

## 최대 환기능의 간접측정법에 관한 연구

충남대학교 의과대학 생리학교실

박해근 · 김광진 · 성혜숙\* · 전병숙\*

=Abstract=

**Studies on the Indirect Measuring Method of the Maximum Voluntary Ventilation****Hae Kun Park, Kwang Jin Kim, Hae Sook Sung and Byung Sook Jeon***Department of Physiology, School of Medicine, Chungnam National University, Taejeon, Korea*

The maximum voluntary ventilation (MVV) is one of the most widely used pulmonary function test, but its measuring method was very difficult and unreliable. However, it is need to get more easy and simple measuring method of MVV.

Therefore, this study was attempted to get more easy and simple measuring method of MVV by means of the forced expiratory volume (FEV<sub>T</sub>). The young and healthy 1,000 Korean students (592 male and 408 female) were choosed for this purpose and whose ages were from 8 to 20 years.

A spirometer (9L, Collins Co.) was used for the MVV and FEV, and they were measured 3 times at standing position, and the highest value was used. In the measurements, the subjects for MVV were asked for the breath as fast and deeply as possible for 12 seconds, and for FEV were asked for the rapid and forceful exhalation after a maximal inhalation (forced expiratory curve).

In the FEV measurements toward the end of the expiration, the subjects were exhasted to continue the effort until no further gas was expired. During these measurements, the investigator stood by the subject to give a constant encouragement.

FEV were calculated in the volume exhaled during the one-half (FEV<sub>0.5</sub>, ml), the first second (FEV<sub>1.0</sub>, ml) and the percentage of the total vital capacity exhaled during the one-half second (FEV<sub>0.5</sub> %).

The results are summarized as follows:

1) The values of MVV were increased linearly with ages until 20 in both sexes. The values of male at the age of 20 was  $168.2 \pm 2.5$  L/min, and female at the age of 17 was  $112.3 \pm 3.0$  L/min, respectively.

2) The values of FEV (ml) were increased linearly with ages until 20 in both sexes. The values of FEV<sub>0.5</sub> were  $2,797 \pm 65.7$  ml in the male of 20 years and were  $2,088 \pm 54.6$  ml in the female of 17 years, and of FEV<sub>1.0</sub> were  $4,119 \pm 68.2$  ml in the male of 20 years and were  $2,897 \pm 65.9$  ml in the female of 17 years, respectively.

3) The correlation coefficients between MVV and FEV<sub>0.5</sub> or FEV<sub>1.0</sub> (ml) were 0.82 or 0.85 in the male, and 0.77 or 0.79 in the female, respectively.

4) The prediction formulae for MVV to be derived from above results were:

For male:  $MVV (L/min) = 7.19 + 0.05 \times FEV_{0.5}(ml)$

$MVV (L/min) = 11.25 + 0.04 \times FEV_{1.0}(ml)$

For female:  $MVV (L/min) = 16.03 + 0.05 \times FEV_{0.5}(ml)$

$MVV (L/min) = 9.47 + 0.03 \times FEV_{1.0}(ml)$

\* 본 대학 의학과 1학년 학생

## I. 서 론

폐환기능에 대한 측정의의는 임상적으로 또는 생리학적으로 매우 중요할 뿐만 아니라 근년에 이르러 이에 대한 관심도는 더욱 심화되어 가고 있다. 더욱이 산업의 발달로 갖가지의 직업병이 작업환경의 정화여부에 비롯됨으로써 이의 조기발견과 예방에 있어서도 폐환기능의 측정이 그 일익을 담당하고 있음에 그 측정의의는 매우 크다고 할 수 있다.

따라서 이의 측정방법은 근년에 이르러 다양하게 고안 발달되었으나 그 가운데서도 특히 중요하다고 말할 수 있는 것은 최대환기능(maximum voluntary ventilation, MVV)의 측정이다. 이것은 단위시간에 최대로 호흡할 수 있는 환기능력을 말하며 폐활량의 측정이 정적임에 비하여 이는 동적인 면에서 폐환기능을 측정 및 평가할 수 있는 좋은 방법이다. 그러나 이의 측정에 있어서 피검자의 지구력(持久力)이나 용량의 근력, 측정에 대한 친숙도 여부 및 노력의 최대 발휘 여부등이 측정치에 매우 큰 영향을 미치므로 정상인에 있어서도 정확한 성적을 얻기에는 어려운 점이 많다.

그래서 이 측정에 대한 측정상의 어려운 점을 다소 보완하고 피검자로 하여금 보다 간편하고 용이한 방법으로 측정하여 소기의 목적을 달성하고자 그 방법을 모색하던 중 최대환기능과 초시 폐활량이 가장 좋은 상관관을 갖고 있다는 보고에 따라<sup>1-4)</sup> 초시폐활량을 측정함으로써 최대환기능을 산출, 이의 간접측정을 기하고자 본 실험을 시도하였다.

초시폐활량은 폐활량에 시간적인 개념을 가하고 폐의 크기와 환기능력을 동시에 평가할 수 있는 방법이며 노력성 최대호출곡선에서 쉽게 그 값을 얻을 수 있고 피검자에게 적은 부담을 주면서도 정확한 값을 얻을 수 있는 간편하고 용이한 방법이다.

초시폐활량을 FEV<sub>T</sub>(forced expiratory volume)라 쓰고 시간적 개념을 가해 1초시의 폐활량을 FEV<sub>1.0</sub>(ml)으로, 폐활량에 대한 0.5초시의 백분비를 FEV<sub>0.5</sub>(%)로 각각 표시하였다.

## II. 피검자 및 측정방법

본 연구의 피검자는 대전시 및 근교에 있는 건강한 학생들을 대상으로 하였고 국민학교부터 대학까지 8세에서 20세의 남자 592명, 여자 408명 총 1,000명에 대해 본 측정을 실시하였다.

### A) 최대환기능의 측정

본 측정은 식후 3시간이 경과한 후 폐량계(9L. Collins Co.)를 사용하여 서있는 자세에서 측정하였다. 측정을 실시하기 전에는 피검자를 편안히 앉아 쉬게하여 본 측정의 의의와 방법을 충분히 이해시키고 시범을 통하여 습득하게 하였으며 Knowles<sup>5)</sup>, Cournard et al.<sup>6)</sup> 및 Gaensler와 Wright<sup>7)</sup>등이 기술한 방법으로 측정하였다. 그리고 폐량제내의 회로저항을 최소로 줄이기 위하여 soda lime 관 및 sadd 판막을 제거하였고 측정직전에는 신장과 체중을 재측하였으며 측정시에는 비압자(鼻壓子)로 코를 막고 입에는 mouth piece를 물게하여 입으로만 호흡시키되 피검자의 입과 코로 공기가 새지 않음을 확인한 다음 가급적 깊고 빠르게 호흡시켰으며 그 빈도는 1분동안 60~80회 정도로 12초동안 실시하였다. 그리고 본 측정은 피검자가 최대로 호흡하는 노력발휘 여부가 본 측정치에 매우 큰 영향을 미치므로 측정하는 동안에 시종피검자의 곁에서 최대로 노력을 발휘할 수 있게 격려했다.

이상의 방법으로 측정을 3회 실시한 후 가장 큰 값을 택하였고 12초간의 값을 5배하여 1분치로 표시하였다.

### B) 초시폐활량의 측정

본 측정은 Gaensler의 방법으로 폐량계를 사용하여 최대노력성 호출곡선을 기록하였다. 측정에 있어서는 최대환기능의 측정시와 같게 하고 검사자의 지시에 따라 피검자로 하여금 가능한한 최대로 공기를 흡입시킨 후 폐량계의 Kymograph를 32mm/sec로 회전시키며 최대의 속도로 완전히 호출하게 하여 곡선을 기록하였다. 이러한 조작을 3회 반복 실시하여 가장 크고 빠른 곡선을 택하였고 여기에서 얻은 곡선에서 폐활량, 0.5초 및 1.0초시 폐활량(FEV<sub>T</sub>, ml) 그리고 폐활량에 대한 0.5초시의 폐활량 백분비(FEV<sub>T</sub>, %)도 각각 산출하였다. 동시에 최대환기능과의 좋은 상관관을 이용하여 본 측정을 함으로써 최대환기능의 값을 산출할 수 있는 예측수식을 구하였다.

## III. 측정 성적

피검자의 체격은 제 1표(남) 및 제 2표(여)에 기재한 바와 같다. 즉 남자의 신장 체중 그리고 DuBois<sup>8)</sup>의 nomogram에 의해 얻은 체표면적은 8세에서 각각 124.6±4.7 cm, 23.1±3.0 kg 및 0.90±0.10 m<sup>2</sup>였고 연령이 증가함에 따라 발육도 증가하여 20세에서 각각

**Table 1. Physical Characteristics of Male Subjects**

(Mean±S.D.)

Age (yrs)	No. of Subjects	Body Height (cm)	Body Weight (kg)	BSA (m <sup>2</sup> )
8	38	124.6±4.7	23.1±3.0	0.90±0.10
9	46	129.2±5.5	24.5±3.5	0.96±0.10
10	22	132.3±6.0	26.8±4.0	1.01±0.10
11	45	140.0±7.6	30.6±4.7	1.11±0.13
12	67	143.1±6.7	33.2±5.6	1.17±0.14
13	70	150.0±9.1	38.6±7.8	1.29±0.17
14	83	155.8±7.0	43.9±6.7	1.40±0.15
15	54	161.3±7.5	50.6±7.0	1.53±0.20
16	43	165.8±4.7	54.2±5.3	1.60±0.12
17	40	169.2±5.0	56.7±5.0	1.65±0.12
18	46	168.2±4.0	57.0±6.4	1.64±0.12
20	38	170.1±5.0	61.1±5.2	1.71±0.06
Total	592			

**Table 2. Physical Characteristics of Female Subjects**

(Mean±S.D.)

Age (yrs)	No. of Subjects	Body Height (cm)	Body Weight (kg)	BSA (m <sup>2</sup> )
8	25	124.3±5.4	22.5±3.8	0.90±0.11
9	15	129.0±5.6	25.3±4.0	0.97±0.12
10	42	132.8±6.8	27.9±4.3	1.03±0.12
11	48	140.2±7.1	31.6±5.2	1.12±0.13
12	40	143.6±5.3	33.6±3.9	1.18±0.09
13	33	148.7±7.1	39.6±6.1	1.30±0.14
14	38	152.8±4.9	43.7±5.7	1.37±0.12
15	47	154.2±4.1	47.1±5.0	1.43±0.11
16	42	156.6±4.5	48.6±5.9	1.47±0.12
17	32	156.6±5.3	50.9±4.4	1.49±0.11
18	28	155.7±3.9	50.5±5.3	1.49±0.10
20	18	155.9±3.2	52.3±3.6	1.53±0.06
Total	408			

170.1±5.0 cm, 61.1±5.2 kg, 1.71±0.06 m<sup>2</sup>였고 여자의 경우에도 8세에서 각각 124.3±5.4cm, 22.5±3.8kg 및 0.90±0.11 m<sup>2</sup>로써 남자의 체격과 유사한 경향으로 14세까지 계속되었으나 15세 이후부터 남자의 발육에 미치지 못하여 20세에서 각각 155.9±3.2 cm, 52.3±3.6 kg 및 1.50±0.06 m<sup>2</sup>로 의의있게 낮았다.

연령별 최대환기능의 측정성적은 남녀 모두 제 1도에 표시하였다. 즉 남자 8세에서 59.3±1.9L/min였

고 연령과 함께 증가하여 14세에서 114.6±2.4 L/min였으며 20세에서 162.8±2.5L/min였다. 또 여자 8세에서 51.3±2.0L/min였고 남자의 경우와 같이 연령과 함께 증가하여 14세에서 91.5±2.4 L/min, 17세에서 112.3±3.0 L/min로 가장 높은 값을 나타내었으나 20세까지는 약간의 감소현상을 나타내었다.

연령별 0.5초 및 1.0초시 폐활량은 남녀 모두 제 2도에 표시하였다. 즉 남자의 경우 8세에서 1,129±30.

4 ml 및  $1,557 \pm 30.2$  ml였고 연령과 함께 증가하여 14세에서  $2,127 \pm 32.1$  ml 및  $3,080 \pm 48.5$  ml였으며 20세에서  $2,797 \pm 65.7$  ml 및  $4,119 \pm 68.2$  ml로 가장 높았고 여자의 경우도 남자의 경우와 같이 연령과 함께 증가하였으나 17세를 정점으로 하여 20세까지는 다소의 감소경향을 나타내었다. 즉 여자 8세에서  $993 \pm 35.4$  ml 및  $1,410 \pm 43.6$  ml였고 17세에서  $2,088 \pm 54.6$  ml 및  $2,897 \pm 65.9$  ml였으나 20세에서  $1,746 \pm 75.2$  ml 및  $2,679 \pm 85.4$  ml로 감소하였다. 0.5초시 폐활량의 폐활량에 대한 백분비에 대한 연령별의 값은 제 3도에 남녀 모두 표시하였으나 연령의 증가에 따른 일정한 증감현상을 볼 수 없어 별다른 의의는 없었다.

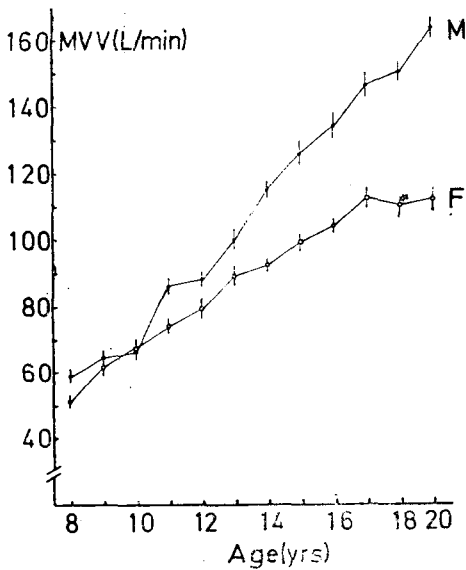


Fig. 1. Maximum Voluntary Ventilation of the Subjects.

이상의 성적을 기초로 초시 폐활량을 측정함으로써 최대환기능을 간접으로 측정할 수 있게 그에측수식을 최소자승법으로 구한 결과 아래와 같았다.

남자 :  $MVV (L/min) = 7.19 + [0.05 \times FEV_{0.5} (ml)]$

$MVV (L/min) = 11.25 + [0.04 \times FEV_{1.0} (ml)]$

여자 :  $MVV (L/min) = 16.03 + [0.05 \times FEV_{0.5} (ml)]$

$MVV (L/min) = 9.47 + [0.03 \times FEV_{1.0} (ml)]$

위의 수식에 있어서 MVV가  $FEV_{0.5}$  및  $FEV_{1.0}$ 과의 상관관계는 남자에서 0.82 및 0.85 그리고 여자에서 0.77 및 0.79로 매우 의의 있었으나 0.5초시 폐활량의 폐활량에 대한 백분비는 최대환기능과의 의의있는 상관관계가 없었다.

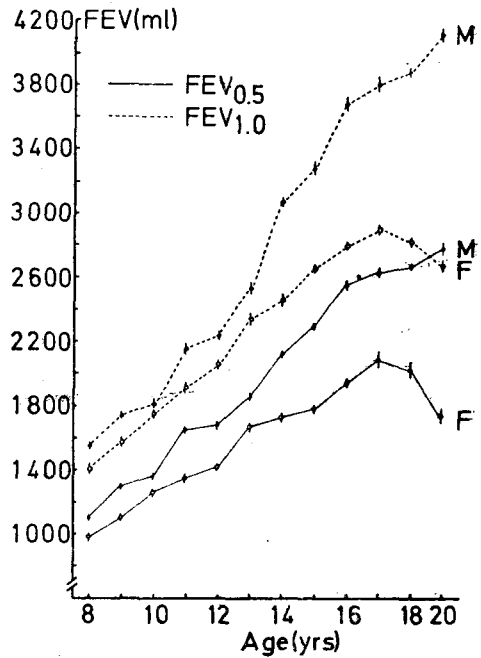


Fig. 2. Forced Expiratory Volumes (0.5 and 1.0 sec.) of the Subjects.

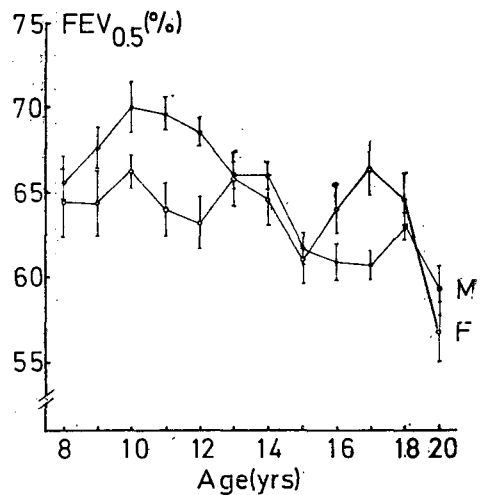


Fig. 3. Per cent change of forced expiratory volume (0.5 sec.) to vital capacity of the Subjects.

#### IV. 고 찰

본 연구에 있어서 측정대상의 연령별 체격은 보고된 우리나라 어린이 및 청소년의 성적과 일치하였다(박<sup>하</sup> 등, 김<sup>10)</sup>). 그리고 폐환기능 측정중 최대환기능과 초시 폐활량을 8세에서 20세까지 남녀 1,000명을 대상으로

측정해 봄으로써 초시폐활량만을 측정하여 최대환기능을 간접적으로 평가할 수 있는 방법을 얻고져 본 실험에 임하였다.

최대환기능은 오래전부터 폐활량과 함께 널리 이용되어온 폐기능 측정법의 하나로 이는 폐량계를 이용하는 폐쇄회로법과 Douglas bag 및 gas meter를 이용하는 개방회로법이 있으나 Stuart 및 Cohen<sup>11)</sup>은 측정법에 따라 차이가 있음을 보고 했고 Comroe<sup>12)</sup> 및 Zwi et al.<sup>13)</sup>은 동일 방법이 있어도 호흡회로의 저항 정도에 따라 측정치에 많은 차이를 야기시킨다고 하였고 Metheson et al.<sup>14)</sup>은 폐량계법 및 Douglas bag 법으로 측정한 성적은 서로 유사하다고 하였다.

한편 초시폐활량은 Gaensler<sup>1)</sup>에 의해 처음 보고되었고 김 및 박<sup>15)</sup>에 의해서 한국 어린이 및 청소년에 대한 보고가 있었다. 이는 폐활량과 최대환기능을 함께 평가할 수 있고, 간단하고 용이하게 측정이 가능하므로 큰 의의를 갖으며 Gandevia와 Hugh-Jones<sup>2)</sup>, Gaensler<sup>1)</sup>, Fletcher<sup>4)</sup> 및 Needham et al.<sup>3)</sup>에 의하면 1초시 폐활량과 최대환기능과의 의의있는 상관관계가 있음을 관찰하므로써 최대환기능의 측정이 피검자에게 대단한 노력이 요구되는 노력 그 자체가 천식을 유발할 우려가 있어서 폐질환을 갖고 있는 환자의 경우 측정에 많은 난점이 있다. 또한 폐활량 단독 측정은 기관지 천식이나 폐기종 같은 폐질환을 갖고 있을 때는 장애 정도와 폐활량 감소도가 일치하지 않는 경우가 있으므로<sup>16)</sup> 최대환기능의 측정이 임상적으로 널리 이용되고 있으나 폐환기능 부전가운데서 폐쇄성환기 부전의 진단을 위하여 air trapping 계수, Leslie 계수, 또는 최대중간 호기기류량 등을 측정하는데 그 중 초시폐활량의 측정이 가장 정확한 방법으로 지목되고 있다.

특히 최대 환기능의 측정은 피검자의 협조에 의해야 능하므로 직장 재해 보상 문제와 연관하여 객관적이고 정확한 검사법이 초시폐활량의 측정이라 할 수 있다. 이의 측정을 3회 실시하면 피검자의 협조 정도를 곡선상에서 분석할 수 있으므로 폐환기능의 검사법으로 이용가치가 크다.

## V. 결 론

각급 학교의 학생들에 대한 최대환기능 및 초시폐활량을 측정함으로써 그 상관을 구해 초시폐활량의 측정으로 최대환기능을 평가할 수 있도록 8세에서 20세까지의 남자 592명, 여자 408명 총 1,000명을 대상으로 Collins사의 제품인 폐량계를 사용하여 최대환기능 및

초시 폐활량을 측정하였으며, 특히 초시폐활량의 측정에 있어서는 최대노력성 호출곡선을 기록하여 0.5초시 및 1.0초시 폐활량(FEV<sub>T</sub>, ml)과 폐활량에 대한0.5초시 폐활량의 백분비(FEV<sub>0.5</sub>, %)를 각각 산출하여 다음과 같은 성적을 얻었다.

1. 초시폐활량은 남녀 모두 연령의 증가와 함께 증가하여 0.5초시 폐활량은 20세 남자에서 2,797±65.7 ml, 17세 여자에서 2,088±54.6 ml로 가장 높았고 1.0초시 폐활량은 역시 20세 남자에서 4,119±68.2 ml, 17세 여자에서 2,897±65.9 ml로 가장 높았다.

2. 최대환기능은 남녀 모두 연령의 증가와 함께 증가하여 20세 남자에서 168.2±2.5 L/min, 17세 여자에서 112.3±3.0 L/min로 가장 높았다.

3. 최대환기능과 0.5초시 및 1.0초시 폐활량과의 상관관계는 의의있게 높았다(0.77~0.85).

4. 위의 결과에서 얻은 최대환기능의 예측수식은 다음과 같다.

$$\text{남자 : MVV (L/min)} = 7.19 + [0.05 \times \text{FEV}_{0.5} (\text{ml})]$$

$$\text{MVV (L/min)} = 11.25 + [0.04 \times \text{FEV}_{1.0} (\text{ml})]$$

$$\text{여자 : MVV (L/min)} = 16.03 + [0.05 \times \text{FEV}_{0.5} (\text{ml})]$$

$$\text{MVV (L/min)} = 9.47 + [0.03 \times \text{FEV}_{1.0} (\text{ml})]$$

## 참 고 문 헌

- 1) Gaensler, F.A.: *Air velocity index. Am. Rev. Tuberc.*, 62:17, 1950.
- 2) Gandevia, B. and Hugh-jones, P.: *Termonology for measurements of ventilatory capacity: A report to the thoracic society. Thorax*, 12: 290, 1957.
- 3) Needham, C.D., Rogan, M.C. and McDonald, I.: *Normal standards for lung volume, intrapulmonary gas mixing, and maximum breathing capacity. Thorax*, 9:313, 1954.
- 4) Fletcher, C.: *Dyspnoe. Trans. Med. Soc. London*, 74:55, 1958.
- 5) Knowles, J.H.: *Respiratory physiology and its clinical application. Cambridge, Massachussets: Harvard University Press, p. 7, 1959.*
- 6) Courmand, A., D.W., Richards, D.W., Jr. and Darling, R.C.: *Graphic tracings of respiration in study of pulmonary disease. Am. Rev. Tuberc.*, 40:487, 1939.
- 7) Gaensler, E.A. and Wright, G.W.: *Evaluation*

- of respiratory impairement. Archives environ. Health, 13:146, 1966.*
- 8) DuBois, D. and DuBois, E.F.: *Clinical calorimetry. Formular to estimate surface area if height and weight be known. Arch. Int. Med., 17:863, 1916.*
- 9) 朴海根, 白光世, 柳明子, 閔孝仙, 丁太燮, 吳尙伯, 林美子, 洪哲基: 韓國 어린이 및 靑少年의 體力에 關한 基礎研究. 大韓生理學會誌, 2:205, 1968.
- 10) 金光鎮: 靑少年의 最大換氣能에 關한 研究. 忠南醫大雜誌, 2:463, 1975.
- 11) Stuart, D.C. and Cohen, A.A.: *A comparision of spiometric and Douglas bag measurements of mǎximal breathing capacity. Am. Rev. Tuberc., 79:253, 1959.*
- 12) Comroe, J.H.: *Interpretation of commonly used pulmonary function tests. Am. J. Med., 10:356, 1951.*
- 13) Zwi, S., Theron, J.C., McGregen, M. and Recklake, M.R.: *The influence of instrumental resistance on the maximal breathing capacity. Dis. Chest, 54:361, 1959.*
- 14) Metheson, H.W. and Gray, J.S.: *Ventilatory function tests. II. Factors affecting voluntary ventilatory capacity. J. Clin. Invest., 29:482, 1950.*
- 15) 金光鎮, 朴海根: 韓國 어린이 및 靑少年의 秒時肺活量에 關한 研究. 忠南醫大雜誌, 3:45, 1976.
- 16) Schiller, I.W.: *Clinical value of a tracing of forced expirogram. New Eng. J. Med., 253:799, 1955.*