEV 1.0 : Forced expiratory volume in one second
PF : Peak flow
MEF 50% : Maximal expiratory flow at 50% of vital capacity
COPD: Chronic obstructive pulmonary disease

제 2 도. 정상군

제 4 도. 만성 폐쇄성 폐질환군

그리고 以下 사용되는 검사 parameters 의 略字는 表 3에 제시하였다. Parameter 比較의 통계처리는 student t-test 를 이용하였다.

成 績

檢査對象의 各群별로 얻어진 最大呼氣流量容積曲線의 形態上 특징은 第2~8圖에 題示된 바와 같고 $\times \times \times$ 線으로 表示된 正常豫測 曲線 혹은 正常群에서 나타난 曲線과 比較해 볼때 一見해서 識別할 수 있는 특징적인 形態上的 變化를 나타내고 있다.

正常群은 第 2, 3圖에서 보는바와 같이 正常豫測曲線과 類似한 肺活量 및 最高氣流를 나타내고 있으며(表 2) 最高氣流點까지의 上向分節은 正常豫測曲線과 같은 모양과 기울기 및 크기로 나타났고 最高氣流點에서 殘留容積點까지의 下向分節도 正常豫測曲線과 거의

제 3 도. 정상군

제 5 도. 만성 폐쇄성 폐질환군

제 6 도. 제한성 폐질환군

제 7 도. 흉곽의 기도폐쇄질환(갑상선암)

제 8 도. 흉곽의 기도폐쇄질환(기관내결핵)

같은 크기와 기울기로 진행이 되어 서로 平行한 直線을 形成하고 있다. 그러므로 下向分節에서 容積減少에 따라 流速 減少의 差異가 있을때 나타나는 Gazioglu의 三分割은 뚜렷하지 않고 容積軸에 對한 陷沒도 보이지 않는다.

慢性閉鎖性肺疾患群은 第 4, 5圖에서 보는바와 같이 正常豫測曲線에 比해 最高氣流點 및 肺活量이 현저히 減少되어 있으며 ($p < 0.001$) (表 2) 最高氣流點까지의 上向分節은 正常豫測曲線에 比해 氣流速率軸으로 移動되어 있고 最高氣流點以後의 下向分節은 上部下向分節에서 急激한 流速의 減少가 나타나 上部下向分節이 짧으며 下向分節은 正常豫測曲線보다 容積軸에 對한 彎曲度가 증가되어 있으며 急激한 氣流速率의 減少가 있을수록 容積軸에 對한 陷沒이 증가된다(第 5 圖). 또 閉鎖性肺疾患이 甚해질수록 下向分節 全體길이에서 中間 및 下部下向分節이 차지하는 比率는 증가되어 있으며 最大呼氣流量容積曲線과 容積軸사이의 面積은 減少하는 傾向을 보이고 있다.

制限性肺疾患群은 第 6 圖에서 보는 바와 같이 正常豫測曲線에 比해 最高氣流點과 肺活量이 현저히 減少되어 있는 것은 慢性閉鎖性肺疾患群과 같은 것이나(表 2) 最高氣流點과 肺活量の 減少率이 비슷하여 最高氣流點까지의 上向分節 및 最高氣流點以後의 下向分節의 기울기는 正常群과 거의 같으며 容積軸에 對한 陷沒도 없어 全體의인 曲線의 모양은 正常豫測曲線을 그대로 縮小시킨 形態를 보여주고 있다.

胸廓外氣道閉鎖性肺疾患群은 第 7, 8圖에서 볼 수 있듯이 正常豫測曲線에 比해 最高氣流點은 현저히 減少되어 있어 ($p < 0.001$) 慢性閉鎖性肺疾患과 가깝구나 肺活量은

正常범위이다. 또 $FEV_{1.0}/FVC$ 나 PF/FVC 도 正常群과는 현저한 차이가 있으나 慢性閉鎖性 肺疾患群과는 비슷하다(表 2).

曲線의 形態를 보면 最高氣流點까지의 上向分節은 매우 짧으며 最高氣流點以後의 下向分節은 上部下向分節(a~b)이 거의 대부분을 차지하고 있고 이 分節의 기울기는 容積軸과 거의 비슷한 水平을 나타내는 plateau를 形成하고 있다. 下部下向分節은 매우 짧고 全體의 下向分節의 모양에서 容積軸에 對한 陷沒은 없다.

考 按

從來 사용되어온 容積-時間에 대한 肺機能檢査方法은 近來에 많이 利用하게 된 氣流-容積에 대한 肺機能檢査方法인 最大呼氣流量容積曲線에 比하여 氣道疾患에 對한 銳敏도가 크게 떨어지는 것으로 알려져 있다^{1,2,5}. 즉 各呼吸주기에 따른 呼吸氣流量을 檢査하는 氣流量容積曲線은 檢査 自體의 再現성이 좋고 努力非依存性 分節인 高肺容積(high lung volume)以後의 部分의 氣流量을 측정할 수 있다는 長點이 있어 細氣管枝閉鎖의 索出에도 利用되고 있다.

最大呼氣流量容積曲線의 分析에는 많은 종류의 指標가 報告되고 있는데^{13,14,19~21} Kundson은 1976년에 正常回歸公式와 正常豫測值를 發表했고, 이 公式에 依한 기대치가 現在 많이 適用되고 있다¹⁴.

그러나 各種 指標(parameters)를 주축으로 氣流量容積曲線(flow-volume curve)을 分析表現하기 앞서 最大呼氣流量容積曲線은 各種 肺疾患에 따라 서로 다른 特長적인 모양을 하고 있어 一見해서 區別이 可能한 形態分析은 곧 肺疾患의 진단에 도움이 된다고 보겠다^{28,30,31}.

本 研究에서는 肺疾患의 各群에서 比較적 特徵적으로 區別되는 모양을 보여주고 있지만 여기서도 問題點은 있었다. 즉 再現성의 問題인데 對象者가 最大吸入을 한 後 開口器(mouth piece)를 입에 물고 最大努力性 呼氣排出을 하거나 呼氣排出이 끝난 뒤 다시 最大吸入 할 때 開口器를 입에 무는 방법과 時間이 익숙치 못할 때 再現성이 줄어들었다. 그러므로 檢査施行者는 對象者에 대한 주의깊은 說明이 要求되었다. 本 研究에서 吸氣流量容積曲線의 分析이 같이 이루어지지 못한 點도 이러한 이유때문에 檢査對象자들이 吸氣流量容積曲線을 거의 대부분 적절히 만들지 못했다고 생각되었기 때문이다. 그리고 또한 分析對象이 되는 曲線의 選擇에 問題가 있었다. 本 研究에서는 最大呼氣排出을 3회以上

施行하여 만들어진 最大呼氣流量容積曲線 중에서 $FVC+FEV_{1.0}$ 가 제일 큰 曲線을 分析對象으로 선택했다는 것은 이미 記述한 바 있는데 對象者가 吸入 및 呼氣排出을 제대로 하지 못한 경우에는 비록 $FVC+FEV_{1.0}$ 이 제일 크지는 않지만 再現성이 있었던 나머지 曲線에서와는 달리 最高氣流點 以後에 plateau가 나타난다든지 低肺容積에서 容積軸에 對한 陷沒이 나타나는 경우가 가끔 있기 때문에 $FVC+FEV_{1.0}$ 이 제일 큰것을 선택 기준으로 하는것 말고도 曲線의 再現성이 있는지가 추가되어야 할 것으로 생각된다.

曲線의 形態分析을 全體의으로 볼 때 各群사이의 曲線의 區別點은 주로 最高氣流點以後의 分節 즉 下向分節임을 알 수 있다. 그러므로 下向分節에서의 氣流速度가 形態區別點의 關鍵이 되겠다^{15~18}. Hyatt 나 Dayman^{1,32}에 의하면 氣流速度를 決定하는 因子는 肺彈性反跳 및 氣道抵抗이다. Mead는¹⁷ 여기에 高肺容積時의 等壓點(equal pressure point)때의 氣道橫面積도 중요하다고 보고했는데 肺活量の 初期 20~30%가 지나면 呼氣流는 呼吸筋力 즉 努力에 非依存的이 되는데 이때 等壓點의 위치가 氣道の 어딘가 되느냐에 따라 氣流速度도 변한다고 볼 수 있기 때문일 것이다.

正常群에서 第 2,3圖에서 보듯이 最高氣流點以後의 下向分節이 正常豫測曲線과 平行하게 一直線으로 進行된다는 것은 容積減少에 따라 氣流速度의 減少가 一定하다는 것을 나타낸다. 이러한 一定한 氣流速度의 減少는 制限性肺疾患(第 6圖)에서도 마찬가지로 制限性肺疾患의 病因이 氣道の 病變에 있지 않고 肺組織의 compliance가 減少하기 때문이라고 解釋하면 쉽게 理解할 수 있다.

慢性閉鎖性肺疾患群(第 4,5圖)에서 最高氣流點以後의 下向分節에서 급격한 氣流의 減少와 함께 容積軸으로의 陷沒이 생기는 것은 容積減少에 따른 氣流速度의 減少가 正常群보다 甚하기 때문인데 그 病因은 많은 著者가 報告했듯이 肺彈性反跳의 不可逆의 變化때문이라고 생각할 수 있다^{11,13,23~25}. 그러나 Jayamanne²⁸은 반드시 肺彈性反跳의 減少뿐만은 아니고 그 외에도 氣道抵抗이 더 問題되리라 했는데 앞으로 규명되어야 할 問題일 것이다. 이때 Lord는²⁷ 病變의 程度와 氣流速度의 減少程度는 비례한다고 했는데 第 4,5圖 및 正常群의 第 2,3圖를 보면 수궁이 가는 일이다.

胸廓外氣道閉鎖性肺疾患群에서는(第 7,8圖)最高氣流點以後의 下向分節은 呼氣流가 거의 끝날때까지 plateau를 이루고 있는데 이것은 最高氣流點以後 容積減少에 관계없이 氣流速度의 減少는 없다는 것을 나타내고 있고

따라서 氣道閉鎖가 胸廓外에 있으면 그것이 胸廓內에 있을 경우와는 달리 容積減少에 따른 氣流速度的 減少가 없다는 것을 알 수 있다. 한편 Miller 등은¹²⁾ 吸氣流量容積曲線도 上氣道 閉鎖疾患檢査에 도움이 된다고 했다. 즉 氣管狹窄과 같은 固定的 胸廓外氣道閉鎖가 있으면 呼氣流나 吸氣流에 같은 程度の 氣流制限이 나타나고 聲帶마비와 같은 可變的 胸廓外 氣道閉鎖가 있으면 吸氣流曲線에서만 氣流制限이 나타난다. 또 可變的 胸廓內 氣道閉鎖가 있으면 吸氣流曲線보다 呼氣流曲線の 制限이 더 심하게 나타나기 때문에 氣道疾患에 있어 閉鎖場所의 診斷에 도움을 줄 수 있다는 것이다. 本研究에서는 앞에 기술한 이유때문에 吸氣流量容積曲線의 分析은 試圖하지 않았다.

結 論

各種 肺疾患群에 있어서 最大呼氣流量容積曲線을 分析하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

① 最大呼氣流量容積曲線의 形態分析에서 正常群, 慢性閉鎖性肺疾患群, 制限性肺疾患群, 胸廓外氣道閉鎖疾患群의 各群에서 各々 특징적인 形態를 보였다.

② 慢性閉鎖性肺疾患群에서의 曲線의 形態는 正常群에 비해 最高氣流點 및 肺活量이 현저히 적고 最高氣流點 以後 急激한 流速減少의 下向分節이 나타나 容積軸에 對한 陷沒이 뚜렷하다.

③ 制限性肺疾患群에서의 最大 呼氣流量容積曲線의 形態는 最高氣流點 및 肺活량은 正常群보다 현저히 적지만 전체적인 曲線의 모양 즉 上向分節 및 下向分節의 기울기는 正常群과 같았고 따라서 容積軸에 대한 陷沒도 없다.

④ 胸廓外氣道閉鎖疾患群에서는 最高氣流點은 正常群보다 현저히 적었으나 肺活량은 正常群과 같았고 最高氣流點以後의 下向分節은 plateau 를 나타낸다.

REFERENCES

- 1) Dayman, H.: *Mechanics of airflow in health and in emphysema*. *Am J Med* **30**:1175, 1951
- 2) Fry, D.L., Ebert RV, Stead WW and Brown CC: *The mechanics of pulmonary ventilation in normal subjects and in patients with emphysema*. *Am J Med* **16**:80 1954
- 3) Hyatt, R.E.: *The interrelationships of pressure, flow and volume during various respiratory maneuvers in normal and emphysematous subjects*. *Amer Rev Resp Dis* **83**:676, 1961
- 4) Hyatt, R.E, Schilder DP and Fry DL: *Relationship between maximum expiratory flow and degree of lung inflation*. *J Appl Physiol* **13**:331, 1958
- 5) Fry, D.L. and Hyatt, R.E.: *Pulmonary mechanics: Volumes and gas-flow in the lungs of normal and diseased human subjects*. *Am J Med* **29**:672, 1960
- 6) Branscomb, B.: *The application of the respiratory flow volume loop in epidemiologic surveys*. *Amer Rev Resp Dis* **86**:697, 1962
- 7) Lapp, L.L. and Hyatt, R.E.: *Some factors affecting the relationship of maximal expiratory flow to lung volume in health and disease*. *Dis Chest* **51**:475, 1967
- 8) Hogg, J.C. Macklem, P.T. and Thurlbeck, W.M.: *Site and nature of airways obstruction in chronic obstructive lung disease*. *N Engl J Med* **278**:1355, 1968
- 9) Olive, J.T. Jr and Hyatt, R.E.: *Maximal expiratory flow and total respiratory resistance during induced bronchoconstriction in asthmatic subjects*. *Amer Rev Resp Dis* **106**:366, 1972
- 10) Jordanoglou, J. and Pride, N.B.: *A comparison of maximum inspiratory and expiratory flow in health and in lung disease*. *Thorax* **23**:38, 1968
- 11) Gelb, A.F. Gold, W.M. Wright, R.R. Bruch, H.R. and Nadel, J.A.: *Physiologic diagnosis of subclinical emphysema*. *Amer Rev Resp Dis* **107**:51, 1973
- 12) Miller, R.D. and Hyatt, R.E.: *Evaluation of obstructing lesions of the trachea and larynx by flow-volume loops*. *Amer Rev Resp Dis* **108**:475, 1973
- 13) Bass, H.: *The flow volume loop: Normal standards and abnormalities in chronic obstructive pulmonary disease*. *Chest* **63**:171, 1973
- 14) Knudson, R.J. Slatin, R.C. Lebowitz, M.D. and Burrows, B.: *The maximal expiratory flow-volume curve: Normal standards, variability and effects of age*. *Amer Rev Resp Dis* **113**:587, 1976

- 15) Macklem, P.T, Fraser RG and Bates DV: *Bronchial pressures and dimensions in health and obstructive airway disease. J Appl Physiol* 18: 699, 1963
- 16) Macklem, PT, Fraser RG and Brown WG: *Bronchial pressure measurements in emphysema and bronchitis. J Clin Invest* 44:897, 1965
- 17) Mead, J, Turner JM, Macklem PT and Little JB: *Significance of the relationship between lung recoil and maximum expiratory flow. J Appl Physiol* 22:95, 1967
- 18) Macklem, PT and Mead J: *Factors determining maximum expiratory flow in dogs. J Appl Physiol* 25:159, 1968
- 19) Schilder, DP, Roberts A and Fry, D.L.: *Effect of gas density and viscosity on the maximal expiratory flow-volume relationship. J Clin Invest* 42:1705, 1963
- 20) Cherniak, RM and Raber MB: *Normal standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer, Amer Rev Resp Dis* 106: 38, 1972
- 21) Black, LF, Offord K and Hyatt RE: *Variability in the maximal expiratory flow volume curve in asymptomatic smokers and in non smoker. Amer Rev Resp Dis* 110:282, 1974
- 22) Knudson, RJ, Burrows B. and Lebowitz MD: *The maximal expiratory flow-volume curve. Its use in the detection of ventilatory abnormalities in a population study. Amer Rev Resp Dis* 114:871, 1976
- 23) Franklin, W and Lowell FC: *Unrecognized airway obstruction associated with smoking.: A probable forerunner of obstructive pulmonary emphysema. Ann Intern Med* 54:379, 1961
- 24) Peters, JM and Ferris BG Jr: *Smoking, pulmonary function, and respiratory symptom in a college-age group. Amer Rev Resp Dis* 95:774, 1967
- 25) Graves, CC, Menkes HA, Chase GA, Cohen BH, Diamond EL, Levy, DA, Permutt, S, and Tockman MS: *Patterns of forced expiratory flows in groups at risk for chronic obstructive pulmonary disease. Johns Hopkins Med J* 137:95, 1975
- 26) Gazioglu, K, Condemni, J, Kaltreider, NL and Yu PN: *Study of forced vital capacity and maximal expiratory flow-volume curve in obstructive lung disease. Amer Rev Resp Dis* 98:857, 1968
- 27) Lord, CP, Gazioglu K and Kaltreider NL: *The maximum expiratory flow-volume in the evaluation of patients with lung disease. Am J med* 46:72, 1969
- 28) Takishima, T, Sasaki T, Takahashi K, Sasaki H and Nakamura AT: *Direct-writing recorder of the flow-volume curve and its clinical application. Chest* 61:262, 1972
- 29) Jayamanne, DS, and McGoldring R: *Flow-volume curve contour in COP D-correlation with pulmonary mechanics. Chest* 77:6, 1980
- 30) Stout, BD, Wiener L, Donald, W. Dery, DW. and Cox JW: *Clinical application of the flow-volume loop. Dis Chest* 55:101, 1966
- 31) Hyatte, RE and Black, LF: *The flow-volume curve. A current perspective. Amer Rev Resp Dis* 107:191, 1973