□ 중 설 □

肺機能 検査의 實際

慶北大學校 醫科大學 內科學教室

丁 泰 勳

Principle of Pulmonary Function Tests

Tai Hoon Chung, M.D.

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

緒 論

肺의 가장 중요한 기능은 呼吸性 gas 교환이며 이것이 원활히 유지되려면 氣道 및 肺胞機能과 肺循環이 정상이라야만 한다. 따라서 肺機能을 평가하려면 이들 세가지 기능을 구분하여 검사하는 것이 이상적이다. 그러나 실제로는 방법상의 애로 때문에 이들 세가지 기능을 분리해서 검사할 수 없거나 혹은 간접적인 검사로 만족하는 수밖에 없는 경우도 적지 않다. 한편 肺機能検査는 다른 검사와는 달리 오늘날 임상에서 널리 이용되지 못하고 있는데, 그 중요한 이유로는 ① 検査器機나 방법의 표준화가 불충분하며, ② 성적의 정상범위가 커서 正常値와 異常値의 한계가 모호하고, ③ 검사성적이 検査器機의 성능뿐만 아니라 피검자의 협조와 노력의 정도, 그리고 검사자가 피검자의 협조와 노력을 유도해내는 숙련도에 의해서 크게 좌우되며 ④ 급성기의 환자에서는 검사를 실시하기 어렵다는 점등을 들 수 있다.

필자는 肺機能検査를 실시하고 그 성적을 평가하는 과정에 있어서 다른 검사와는 판이한 몇가지 점과 肺機能検査가운데 임상에서 널리 이용되는 換氣機能検査를 중심으로 논하고자 한다.

肺機能検査의 有用性

폐기능검사가 유용한 경우를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 호흡곤란의 기전 및 원인의 규명
- 2) 수술위험도의 예측.
- 3) 치료효과의 평가.

- 4) 肺・氣道疾患 및 呼吸不全의 조기진단, 중증도 및 예후의 판정
- 5) 眞性 혹은 二次性多血症의 감별
- 6) 肺高血壓의 원인탐색등.

肺機能検査의 基本的 事項

1. 記號, 略字 및 單位

呼吸生理學이나 肺機能検査分野에서는 여러가지 記

Table 1. Terms and Symbols Used in Respiratory Physiology

symbols	
V:	Gas volume
P:	Pressure, blood or gas
C:	Content, concentration
F:	Fractional concentration
S:	Saturation
M:	Quantity of substance
Q:	Blood flow per unit time
Q:	Blood volume
D:	Diffusion coefficient
R:	Respiratory(gas) exchange ratio
G:	Conductance
β :	Capacitance coefficient
f, fR:	Respiratory frequency
Common qualifying symbols	
Gas phase	Blood phase
I:	Inspired
E:	Expired
A:	Alveolar
T:	Tidal
D:	Dead space
B:	Barometric
g:	Gas
b:	Blood
a:	Arterial
v:	Venous
m:	Mixed venous
c:	Capillary
t:	Tissue
w:	Water

Table 2. Terms and Symbols Used in Forced Expiratory Volume and Flow Volume Curve

FVC	Forced vital capacity
FIVC	Forced inspiratory vital capacity
FEVt	Forced expiratory volume (timed)
FEVt/FVC%	Forced expiratory volume(timed) to forced vital capacity ratio, expressed as percentage.
FEF _x	Forced expiratoryflow, related to some portion of the FVC curve. Modifier refer to the amount of the FVC already exhaled when the measurement is made.
FEF 75%	Instaneous forced expiratory flow after 75% of the FVC has been exhaled.
FEF 200~1200	Instaneous forced expiratory flow between 200 ml and 1200 ml of the FVC (formerly called maximum expiratory flow rate, MEFR).
FEF 25~75%	Mean forced expiratory flow during the middle half of the FVC(formerly called the maximum mid-expiratory flow rate, MMF or MMFR).
PEF	The highest forced expiratory flow measured with a peak flow meter
$\dot{V}_{max}X$	Forced expiratory flow, related to the total lung capacity or the actual volume of the lung at which the measurement is made.
MVV _x	Maximal voluntary ventilation, the respiratory frequency is indicated by a numerical qualifier.(formerly called maximal breathing capacity, MBC).
EFT _x	Forced expiratory time for a specified portion of the FVC
FIF _x	Forced inspiratory flow

All values are expressed as BTPS

*Pulmonary function tests.

Fig. 1. Sequence of steps in pulmonary function testing.

號를 많이 쓰는데 각 연구소나 검사실마다 서로 다르게 표기하는 경우가 많아 혼동과 불편이 있다. 우리나라에서는 아직 이에 관한 기준이 없으므로 부득이 ACCP (American College of Chest Physicians)와 ATS (American Thoracic Society)의 합동위원회에서 제정하여 권장하는 略字 및 記號¹⁾를 그대로 사용하는 것이 바람직할 것 같다. 肺機能檢査에서 흔히 사용되는 記號와 努力性呼吸曲線 및 最大呼吸流量曲線분석에 사용되는 記號를 열거하면 Table 1 및 Table 2와 같다.

성적을 표시하는 單位는 物理學界 및 化學界에서는 국제적 통일을 시도하고 있으며 임상병리학계에서는 이

미 SI 단위를 사용하고 있으나 呼吸生理學 및 肺機能檢査分野에서는 아직도 종래의 방법을 그대로 쓰고 있다.

2. 檢査의 方法 및 成績의 評價

肺機能檢査를 실시하여 그 성적을 평가하는데는 원칙적으로 Fig. 1과 같은 단계를 거쳐야 하는데 이 과정에 있어서 다른 검사와 판이한 몇가지 점을 요약하면 다음과 같다²⁾.

1) 피검자 자신의 검사에 대한 협조여부가 성적을 크게 좌우한다.

2) 검사에서 나타나는 氣體量(보통은 ATPS 상태의

Table 3. 기체 상태의 표현

	온도	기압	수증기
ATPS	실내온도	대기압	포화
BTPS	37°C	대기압	포화
STPD	0°C	1기압	건조

ATPS=Ambient temperature and pressure, saturated with water vapor

BTPS=Body temperature, ambient pressure and saturated with water vapor

STPD=Standard temperature and pressure, dry

空氣量)는 일정한 氣體상태로 환산해야 한다(Table 3 참조). 예를 들면 肺活량을 비롯한 여러가지 肺容量은 BTPS로 O₂ 및 CO₂는 STPD로 표시한다.

3) 환자에서 얻은 성적은 건강인에서 구한 추정정상치와 비교해서 평가해야만 하는데 추정정상치를 구하는 회귀방정식은 연령과 성별, 그리고 신장, 체중 등에 따라 다르다. 여기에서 흡연자를 건강인으로 취급할 것 인지의 여부에 대해서는 명확하지 않으나 흡연자와 비흡연자 사이에 폐기능에 차이가 있는 것은 명확한 사실이다. 그러므로 이들 두군은 분리해서 각각의 추정정상치를 구하는 것이 바람직하다 하겠다. 또한 여러 가지 폐기능검사성적은 민족이나 종족에 따라³⁾, 그리고 같은 종족이라도 거주하는 지역에 따라⁴⁾ 서로 차이가 있다. 이러한 사실로 보아 추정정상치를 산출하는 회귀방정식은 각 검사실마다 고유한 것을 갖는 것이 바람직하다 하겠다. 한편 환자에서 얻어진 성적의 정상 또는 이상의 판단에는 정상범위의 설정이 문제가 되는데 일반적으로 정상인의 平均値±2 標準偏差 혹은 平均値±20% 또는 95%의 신뢰구간을 기준으로 하여 平均値±1.65 標準誤差의 범위를 이탈하는 경우를 이상치로 간주한다^{5,6)}. 여기에서 平均値±1.65 標準偏差를 정상범위로 잡는 이유는 검사의 종류에 따라 그 성적이 정상범위를 이탈해도 적은것만이 문제가 되고 큰 것은 문제가 안되는것도 있고 또한 반대인 것이 있기 때문이다. 예를 들면 肺活량은 큰 것은 문제가 안되나 closing volume(CV)은 큰 것이 문제가 된다.

4) 성적의 變異性이 크기 때문에 이것을 최대한으로 줄이도록 해야 한다⁷⁾. 예를 들면 肺活量, 努力性 肺活量 및 氣流速度 등의 검사는 검사를 몇 번 반복 실시하여 그 가운데서 가장 큰 수치를 나타내는 것을, 그리고 CV, 等氣流容量(volume of isoflow) 등은 그려진 몇 개의 곡선에서 얻은 성적을 평균하는 것이 통례이다. 또한 肺容量의 크기에 따라 그 성적에 차이가

있는 소위 容量依存性인 검사(예: 呼氣流速度, CV 등)의 성적은 肺容量으로 교정하므로써⁸⁾ 더욱 정확한 평가를 할 수 있다.

肺(換氣)機能檢査에 대한 考察

肺機能檢査는 질환에 따라 그 질환의 평가에 도움이 되는 적절한 검사를 택해서 실시하는 것이 바람직하다. 또한 肺機能檢査는 呼吸器疾患 환자에서 주로 생리학 적 진단에 대한 정보를 제공하므로써 간접적으로 해부학적 진단에 도움을 주는 것이지 해부학적 진단 자체에 대한 직접적인 정보를 제공하지는 않는다는 것도 잘 알려진 사실이다. 일반 肺機能檢査室에서 흔히 사용되는 換氣機能檢査 가운데서 비교적 많은 정보를 얻을 수 있고 또한 근래에 관심이 높아지고 있는 細小氣道 기능도 반영되는 검사인 肺氣量測定(spirometry), 氣流量曲線(flow volume curve) 및 單回呼吸窒素洗滌曲線(single breath nitrogen washout curve) 분석에 따르는 몇 가지 점에 대해서 고찰해 보기로 하겠다.

1. 肺氣量測定(spirometry)

肺氣量測定은 肺機能檢査 가운데서 가장 역사가 긴 검사이며 換氣障害의 類型의 감별 뿐만 아니라 肺疾患의 screening 검사로도 가장 많이 이용되고 있다. 이 방법으로는 肺活량을 비롯하여 肺容量과 그 分割, 努力性呼氣流速度 및 呼氣時間⁹⁾ 등을 측정할 수 있다(Fig. 2).

Fig. 2. Analysis of forced expiratory volume curve.

Fig. 3. Backward extrapolation method for determining zero time for calculation of forced expiratory volume, one second (FEV₁).

Fig. 4. Analysis of forced expired spirogram to obtain mean transit time(MTT) of expiration.

努力性呼氣曲線の 기록에 있어서 呼氣의 시작이 순간적으로 이루어지지 않으면 그 기시점(zero time)을 잡기가 어렵다. 이런 경우는 Fig. 3와 같이 努力性呼氣曲線の 급경사부를 연장한 선이 最大呼氣位로부터 그와 횡축과 만나는 점을 기시점으로 한다. 이때에 外挿容量(extrapolated volume)은 努力性肺活量の 10% 혹은 100 ml 이내여야 한다¹⁰⁾.

그리고 最大換氣量(MVV)은 氣道와 肺實質, 呼吸筋 및 肺胸廓系의 容壓率(compliance)등 呼吸器系의 종합적인 평가에 아직도 임상에서 흔히 이용되나 이점사는 피검자에게 많은 부담을 주기 때문에 FEV₁로 간접적으로 最大換氣量を 추정하는 경우가 많아지고 있다¹¹⁾. 또한 근년에는 여러가지 새로운 換氣機能檢査法이 개발됨에 따라 어느 검사가 換氣障害의 정도를 가

Fig. 5. Analysis of flow volume curve.

장 예민하게 반영하는가에 대해서 많은 검토가 되고 있는데 요약하면 과거부터 사용되어온 FEV₁이 가장 좋은 지표라는 것이 재확인 되는 듯하다¹²⁾.

또한 근래에 細小氣道機能에 대한 관심이 높아지면서 그에 대한 검사법이 많이 소개되었는데 肺氣量測定으로 제측할 수 있는 FEF25~75%¹³⁾나 通過時間(transit time)⁹⁾등도 細小氣道機能을 반영하는 좋은 지표가 된다고 한다. 그리고 通過時間은 Fig. 4에서와 같이 努力性呼氣曲線에서 A와 B의 면적이 같은 점까지의 시간을 平均通過時間(mean transit time, MTT)이라고 하여 이것은 大氣道 및 細小氣道의 양자의 기능을 아는데 좋다고 한다.

Spirometry에서 얻을 수 있는 제측치 가운데 중요한 것은 다음과 같다.

- 1) 容量: 肺容量과 그 分割, 그리고 FVC, FEV₁, FEV₁/FVC% 등.
- 2) 氣流速度: 最大呼氣流速度, FEF25~75%, FEF 200-1200 등.
- 3) 時間指標: FET25, 50, 75 & 25~75%, MTT 등.

2. 氣流量曲線(flow volume curve)(Fig. 5)

氣流量曲線은 呼氣량과 呼氣流速度를 동시에 기록하는 換氣機能檢査의 하나이며 곡선의 모양은 주로 肺의 탄성과 細小氣道의 저항의 영향을 받기 때문에 肺의 기계적인 특성을 잘 반영한다¹⁴⁾. 氣流量曲線의 처음부분 즉 높은 肺容量位에서 그려지는 부분은 大氣道

Fig. 6. Flow volume curves of varying degree of obstructive impairments.

및 細小氣道기능을 포함한 全氣道の 기능을 반영하나 呼出努力의 영향을 받으므로(努力依存性) 再現性이 적고 낮은 肺容量位에서 그려지는 부분은 努力非依存性이므로 再現性도 비교적 좋고 細小氣道の 기능을 잘 반영한다¹⁵⁾. 氣流量曲線의 기록은 검사방법이 간편하고 즉석에서 곡선의 모양을 볼 수 있고 또한 그 모양은 換氣障害에 대한 여러가지 정보를 제공하기 때문에 screening 검사의 하나로 널리 쓰이고 있다. 氣流量曲線으로서 얻을 수 있는 정보를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 肺容量: 一換量 및 努力性肺活量.
- 2) 曲線の 모양으로 알 수 있는 정보.
 - (1) 換氣障害의 病型 및 그 중증도¹⁶⁾.
 - (2) 大氣道와 細小氣道기능의 어느정도의 분리평가¹⁷⁾.
 - (3) 中心氣道閉塞의 부위와 그 可變性 여부¹⁸⁾.
 - (4) 환자의 검사에 대한 협조의 정도(假病者의 적발이 가능하다).
 - 3) 努力性呼氣曲線의 동시기록이 가능하다.
 - 4) 밀도가 다른 gas를 사용해서 그림으로써 等氣流容量의 측정이 가능하다¹⁹⁾.
 - 5) 部分呼氣流量曲線(partial expiratory flow volume curve, PEFV curve)²⁰⁾.

氣流量曲線에서는 氣道閉塞의 정도에 따라 특징적인 모양을 나타낸다²¹⁾. 즉 경한 氣道閉塞이 있는 경우, 특히 細小氣道障害를 동반하는 예에서는 Fig. 6의 B와 같이 呼氣曲線의 낮은 肺容量位에서 氣流의 감소가 나타나고 閉塞의 정도가 심해질수록 C와 같이 그러한 경향이 더 심해지다가 더욱 심한 예에서는 D와 같이 안정시 호흡을 하는 동안의 氣流가 努力性呼氣를

하는 동안의 낮은 肺容量位에서의 氣流보다 더 크게 나타난다.

等氣流容量 (volume of isoflow, $\text{Viso}\dot{V}$)은 呼氣流速도가 흡입한 gas 밀도의 영향을 받지않는 부분의 肺容量을 말한다. 검사 방법은 동일 피검자에서 처음에 室内 gas로 氣流量曲線을 그린후 이어서 밀도가 낮은 80%의 He와 20%의 O_2 의 혼합 gas(He- O_2 gas)를 들이 마시게 한 다음에 또다시 氣流量曲線을 그려서 이들 두개의 곡선을 Fig. 7과 같이 중첩시켜서 구한다. He- O_2 gas를 들이 마시는 방법은 最大呼氣位에서 最大吸氣位까지 들이 마시는 소위 肺活量 조작법을 사용하며 He- O_2 gas를 한번 들이 마시는 1회 폐활량법(1 VC法), 1 VC法과 같은 방법으로 3회 연속해서 흡입하여 氣流量曲線을 그리는 3회 폐활량법(3 VC法)²¹⁾ 그리고 He- O_2 gas를 안정상태에서 5분 내지 10분간 호흡한 후 氣流量曲線을 그리는 안정호흡법 등이²²⁾ 있다. 肺內gas가 He- O_2 gas로 置換되는 率은 肺內의 時定數(time constant)의 분포상태와 gas 흡입 방법에 따라 결정 되겠으나 일반적으로는 안정호흡법을 사용할때의 치환율이 가장 높고 1 VC法이 가장 낮다. 置換率이 낮으면 흡입 gas의 밀도 저하에 따른 最大呼氣流速도의 증가는 적어지므로 $\Delta \dot{V}_{\max}$ 50은 낮고 等氣流容量은 증가하는 경향이 있다. 이러한 방법에 따른 결과의 차이를 보면 안정호흡법과 3 VC法은 서로 비슷한 성적을 보인다고 하며²²⁾ 3 VC法과 1 VC法을 비교한 Fairshier 등²²⁾에 의하면 細小氣道の 장애가 있는 경우는 時定數가 다르기 때문에 1 VC法에 더욱 예민하게 반영된다고 한다. 한편 等氣流容量의 측정을

Fig. 7. Analysis of air-helium flow volume curve.

Fig. 8. Maximal and partial expiratory flow volume curve (MEFV and PEFV)

위하여 室内 gas와 He-O₂ gas로 그린 氣流量曲線을 중첩시키는 방법은 全肺氣量位를 기점으로 하는 방법과 殘氣量位를 기점으로 중첩시키는 두가지 방법이 있으나²⁴⁾ 殘氣量位를 중심으로 하는 방법이 더 보편적으로 사용되는 것 같다. 室内空氣 및 He-O₂ gas로 그린 氣流量曲線에서 구한 여러 計測值 가운데 細小氣道の 기능장애를 알아 내는데 예민한 것은 等氣流容量 및 $\Delta \dot{V}_{\max}$ 50이며 $\Delta \dot{V}_{\max}$ 50은 細小氣道の 內徑의 변화를 반영한다고 한다²⁵⁾. 그러나 이 검사는 變異性이 큰 것이 단점이다²⁶⁾.

部分呼氣流量曲線이란²⁰⁾ 體容積變動記錄器(body plethysmograph)를 이용하여 全肺氣量位에서 일정한 용량의 呼氣를 한후 氣流量曲線을 그리는 방법으로서 (Fig. 8) 기관지 확장제나 흡연등에 의한 세소기도 기능의 변화를 관찰하는데 유용하다고 한다.

氣流量曲線의 임상적 응용, 특히 細小氣道 기능장애 유무의 진단에 있어서 가장 큰 문제는 이 검사법이 처음 소개될 당시부터 變異性이 크다는 점이 논란의 대상이 되었다. 그런데 氣流速도는 容量依存性이기 때문에 變異性을 줄이려면 氣流速도를 肺容量으로 교정하는 것이 좋다.

氣流量曲線의 여러 計測值 가운데 表記上的 혼란이 있는 경우가 있는데 그것은 어떤 순간의 氣流量을 표시하는 경우에 呼出해낸 容量을 기준으로 하는 경우와 肺에 남아있는 양을 기준으로 하는 경우가 있기 때문이다. 예를 들면 FEF 25%의 경우 남아있는 양을 기준으로 하던 $\dot{V}_{\max}$ 75%가 되나 불러낸 양을 기준으로 하던 $\dot{V}_{\max}$ 25%가 된다 (Fig. 5). 그러므로 앞서 말한 바와 같이 ACCP 및 ATS 합동위원회에서 권하는 용어¹⁾를 사용하는 것이 혼란을 피할 수 있으리라 생각된다.

3. 單回呼吸窒素洗滌曲線 (single breath nitrogen washout curve, SBN₂ 曲線)

單回呼吸窒素洗滌曲線의 기록은 원래는 吸氣의 肺內 分布를 알아보기 위한 검사로서 소개되었다²⁷⁾. 그러나 細小氣道機能에 대한 관심이 높아지면서 근년에 와서는 closing volume (CV)을 구하는 방법으로 더 많이 사용되고 있다²⁸⁾.

SBN₂ 曲線을 그리는 방법은 피검자로 하여금 100% O₂를 殘氣量位에서 全肺氣量位까지 들이마시게 한뒤 일정한 속도로 (0.3~0.5 l./sec) 呼出하게 한다. 그리하여 呼氣의 N₂ 농도를 연속적으로 그리면 Fig. 9와 같은 곡선을 얻을 수 있다. 그림에서 phase I은 解剖學的 死腔內에 있는 gas의 N₂ 농도, II는 解剖學的 死腔과 肺胞에 있던 混合-gas의 N₂ 농도, III는 순수한 肺胞 gas, 그리고 IV는 肺底邊部の 末梢氣道가 閉塞된 다음 肺上部의 肺胞에서 呼出되는 gas의 N₂ 농도를 나타내며 phase IV의 기시점에서 殘氣量位까지의 容量이 CV이다.

근래엔 phase IV가 끝난후 N₂ 농도가 갑자기 떨어지는 phase V의 유용성이 보고되고 있는데²⁹⁾ phase IV가 肺底邊部に 氣流制限이 있을 때의 肺氣量인데 반하여 phase V는 上下全部位에서 氣流制限이 생기기 시작할때 나타나며 肺重力보다는 주로 吸氣의 局所의 不均等を 반영한다고 한다.

氣道閉塞의 檢査방법으로서 氣流量曲線은 努力性呼吸을 하는 動的인 상태에서의 氣道閉塞을 나타내는 것인데 반하여 CV은 비교적 靜的인 상태에서 細小氣道

Fig. 9. Analysis of single-breath nitrogen curve(SBN₂).

의 閉塞을 검출하는 방법이다. CV는 주로 肺의 彈性 反轉壓의 영향을 받으나³⁰⁾ 肺 자체의 重力도 關여한다. 慢性閉塞性肺氣腫에서는 肺의 彈性의 감소로 인해서, 그리고 慢性氣管支炎이나 氣管支喘息에서는 氣道 자체의 變形으로 말미암아 CV가 增加한다. 또한 그 밖에 심장이나 폐에 영향을 미칠수 있는 여러 질환에서는 氣道の 閉塞이 呼氣의 비교적 초기에 나타나기 때문에 CV가 增加한다.

CV의 측정에는 N₂를 指示 gas로 사용하는 nitrogen resident法³¹⁾, 즉 差等稀釋法(differential dilution method)과 Xe³²⁾, Ar²⁸⁾, He³³⁾ 등의 不活性 gas를 사용하는 差等分布法(differential distribution method)인 bolus法이 있다. 그러나 測定法에 따른 성적의 차이는 뚜렷하지 않으며 일반적으로 N₂를 이용하는 resident法이 더 많이 쓰이고 있는데 그 이유는 다음과 같다. 즉 이 방법은 안정성이 높고 N₂는 대기 가운데 거의 일정한 농도로 존재하며 이 방법으로 측정하는 기기는 다른 gas를 사용하는 것보다 가격도 싸고 또한 검사의 조작이 쉽기 때문이다. 單回呼吸窒素洗滌曲線은 O₂吸入으로 인한 肺内の N₂가 희석되는 정도가 肺의 部位에 따라, 또한 疾患에 따라 다를 뿐만 아니라 呼出하는 동안의 N₂농도가 시간에 따라 다르다. 그러므로 SBN₂曲線은 細小氣道 기능을 비롯하여 아래와 같은 정보를 제공한다.

- 1) 解剖學的死腔
- 2) 肺容量(肺活量 및 全肺氣量) · ·
- 3) 換氣의 分布, 즉 phase III의 기울기(ΔN₂)

4) 細小氣道機能(CV 및 ΔN₂)

여기에서 解剖學的死腔(V_{DS})은 Fig. 8에서와 같이 Comroe 및 Fowler²⁷⁾의 방법에 의해서 구할수 있고 全肺氣量은 肺泡稀釋公式에서 구할 수 있다³⁴⁾.

結 論

肺機能 특히 換氣機能檢査를 중심으로 檢査과정, 성적에 영향을 미치는 인자, 그리고 성적의 평가에 관해서 논의하였고 또한 임상에서 많이 이용되는 檢査인 肺氣量測定, 氣流量曲線 및 單回呼吸窒素洗滌曲線의 유용성과 문제점에 대해서 언급하였다. 肺기능 檢査는 임상에서 매우 유용한 것이기는 하나 아직 보편화 되지는 않고있는 실정이라 하겠다. 그러나 근년에 와서는 檢査의 簡便화로 말미암아 檢査 자체와 結果의 처리가 簡便하게 되었고 또한 기기가 소형화 되므로써 휴대용 기기까지도 나오게 되었다. 이런 사실로 보아 肺機能檢査는 멀지않은 장래에 널리 보급 될것으로 예상된다.

REFERENCES

- 1) Pulmonary terms and symbols. A report of the ACCP-ATS joint committee on pulmonary nomenclature. Chest 67:5, 1975
- 2) Chusid EL: The selective and comprehensive testing of adult pulmonary function. 1st ed,

- Futra Publishing Co., Mount Kisco 1983
- 3) Cotes JE, Malhotra MS: Differences in lung function between Indians and Europeans. *J Physiol(London)* **177**:179, 1965
 - 4) Woolcock AJ, Colman MH, Blackburn CRB: Factors affecting normal values for ventilatory function. *Am Rev Resp Dis* **106**:692, 1972
 - 5) Clausen JL: Prediction of normal values. In pulmonary function testing guidelines and controversies, Academic Press, Inc., New York London 1978
 - 6) Detels R, Tashkin DP, Simmons MS, Carmichael HE Jr, Sayre JW, Rokaw SN, Coulson AH: The UCLA population studies of chronic obstructive respiratory disease, 5. Agreement and disagreement of tests in identifying abnormal lung function. *Chest* **82**:630, 1982
 - 7) Cary J, Huseby J, Culver B, Kosanke C: Variability in interpretation of pulmonary function tests. *Chest* **76**:388, 1979
 - 8) 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
 - 9) Jordanoglou J, Koursouba E, Lalenis C, Gotsis T, Kontos J, Gardikas C: Effective time of the forced expiratory spiogram in health and airways obstruction. *Thorax* **34**:187, 1979
 - 10) ATS statement-Snowbird workshop on standardization of spirometry. *Am Rev Resp Dis* **119**:831, 1979
 - 11) Recommendation of the section on pulmonary function testing. Committee on pulmonary physiology, American College of Chest Physician: Clinical spirometry. *Dis Chest* **43**:214, 1963
 - 12) Kazemi H: Pulmonary-function tests. *JAMA* **206**:2302, 1968
 - 13) McFadden ER Jr, Linden DA: A reduction in maximum mid-expiratory flow rate. *Am J Med* **52**:725, 1972
 - 14) Fry DL, Hyatt RE: Pulmonary mechanics. A unified analysis of the relationship between pressure, volume and gasflow in the lungs of normal and diseased human subjects. *Am J Med* **29**:672, 1960
 - 15) Hyatt RE, Flath RE: Relationship of air flow to pressure during maximal respiratory effort in man. *J Appl Physiol* **21**:477, 1966
 - 16) Green M, Mead J, Turner JM: Variability of maximum expiratory flow volume curves. *J Appl Physiol* **37**:67, 1974
 - 17) Gal TJ: Tests of minimal obstruction in the small airways; Interrelationships and physiologic significance (Current researches). *Anesthesia and Analgesia* **56**:242, 1977
 - 18) Kryger M, Bode F, Antic R, Anthonosen N: Diagnosis of obstruction of the upper and central airways. *Am J Med* **61**:85, 1976
 - 19) Despas PT, Louroux M, Macklem PT: Site of airway obstruction in asthma as determined by measuring maximum expiratory flow breathing air and a helium-oxygen mixture. *J Clin Invest* **51**:3235, 1972
 - 20) Bouhuys A, Hunt VR, Kim BM, Zapletal A: Maximum expiratory flow rates in induced bronchoconstriction in man. *J Clin Invest* **48**:1159, 1969
 - 21) Takishima T, Sasaki T, Takahashi K, Sasaki H, Nakamura T: Direct writing recorder of the flow-volume curve and its clinical application. *Chest* **61**:47, 1972.
 - 22) Fairshter RD, Kozbur A, Wilson AF: Volume of isoflow, relationship to distribution of ventilation. *Am Rev Resp Dis* **113**:227, Part 2 of April 1976
 - 23) Hutcheon M, Griffen P, Levison H, Zamel N: Volume of isoflow: A new test in detection of mild abnormalities of lung mechanics. *Am Rev Resp Dis* **110**:458, 1974.
 - 24) Teculescu DB, Pino J, Peslin R: Composite flow-volume curves matched at total lung capacity in the study of density dependence of maximal expiratory flows. *Lung* **159**:127, 1981
 - 25) Dosman J, Bode F, Urbanetti J, Martin R: The use of a helium oxygen mixture during maximum expiratory flow to demonstrate obstruction in small airways in smokers. *J Clin Invest* **55**:1090, 1975

- 26) Zeck RT, Solliday NH, Celic L, Cugell DW: Variability of the volume of isoflow. *Chest* 79:269, 1981
- 27) Comroe JH, Jr, Fowler WS: Lung function studies. IV. Detection of uneven alveolar ventilation during single breath of oxygen, a new test of pulmonary disease. *Am J Med* 10:408, 1951
- 28) 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
- 29) Nichol GM, Michels DB, Guy HJB: Phase V the single-breath washout test. *J Appl Physiol* 52:34, 1982
- 30) Milic-Emili J, Henderson JAM, Dolovidt MB, Trop D, Kaneko K: Regional distribution of inspired gas in the lung. *J Appl Physiol* 21:749, 1966
- 31) Anthonisen NR, Danson J, Robertson PC, Ross WRD: Airway closure as a function of age. *Resp Physiol* 8:58, 1969
- 32) Dollfus RE, Milic-Emili J, Bates DV: Regional ventilation of the lung, studied with bolus of $^{133}\text{Xenon}$. *Resp Physiol* 2:234, 1967
- 33) 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
- 34) Cherniack RM: Pulmonary function testing, 1st ed, W.B. Saunders Co., Philadelphia 1977
-