

□ 원 저 □

## Mini-Wright Peak Flow Meter로 측정한 한국 성인의 최고호기유량의 정상치<sup>†</sup>

연세대학교 의과대학 내과학교실, 폐질환연구소, 세브란스병원 건강증진센터\*

김영삼, 안애란\*, 김세규, 장 준, 안철민, 오재준\*, 김성규

= Abstract =

### Peak Expiratory Flow in Normal Healthy Korean Subjects Measured by Mini-Wright Peak Flow Meter

Young Sam Kim, M.D., Ahn Ae Ran\*, Se Kyu Kim, M.D.,  
Joon Chang, M.D., Chul Min Ahn, M.D., Jai Joon Oh, M.D.\*, Sung Kyu Kim, M.D.

*Department of Internal Medicine and The Institute of Chest Diseases,  
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea  
Severance Hospital Health Promotion Center\**

**Background :** Peak expiratory flow (PEF) provides a simple, quantitative, and reproducible measure of the existence and severity of airflow obstructions. Peak flow meters are designed to monitor the condition asthma patients. There are many reports showing the normal predicted value of PEF in other countries. Studies on healthy Korean adults have been performed in a relatively small sample number and a lower limit for the normal value was not reported. Therefore, an attempt to provide normal predictive PEF value with a lower limit was made.

**Method :** The PEF(Mini-Wright Peak Flow Meter) measurements and spirometry were done in 233 men and 631 women without history of respiratory disease. All subjects were non-smokers with no respiratory symptoms. The normal predictive value and its lower limit were developed by multiple regression analysis. The result was compared with regression equations in other reports.

**Results :** The regression equation for the normal PEF predictive value(L/min) is  $25.117 + 4.587 \times \text{Age}(\text{year}) -$

---

<sup>†</sup>본 연구는 1999년도 연세대학교 의과대학 강사연구비 지원에 의해 이루어졌음.

**Address for correspondence :**

Sung Kyu Kim, M.D.

Department of Internal Medicine Yonsei University College of Medicine

C.P.O. Box 8044, Seoul, Korea

Phone : 82-02-361-5420 Fax : 82-02-393-6884 E-mail : skkimpul@yumc.yonsei.ac.kr

$0.064 \times \text{Age}^2 + 2.931 \times \text{Height}(\text{cm})$  in men ( $R^2=0.25$ ), and  $146.942 - 0.011 \times \text{Age}^2 + 1.795 \times \text{Height}(\text{cm}) + 0.836 \times \text{Weight}(\text{kg})$  in women ( $R^2=0.21$ ). The regression equation for the lower limit of this value (L/min) is  $25.117 + 4.587 \times \text{Age}(\text{year}) - 0.064 \times \text{Age}^2 + 1.936 \times \text{Height}(\text{cm})$  in men, and  $146.942 - 0.011 \times \text{Age}^2 + 1.232 \times \text{Height}(\text{cm}) + 0.481 \times \text{Weight}(\text{kg})$  in women. The residuals were normally distributed. The PEF in Korean males was similar to those reported in British and Japanese subjects. The PEF in Korean females was similar to that in British subjects, but higher than the PEF in Japanese subjects. The lower limit of normal value was 71% of normal predictive PEF value in men and 76% in women.

**Conclusion :** The normal predictive PEF value and its lower limit was measured from 233 male and 631 female asymptomatic, lifelong non-smoking participants. The normal predictive value was different from those of other studies on Korean subjects. Therefore, further studies are required. (Tuberculosis and Respiratory Diseases 2001, 50 : 320-333)

**Key words :** Peak Expiratory Flow, Normal predictive value, Korean.

## 서 론

최고호기유량(Peak Expiratory Flow : PEF)은 비교적 간단하고, 반복적으로 기도폐쇄의 정도를 양적으로 나타낼 수 있는 수치이다. 최근 천식의 치료방침을 결정하는데 있어 최고호기유량 측정의 중요성을 강조하고 있다. 천식환자에서 최고호기유량을 반복적으로 측정함으로써 단기간의 치료 효과를 판정하고, 경과를 관찰하며 장기간의 치료에 대한 지표로 사용하고 있다<sup>1</sup>. 외국에서는 정상 성인에서 최고호기유량의 추정정상치(Normal predictive value)를 구하기 위한 대규모 단면연구<sup>2-4</sup>가 시행되어 성별, 키와 나이에 따른 추정정상치를 알 수 있다. 그러나 우리나라에서는 정상 성인에서 노력성호기곡선에 의한 최고호기유량<sup>5-7</sup> 혹은 Peak Flow Meter를 이용하여 측정한 최고호기유량에 대한 연구결과<sup>8</sup>가 발표된 적이 있으나, 1991년 American Lung Association에서 정한 기준<sup>9</sup>을 정확히 적용하여 추정정상치 뿐만 아니라, 최고호기유량의 정규분포성(distributional normality)을 검정하고 정상치의 하한선(Lower limit of normal value)까지 제시한 대규모 단면연구가 시행되지 않았다. 이번 연구를 통해 전혀 흡연을 한 적이 없는 정상 성인을 대상으로 최고호기유량을 측정함으로써 한국인에

서의 최고호기유량을 결정하는 요인에 대한 자료를 수집하고, 한국인에서의 추정정상치를 구해 이전의 연구결과 및 외국인을 대상으로 한 연구결과와 비교하며, 정상치의 하한선 구함으로써, 천식을 포함한 호흡기질환에서 한국인의 특성에 맞는 치료방침을 제시하고자 하였다.

## 대상 및 방법

### 1. 대 상

연구 대상군은 1997년 8월부터 2000년 1월까지 세브란스 건강검진센터에 내원한 정상 성인들로 하였다. 과거에 폐결핵, 천식, 만성폐쇄성폐질환, 간질성폐질환과 같은 폐질환을 앓은 적이 있거나, 기침, 객담, 호흡곤란, 운동시 호흡곤란, 흉통, 객혈 같은 호흡기 증상을 호소하는 경우, 흡연을 한 적이 있는 경우 혹은 과거에 천명음이 들린 적이 있거나, 흉부 청진 결과 천명음이 들리는 경우, 흉부 X-선 검사결과 이상소견이 있는 사람은 연구대상에서 제외하였다. 연구 대상군은 남성 233명과 여성 631명으로 성별, 연령별 분포는 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Age and gender distribution of the reference population

Age(year)	Male		Female		Total
	Number	%	Number	%	Number
<30	17	7.3	38	6.0	55
30-34	15	6.4	97	15.4	112
35-39	42	18.0	134	21.2	176
40-44	42	18.0	93	14.7	135
45-49	36	15.5	65	10.3	101
50-54	26	11.2	75	11.9	101
55-59	30	12.9	52	8.2	82
≥60	25	10.7	77	12.2	102
Total	233	100.0	631	100.0	864

## 2. 폐기능의 측정

폐기능 검사 수치에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 알려진 나이, 성별, 키, 몸무게, 흡연력과 흡연량에 관한 정보를 조사하였다. 정상추정치를 구할 때는 흡연자는 분석대상에서 제외하였다. 우선 피검자에 대한 기초적인 자료를 조사하였다. 검사는 모두 오전 9시부터 11시 사이에 시행하였고, 휴대용 최고호기유량계(Peak Flow Meter)로는 Mini Wrights Peak Flow Meter (Clement Clarke International Ltd, Harlow, U. K.)를 사용하였다. 신뢰도를 높이기 위해 전 연구기간동안 한 실험자가 검사방법을 설명한 후, 직접 최고호기유량을 측정하고 기록하였다. 피검자를 대상으로 천식의 치료에 대한 국제적인 합의안<sup>1</sup>에서 제시한 최고호기유량의 측정방법에 따라 최고호기유량을 측정하였다. 최고호기유량을 측정하는 방법은 다음과 같다.

첫째, 지시계를 최고호기유량계 눈금의 가장 아래쪽(눈금 0)에 위치시키고

둘째, 피검자로 하여금 일어나게 한 후

셋째, 폐안에 공기가 가득 차도록, 최대한 숨을 깊게 들이마시게 한 후

넷째, 최고호기유량계의 입구를 입안에 넣고, 입술로 바람이 새지 않도록 주위를 감싸고

다섯째, 한번에 가능한 세게 숨을 내쉬게 한다. 만

약 피검자가 기침을 하거나 실수를 하게 되는 경우에는 그 수치를 기록하지 않았다.

첫째에서 다섯째까지의 단계를 두 번 더 반복한 다음, 세 숫자를 기록하였다. 이를 기록한 후 Jaeger Master Lab의 폐기능검사기(Jaeger, Wurzburg, Germany)를 이용하여 1994년 American Thoracic Society<sup>10</sup>에서 제시한 방법에 따라 Forced Expiratory Volume in 1 second(FEV<sub>1.0</sub>), Forced Vital Capacity(FVC), Peak Expiratory Flow(PEF)와 Maximal Mid-Expiratory Flow Rate(MMEF)를 측정하였다.

## 3. 통계분석

휴대용 최고호기유량계를 이용하여 측정한 3개의 최고호기유량 중 최대값을 종속변수로 하고 환자에 대한 기초자료들을 독립변수로 하여, 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 시행하여 최고호기유량에 영향을 미치는 요인에 대해 알아보고, 정상추정치에 대한 회귀방정식(regression equation)을 구하였다. 통계분석은 SAS for Windows version 6.12를 이용하여 시행하였다. 최고호기유량의 정규분포성(distributional normality)에 대한 검정은 Shapiro-Wilk test를 이용해 시행하였다. 정상추정치와 정상

Table 2. Mean value of weight and height (reference population)

Age(year)	Male		Female	
	Height (cm)	Weight (kg)	Height (cm)	Weight (kg)
<30	173.9	73.1	161.0	54.6
30-34	171.7	68.9	159.2	54.6
35-39	168.8	69.8	157.9	56.7
40-44	169.6	69.3	156.6	56.3
45-49	166.7	69.1	156.1	57.9
50-54	168.0	70.7	155.4	58.7
55-59	164.5	66.2	154.7	57.8
≥60	165.8	62.4	151.7	56.9
Total	168.2	68.6	156.6	56.7

치의 하한선에 대한 회귀방정식은 SAS procedure의 PROC REG를 이용하여 구하였으며, 잔차(Residual)의 분석을 위해 PROC UNIVARIATE와 GRAPHIC procedure를 이용하였다. 회귀방정식의 모델에 포함시킨 독립변수는 나이, 신장, 체중이었다. 회귀방정식 모델의 선택은 분석결과 통계학적으로 의미가 있고, 결정계수  $R^2$ 가 충분히 크면서도 비교적 간단한 모델로 선정하였다. 연령에 대해서는 1차선형 모델보다 2차방정식 모델을 택하였다. 그 이유는 폐기능 수치가 나이가 들면서 증가하다가 일정 연령이 지나면 감소하는 현상과 청년과 노년층에서의 변화가 선형으로 나타나지 않는 경향을 회귀방정식에 정확히 반영하기 위해서였다. 회귀방정식 모델을 결정한 후, 이 모델을 이용하여 표준화된 잔차(normed residual)를 구해 Shapiro-Wilk test를 시행하여 정규분포를 따르는지를 검정하였다. 정규분포성 검정을 마친 후, 정상치의 하한선에 대한 회귀방정식은 정상추정치의 회귀방정식  $-1.645 \times SEE$  (Standard Error of Estimate)로 구하였다. 정상추정치에 대한 회귀방정식과 정상치의 하한선에 대한 회귀방정식을 구한 후, 연령에 대한 최고호기유량의 회귀곡선을 그려 이전 한국 및 외국의 연구결과와 비교하였다. 연령을 5세 간격으로 나눈 후 각 연령군 별로 신장과 체중의 평균을 구한 후 (Table 2), 회귀곡선을 그릴 때 평균신장과

평균체중을 이용해 정상추정치를 구하였다. 최고호기유량계를 이용하여 측정한 최고호기유량과 폐기능검사기(Spirometry)를 이용하여 측정한 최고호기유량과의 상관관계를 측정하고, 정상추정치와 정상치의 하한선과의 비율을 구하였다.

## 결 과

### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자는 864명으로 이 중 남자가 233명 여자가 631명으로 여자가 많았다. 남성이 여성에 비해 훨씬 적은 이유는 흡연자가 많았기 때문이었다. 연구대상자의 연령, 신장 및 체중의 분포는 다음과 같다 (Table 1). 남성과 여성을 5세 간격으로 연령군에 따라 분류한 후, 각 연령군에서의 체중과 신장의 평균치를 구하여 이를 정상 추정치를 구하는 곡선을 만드는 데 이용하였다 (Table 2).

### 2. Mini Wright Peak Flow Meter로 측정한 최고호기유량의 정상추정치 및 정상치의 하한선

Mini-Wright Peak Flow Meter를 이용해 측정한 최고호기유량의 정상추정치를 구하기 위해 최고호기

**Table 3.** Characteristics of the reference population

	Male				Female			
	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.
Age (year)	45.37	11.03	17	79	44.06	11.34	20	76
Height (cm)	168.21	5.69	152	187	156.59	5.29	139	173
Weight (kg)	68.63	8.96	45	103	56.68	7.43	37	86

S.D. : Standard Deviation Min. : Minimum Max. : Maximum

**Table 4.** Estimates of the proportion of measured between-individual variation in PEF in Korean adults attributable to identified factors

Factor	Proportion of variation attributable
Sex	0.625
Age	0.018
Height	0.057
Weight	0.006
Unexplained	0.294
Total	1.000

\*Measured by regression equation(partial R<sup>2</sup>)

유량을 종속변수로 하고 성별, 연령, 신장, 체중을 독립변수로 하여 회귀분석을 시행하여 각 독립변수의 부분결정계수(Partial R<sup>2</sup>)를 구하여 최고호기유량을 결정하는 요인을 알아보았다. 최고호기유량을 결정하는 가장 중요한 요인은 성별이고 신장, 연령, 체중의 순으로 최고호기유량에 영향을 미쳤으며, 이 독립변수들에 의한 설명력은 70.6%였다(Table 4). 성별에 따른 정상추정치의 회귀방정식을 구한 후, 표준화된 잔차의 정규분포성을 검정하기 위해 Shapiro-Wilk test를 시행한 결과 남성에서는 *p-value*가 0.9995 여성에서는 *p-value*가 0.9972로 표준화된 잔차는 정규분포를 따랐다. 남성과 여성의 최고호기유량의 정상추정치와 정상치의 하한선을 구하는 회귀방정식은 다음과 같다. 정상치의 하한선에 대한 회귀방정식은 정상추정치의 회귀방정식  $-1.645 \times \text{SEE}$ (Standard Error of Estimate)로 구하였다. 비교를 위해 김 등<sup>8</sup>의 연구 결과와, 영국인 및 일본인을 대상으로 시행한

Nunn 등<sup>2</sup>과 Kazuharu<sup>3</sup>등의 연구결과에서 나온 회귀방정식을 동시에 제시하였다(Table 5). 이 회귀방정식에 남성과 여성 각 연령군에서의 평균 신장과 평균 체중을 대입하여 정상추정치와 정상치의 하한선을 나타내는 곡선을 그렸다(Fig 1,2). 남성과 여성에서 인종에 따른 최고호기유량의 정상추정치를 비교하기 위해 각 회귀방정식을 이용하여 곡선을 그렸다. 남성에서 Mini-Wright Peak Flow Meter로 측정한 한국인의 최고호기유량의 정상추정치는 영국인 및 일본인의 수치와 유사하였다. 그러나 김 등<sup>8</sup>의 이전 연구 결과에서 제시한 수치와는 많은 차이를 보였다(Fig. 3). 여성에서 Mini-Wright Peak Flow Meter로 측정한 한국인의 최고호기유량의 정상추정치는 영국인의 수치와 유사하였고 일본인의 수치보다 높았다. 여성에서도 김 등<sup>8</sup>의 이전 연구 결과에서 제시한 수치와는 많은 차이를 보였다(Fig. 4).

### 3. Spirometry로 측정한 최고호기유량의 정상추정치 및 정상치의 하한선

같은 집단을 대상으로 노력성호기곡선에서 남성과 여성의 최고호기유량을 측정하여 정상추정치와 정상치의 하한선을 구하는 회귀방정식을 구하였다. 비교를 위해 한국에서 조 등<sup>7</sup>이 시행한 연구, 김 등<sup>8</sup>이 시행한 연구 결과와, 미국의 여러 인종을 대상으로 Han-kinson등<sup>4</sup>이 시행한 연구결과에서 나온 회귀방정식을 동시에 제시하였다(Table 6,7). 남성과 여성에서 인종에 따른 최고호기유량의 정상추정치를 비교하기 위해 각 회귀방정식을 이용하여 곡선을 그렸다. 남성에서

**Table 5.** Prediction and lower limit of normal equations for PEF measured by mini-wright peak flow meter(Korean and Japanese)

	Korean <sup>1</sup>		Korean <sup>2</sup>		Japanese	
	Male N=233	Female N=631	Male N=129	Female N=125	Male N=1047	Female N=1738
Intercept	25.117	146.942	658	445	-389.3	-165.2
Age (Year)	4.587		-2.45	-0.96	16.6	2.83
Age <sup>2</sup>	-0.064	-0.011			-0.338	-0.00745
Age <sup>3</sup>					0.00189	-0.00047
Ht <sub>PRD</sub> (cm)	2.931	1.795	1.36	2.01	4.54	3.25
Ht <sub>LLN</sub> (cm)	1.936	1.232	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Wt <sub>PRD</sub> (Kg)		0.836				
Wt <sub>LLN</sub> (Kg)		0.481	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
R <sub>2</sub>	0.25	0.21	0.28	0.12	N.A.	N.A.

Ht<sub>PRD</sub>, Wt<sub>PRD</sub> coefficient is used for prediction equation and Ht<sub>LLN</sub>, Wt<sub>LLN</sub> is used (replaces Ht<sub>PRD</sub>, Wt<sub>PRD</sub>) for the lower limit of normal equation.

PEF (L/min) =  $b_0 + b_1 + b_2 \cdot \text{age}^2 + b_3 \cdot \text{age}^3 + b_4 \cdot \text{height} + b_5 \cdot \text{weight}$

N.A. : Not available.

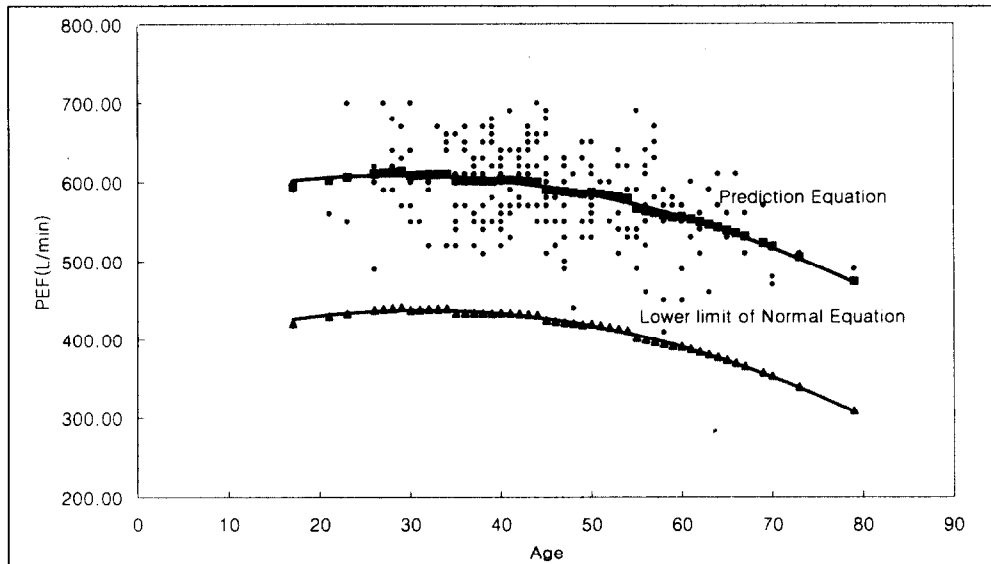
Korean<sup>1</sup> : Present study, Korean<sup>2</sup> : Study by Kim MC et al.

Japanese : Study by Kazuharu Tsukioka et al.

<sup>1</sup>Prediction of normal equations for PEF measured by mini-wright peak flow meter(study by nunn AJ et al.)

British Male :  $\text{Log}_e \text{ PEF(L/min)} = 0.544 \text{ Log}_e \text{ age} - 0.0151 \times \text{age} - 74.7/\text{height(cm)} + 5.48$

British Female :  $\text{Log}_e \text{ PEF(L/min)} = 0.376 \text{ Log}_e \text{ age} - 0.0120 \times \text{age} - 58.8/\text{height(cm)} + 5.63$



**Fig. 1.** Prediction and lower limit of the normal equations for PEF measured by the mini-wright peak flow meter (Korean male)

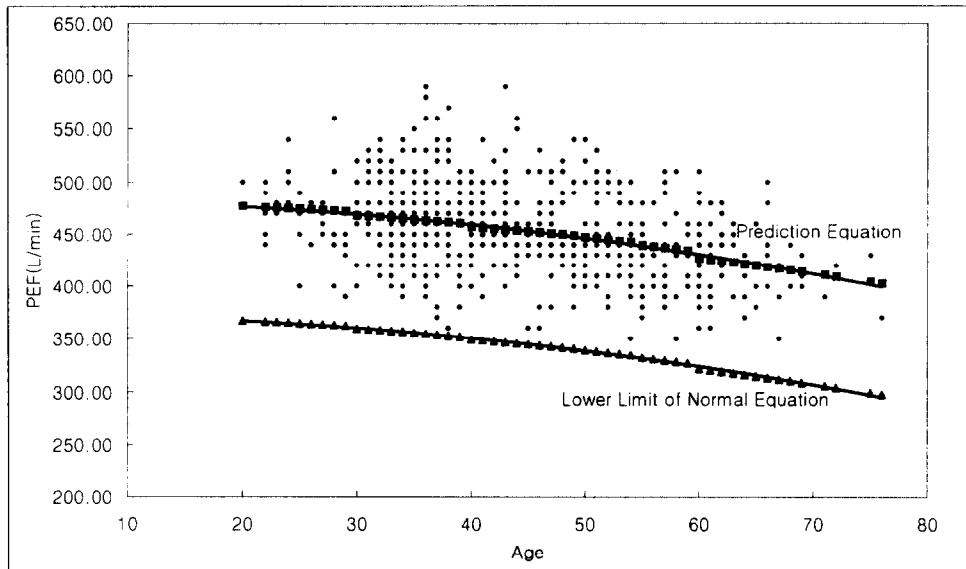


Fig. 2. Prediction and lower limit of the normal equations for the PEF measured by the mini-wright peak flow meter (Korean female)

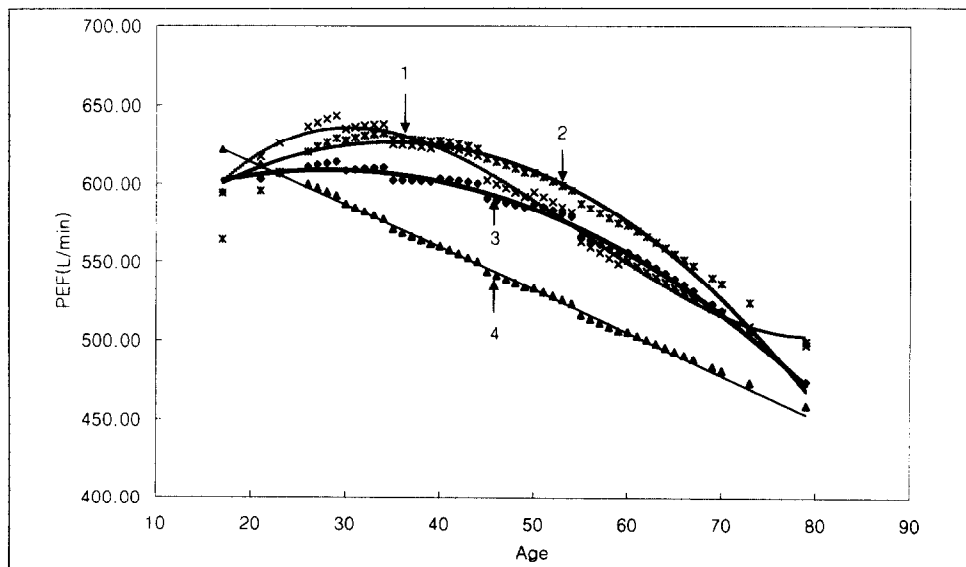


Fig. 3. Comparison of the prediction equation (PEF measured by the mini-wright peak flow meter in male)  
 1 : Japanese, 2 : British (Study by Nunn AJ et al), 3 : Korean (Present study), 4 : Korean (Study by Kim MC)

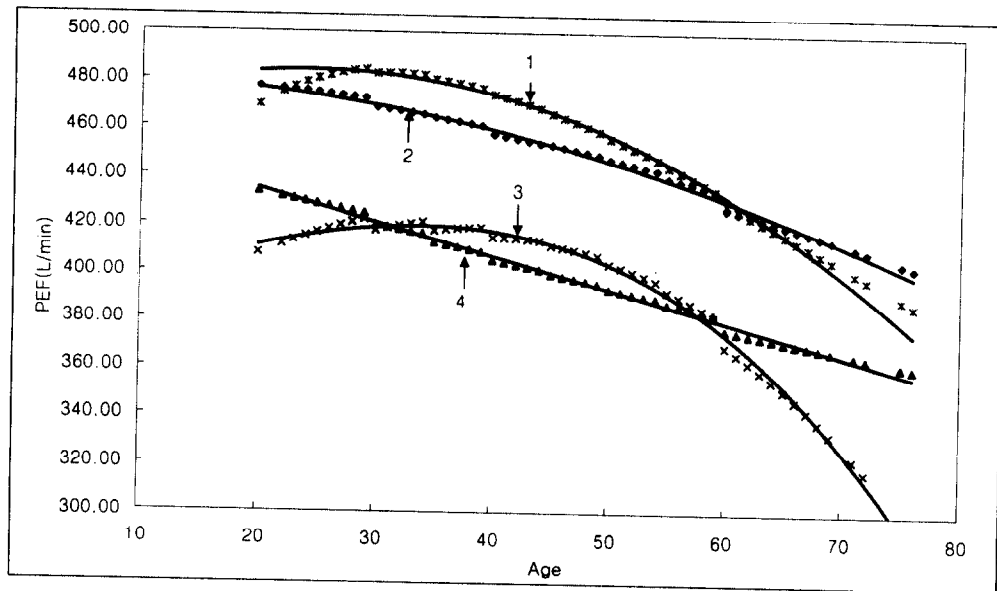


Fig. 4. Comparison of prediction equation (PEF measured by mini-wright peak flow meter in female)

1 : British (Study by Nunn AJ et al), 2 : Korean (Present study), 3 : Japanese, 4 : Korean (Study by Kim MC)

Table 6. Prediction and lower limit of normal equations for PEF measured by spirometry

	Korean <sup>1</sup>		Korean <sup>2</sup>		Korean <sup>3</sup>	
	Male N=233	Female N=631	Male N=129	Female N=125	Male N=361	Female N=761
Intercept	-3.407	-1.105	0.73	1.29	N.A.	-1.550
Age	0.082		-0.05	-0.03	N.A.	-0.0231
Age <sup>2</sup>	-0.001	-0.00037			N.A.	
Age <sup>3</sup>					N.A.	
Ht <sub>PRD</sub> (cm)	0.068	0.048	0.05	0.03	N.A.	0.0510
Ht <sub>LLN</sub> (cm)	0.042	0.034	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
Wt <sub>PRD</sub> (Kg)		0.009			N.A.	0.0132
Wt <sub>LLN</sub> (Kg)		0.0005	N.A.	N.A.	N.A.	N.A.
R <sup>2</sup>	0.24	0.28	0.22	0.19	N.A.	0.295**

Ht<sub>PRD</sub>, Wt<sub>PRD</sub> coefficient is used for prediction equation and Ht<sub>LLN</sub>, Wt<sub>LLN</sub> is used (replaces Ht<sub>PRD</sub>, Wt<sub>PRD</sub>) for the lower limit of normal equation.

PEF (L/sec) =  $b_0 + b_1 + b_2 \cdot \text{age}^2 + b_3 \cdot \text{age}^3 + b_4 \cdot \text{height} + b_5 \cdot \text{weight}$

\*\* : Correlation coefficient

Korean<sup>1</sup> : Present study, Korean<sup>2</sup> : Study by Kim MC et al.

Korean<sup>3</sup> : Study by Cho WK et al.



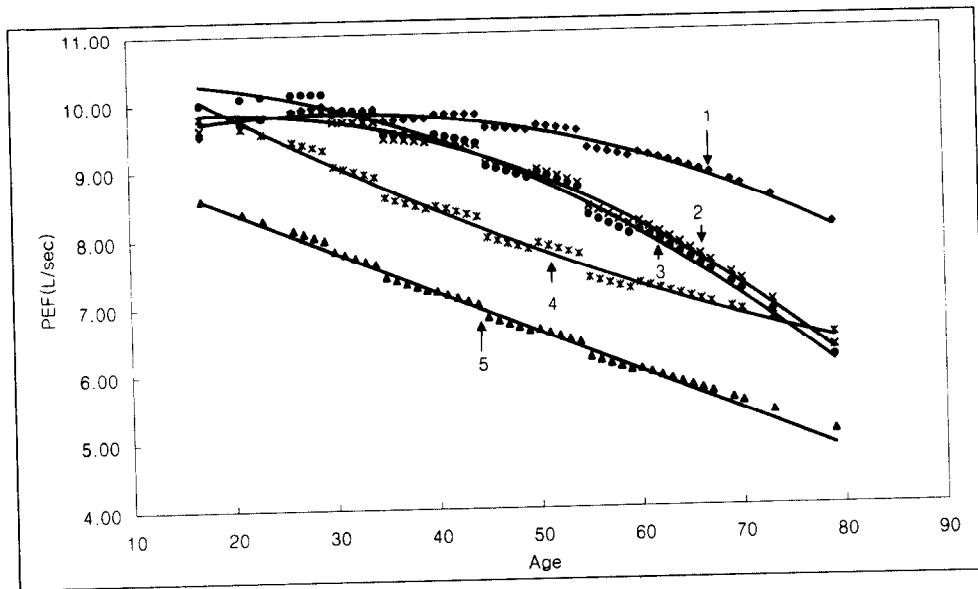
**Table 7.** Prediction and lower limit of normal equations for PEF measured by spirometry

	Caucasian		African-American		Mexican-American	
	Male N=477	Female N=927	Male N=422	Female N=772	Male N=506	Female N=872
Intercept	1.0523	0.9267	2.2257	1.3597	0.0870	0.2401
Age	0.08272	0.06929	-0.04082	0.03458	0.06580	0.06174
Age <sup>2</sup>	-0.001301	-0.001031		-0.000847	-0.00119	-0.001023
Ht <sub>PRD</sub> (cm)	0.000249	0.000186	0.000273	0.000197	0.000302	0.000222
Ht <sub>LLN</sub> (cm)	0.000176	0.000121	0.000189	0.000121	0.000218	0.000146
R <sup>2</sup>	0.7808	0.5559	0.7299	0.4736	0.7530	0.4699

Ht<sub>PRD</sub> coefficient is used for prediction equation and Ht<sub>LLN</sub> is used (replaces Ht<sub>PRD</sub>, Wt<sub>PRD</sub>) for the lower limit of normal equation.

$$PEF = b_0 + b_1 + b_2 * age^2 + b_3 * age^3 + b_4 * height + b_5 * weight$$

All male subject are older than 20 years old and all female subject are older than 18 years old  
(Study by Hankinson JL et al.)



**Fig. 5.** Comparison of prediction equation (PEF measured by spirometry in male)  
1 : Korean (Present study), 2 : Caucasian, 3 : Mexican-American, 4 : African-American, 5 : Korean(Study by Kim MC)

서 Spirometry를 이용해 측정한 한국인의 최고호기 유량의 정상추정치는 백인계 미국인이나 멕시코계 미국인의 수치보다 약간 높은 경향을 보이고, 흑인계 미국인의 수치보다 높았다. 그리고 김 등<sup>8</sup>의 이전 연구

결과에서 제시한 수치와는 많은 차이를 보였다(Fig. 5). 여성에서 Spirometry를 이용해 측정한 한국인의 최고호기유량의 정상추정치는 백인계 미국인이나 멕시코계 미국인의 수치와 유사하고, 흑인계 미국인의

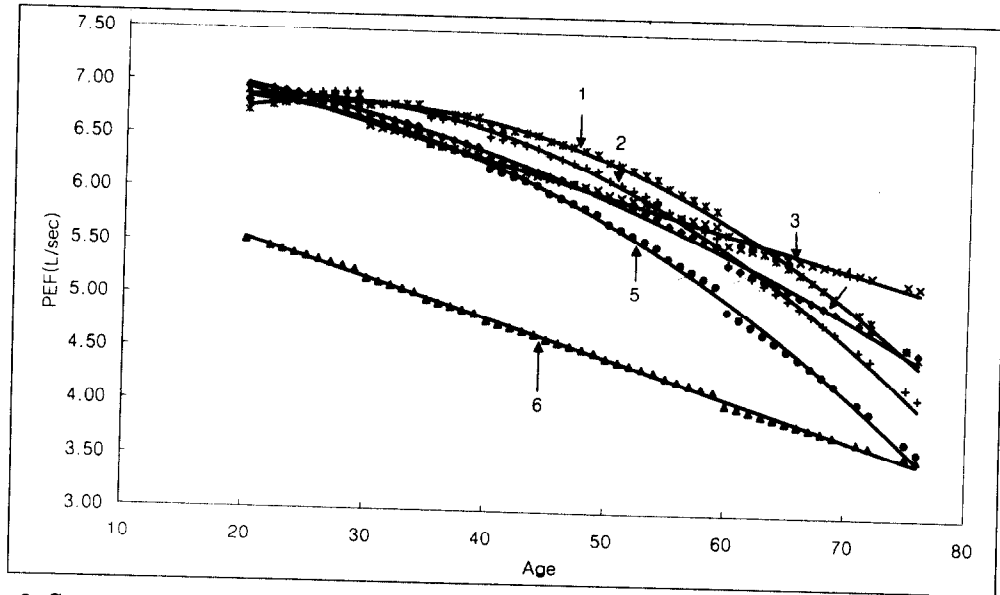


Fig. 6. Comparison of prediction equation (PEF measured by spirometry in female)  
1 : Caucasian, 2 : Mexican-American 3 : Korean(Study by Cho WK), 4 : Korean (Present study), 5 : African-American, 6 : Korean(Study by Kim MC)

수치보다 약간 높은 경향을 보였으나, 김 등<sup>8</sup>이 이전 연구 결과에서 제시한 수치와는 많은 차이를 보였다. 그러나 조 등<sup>7</sup>이 이전 연구결과에서 제시한 수치와는 거의 유사하였다(Fig. 6).

추정치의 평균값은 0.71, 남성에서 정상치의 하한선/정상추정치의 평균값은 0.76이었다.

## 고 찰

### 4. Mini Wright Peak Flow Meter로 측정된 최고호기유량과 Spirometry로 측정된 최고호기유량과의 상관관계

Mini Wright Peak Flow Meter로 측정된 최고호기유량과 Spirometry로 측정된 최고호기유량과의 관계를 알아보기 위해 상관분석을 시행한 결과 상관계수는 0.84711이었다( $p$ -value=0.0001).

### 5. 정상추정치와 정상치의 하한선과의 관계

각 회귀방식에 남성과 여성 각 연령군에서의 평균 신장과 평균 체중을 대입하여 정상추정치와 정상치의 하한선을 구하였다. 남성에서 정상치의 하한선/정상

폐기능 검사 결과는 기술적인 차이, 폐기능 검사 기계 자체의 차이, 수행과정, 검사자 및 피검자에 따른 차이, 질병과 관련이 없는 생물학적인 차이 및 질병 자체에 의해 결정된다. 폐기능 검사를 수행하고 해석하는데 있어 가장 중요한 것은 기술적인 차이를 가장 적게 하고 생물학적인 차이를 고려하면서 질병 자체에 의해 생기는 차이를 잘 알아내고 해석하는데 있다. 폐기능의 차이를 결정하는데 있어 가장 중요한 요소는 성별, 신체의 크기 및 연령으로 폐기능 검사 결과의 30%, 22%, 및 8%를 설명하고, 인종과 기술적인 차이가 폐기능의 20%, 3% 정도를 설명하며 나머지 27%는 아직 설명하지 못하는 개인적인 차이로 보고 있다<sup>11</sup>. 이번 연구에서 전체 연구 집단을 대상으로 회귀분석을 시행하여, 각 독립변수의 부분결정계수를 구

한 결과 성별, 신체의 크기 및 연령이 최고호기유량의 63%, 6%, 및 2%를 설명하였다. 한국인은 인종적 차이가 적기 때문에 나머지 요인 특히 성별이 최고호기유량에 영향을 가장 많이 미치는 것으로 나왔다.

신체의 크기를 대표하는 변수 중 가장 많이 사용하는 것은 서있는 상태에서 측정한 신장이다. 앉은 상태에서 측정한 신장은 측정하기도 쉽지 않을 뿐만 아니라 폐기능의 차이를 잘 설명하지 못하는 것으로 알려져 있다. 서 있는 상태의 신장을 제대로 측정할 수 없는 경우에는 양팔을 최대한 벌린 상태의 길이를 신장 대신 사용할 수 있다. 신체의 크기에 따른 효과를 교정한 이후에 소아에서는 여성이 호기유량이 더 크지만, 성인에서는 여성보다는 남성의 폐용량과 유속이 더욱 크다. 남성에서는 신장의 성장이 완전히 멈춘 이후에도 몇 년 동안 폐기능 수치가 증가하나, 여성에서는 폐기능 수치가 약간 증가하거나 변화가 없다. 일단 폐기능 수치가 정점에 달한 이후에는 연령의 증가에 따라 폐기능 수치가 계속 감소하게 된다. 이런 성별과 연령에 따른 폐기능 수치의 변화는 단면연구(cross-sectional study)에서는 잘 나타나지 않지만, 종단연구(longitudinal study)에서는 잘 나타난다. 인종의 차이가 폐기능을 결정하는 중요한 요소로 알려져 있다. 흉곽의 성장은 신장의 성장보다는 늦게 나타난다. 남성에서 폐용적은 신장의 성장이 멈춘 이후에도 성장을 계속하여 25세 경에 최고 수치에 도달한다. 그러나 여성에서는 약 16세 경에 최고 수치에 도달하는 것으로 알려졌다<sup>12,13</sup>. 이번 연구에서도 남성에서는 최고호기유량의 정상추정치가 30세를 전후하여 최고수치에 달하였으며, 여성에서는 최고호기유량의 정상추정치가 20세 이전에 이미 최고수치에 도달하였다.

유럽과 미국인을 포함하는 서양인이 다른 인종에 비해 폐용적 및 강제호기량이 크지만, FEV<sub>1</sub>/FVC의 비는 유사하다. 이런 폐기능의 차이가 나타나는 이유는 확실히 밝혀지지 않았지만, 환경적인 원인 예를 들면 영양상태, 신체 수형상태, 대기오염 및 사회경제적인 요인에도 기인한다고 생각하고 있다. 단면연구나 종단연구에 나타난 폐의 성장은 신장의 성장과 일치하

지 않는다.

정상추정치를 구하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 폐기능에 영향을 미친다고 알려진 요소(예를 들면, 성별, 나이, 신장, 인종)가 동일한 집단을 모아 평균치를 구하는 방법과 성별, 나이 및 연령의 함수로 표시되는 회귀방정식을 구하는 것이다. 첫째 방법은 현실적으로 실현 불가능하기 때문에 대부분은 회귀방정식을 구하여 정상추정치를 구한다. 성인에서 폐기능의 정상추정치를 구하기 위한 회귀방정식을 구하는데 가장 많이 사용하는 것이 연령에 대한 1차 선형모델(Linear regression model)로 이를 이용해 회귀방정식을 구할 경우 폐기능의 특성상 각 회귀방정식 양쪽 극단의 연령에서는 정상추정치와 실제 관측치 사이에 차이가 많이 발생한다. 그래서 연령의 분포가 넓은 경우에는 여러 연령군으로 나누어 각 연령군에 따라 선형 회귀방정식을 구하게 된다. 그러나 이런 방법을 사용할 경우에도 연령군의 변하는 곳에서는 정상추정치가 각각 다르게 계산된다. 최근에는 이런 단점들을 보완하기 위해 연령과 성별에 대한 2차 혹은 3차 방정식을 구해, 실제 관측치와 정상추정치 사이의 오차를 줄인다. 조<sup>7</sup> 등의 연구와 김<sup>8</sup> 등의 연구에서는 연령에 대한 1차선형모델을 이용해 회귀방정식을 구하였으나, 이번 연구에서는 연령에 대한 2차방정식 모델을 이용해 회귀방정식을 구하여 가능한 양쪽 극단 연령에서의 오차를 줄이도록 노력하였다. 회귀방정식에 의한 정상추정치와 실제 관측치 사이의 오차를 알아보기 위하여 결정계수(Coefficient of determination : R<sup>2</sup>)와 정상추정치의 표준오차(Standard error of estimate)를 구한다. 결정계수가 클수록, 정상추정치의 표준오차가 적을수록 그 회귀방정식으로 구한 정상추정치와 실제 관측치와의 오차가 적다. 이번 연구에서 각 회귀방정식의 결정계수는 남성에서는 0.25 여성에서는 0.21로 김<sup>8</sup> 등이 시행한 이전 연구의 결정계수와 비교하였을 때 남성에서는 유사하였으나, 여성에서는 훨씬 높았다. 이런 결정계수와 추정치의 표준오차는 예측치와 실제관측치와의 오차가 얼마나 큰가를 나타내지만, 관측치의 분포를 나타내거나 대변

하지 못하고, 정상추정치의 범위를 결정하는데 도움을 주지 못한다. 그러므로 정상추정치를 구하는 연구에서는 정상추정치에 대한 회귀방정식을 제시할 뿐만 아니라, 정상치의 하한선까지 제시하여야 한다. 일반적으로는 정상인을 대상으로 구한 폐기능 검사 수치의 아래 5 percentile에 해당하는 수치를 정상치의 하한선으로 정의한다. 일반적으로 인구 집단을 대상으로 하는 폐기능의 연구에서 FEV<sub>1.0</sub>과 FVC는 일반적으로 정규분포를 따른다고 알려져 있으나 나이가 적거나 많은 경우에는 정규분포를 따르지 않고, 유량 혹은 비(ratio)에 대한 측정치는 대칭분포를 하지 않는다고 알려져 있다. 정상치의 하한선은 원 자료에서도 구할 수도 있지만, 관측치가 정규분포를 따를 경우에는 아래 5 percentile에 해당하는 수치는 정상추정치  $-1.645 \times \text{SEE}$ 로 구할 수 있다<sup>9</sup>. 이번 연구에서는 지금까지 우리나라에서 발표된 논문 중에서는 최초로 최고호기유량이 정규분포를 따름을 직접 밝힌 후, 정상치의 하한선을 구하는 회귀방정식까지 제시하였다.

폐기능의 정상추정치는 일반 인구집단에서 건강인을 대표하는 표본에서 나온 평균값을 통해 구해야 한다. 이를 위해서는 다음과 같은 조건을 만족해야 한다. 첫째, 과거 혹은 현재 호흡기질환을 앓은 적이 없어야 한다. 예를 들면, 기침, 가래, 천식과 같은 호흡기 증상이 없어야 하고, 이전에 의사로부터 천식, 기관지염, 폐기종, 결핵 같은 병을 진단 받지 않았어야 하며, 폐나 흉부의 질환으로 입원한 적이 없어야 하고, 심장질환을 앓은 적이 없고, 흡연을 하지 않았어야 한다. 둘째, 진찰 소견상 이상이 없어야 하고 셋째, 흉부단순촬영결과 이상 소견이 없어야 한다. 이중 표본을 선택하는데 있어 가장 중요한 기준은 과거에 호흡기질환을 앓은 적이 없는 것과 호흡기 질환으로 인한 증상이 없는 것이다. 비록 일반 인구집단에서 임의표본 추출하는 것이 가장 이상적이지만 한 연구결과에 의하면 입원환자를 제외하였으면 평균치나 분포를 보는 연구에서는 표본을 추출하는 방법 자체가 크게 문제가 되지 않는다고 알려져 있다<sup>9</sup>. 일반적으로 FEV<sub>1.0</sub>이나 FVC는 정상추정치의 80% 미만을 비정

상으로 본다. 일반적으로 성인에서, 평균 신장과 평균 연령에서는 정상추정치의 80%에 해당하는 수치가 아래 5 percentile에 해당하는 수치와 일치하지만 나이가 적거나 많은 경우에는 오차가 생길 수 있다. FEF<sub>25-75</sub>%나 순간유속을 나타내는 수치에서는 80%보다는 정상추정치의 50%에 해당하는 값이 아래 5 percentile에 해당하는 수치라고 알려져 있다<sup>14,15</sup>. 이번 연구결과 Mini-Wright Peak Flow Meter로 측정한 최고호기유량은 남성에서는 정상추정치의 71%에 해당하는 수치가, 여성에서는 정상추정치의 76%에 해당하는 수치가 아래 5 percentile에 해당하는 수치였다.

이번 연구결과는 김<sup>8</sup> 등의 이전 연구 결과와는 많은 차이를 보였다. 그러나 이번 연구가 김<sup>8</sup> 등이 시행한 이전 연구에 비해서 훨씬 더 많은 정상인을 대상으로 시행하였고, 여성에서의 결정계수가 이전 연구결과에 비해 높았으며, 회귀방정식으로 연령에 대한 이차방정식 모델을 이용하였으므로 이전 연구에 비해 실제 정상추정치에 더 가깝다고 볼 수 있다. 특히 Spirometry로 측정한 여성의 최고호기유량이 비교적 많은 수의 정상인을 대상으로 시행한 조<sup>7</sup> 등의 연구결과와 유사하여 이번 연구결과가 이전의 연구 결과에 비해 타당도가 높을 것으로 추측할 수 있다. 그러나 확실한 결론을 내리기 위해서는 더 많은 수의 정상인을 대상으로 한 연구가 계속되어야 할 것이다.

## 요 약

### 연구배경 :

최고호기유량은 비교적 간단하고, 반복적으로 기도폐쇄의 정도를 양적으로 나타낼 수 있는 수치로, 최근 천식의 치료방침을 결정하는데 있어 최고호기유량 측정의 중요성을 강조하고 있다. 외국에서는 정상 성인에서의 최고호기유량의 추정정상치를 구하기 위한 대규모 단면연구가 시행되었으나 1991년 American Lung Association에서 정한 기준을 정확히 적용하여 추정정상치 뿐만 아니라, 최고호기유량의 정규분포성

을 검정하고 정상치의 하한선까지 제시한 대규모 단면 연구가 시행되지 않았다. 이번 연구를 통해 정상 성인을 대상으로 한국인에서의 추정정상치를 구해 이전의 연구결과 및 외국인을 대상으로 한 연구결과와 비교하며, 정상치의 하한선을 구함으로써 한국인에서의 최고 호기유량의 특성을 알아보려고 하였다.

#### 방 법:

1997년 8월부터 2000년 1월까지 세브란스 건강검진 센터에 내원한 정상 성인 중 과거에 폐질환을 앓은 적이 있거나, 호흡기 증상을 호소하거나 흡연을 한 적이 없는 남성 233명과 여성 631명을 대상으로 Mini Wright Peak Flow Meter와 Jaeger Master Lab의 폐기능검사기를 이용하여 최고호기유량을 측정한 후 다중회귀분석을 시행하여 정상추정치에 대한 회귀방정식을 구하였다. 또한 최고호기유량의 정규분포성에 대한 검정을 시행한 후 정상치의 하한선에 대한 회귀방정식을 구하고 이를 외국 및 이전에 한국에서 시행한 연구결과와 비교하였다.

#### 결 과:

Mini Wright Peak Flow Meter를 이용하여 측정한 최고호기유량의 정상추정치(PEF: L/min)는 남성에서는  $25.117 + 4.587 \times \text{연령}(\text{year}) - 0.064 \times \text{연령}^2 + 2.931 \times \text{신장}(\text{cm})$ 이었고( $R^2=0.25$ ), 여성에서는  $146.942 - 0.011 \times \text{연령}^2 + 1.795 \times \text{신장}(\text{cm}) + 0.836 \times \text{체중}(\text{kg})$ 이었다( $R^2=0.21$ ). 최고호기유량의 정상치의 하한선은 남성에서는  $25.117 + 4.587 \times \text{연령}(\text{year}) - 0.064 \times \text{연령}^2 + 1.936 \times \text{신장}(\text{cm})$ 이었고, 여성에서는  $146.942 - 0.011 \times \text{연령}^2 + 1.232 \times \text{신장}(\text{cm}) + 0.481 \times \text{체중}(\text{kg})$ 이었다. 최고호기유량은 정규분포를 하였다. 남성에서 Mini-Wright Peak Flow Meter로 측정한 한국인의 최고호기유량의 정상추정치는 영국인 및 일본인의 수치와 유사하였다. 여성에서 Mini-Wright Peak Flow Meter로 측정한 한국인의 최고호기유량의 정상추정치는 영국인의 수치와 유사하였고 일본인의 수치보다는 높았다. 남성에서는 정상추정치의 71% 이하를 여성에서는 정상추정치의 76% 이하를 비정상적인 수치를 볼 수 있었다.

#### 결 론:

호흡기질환이 없는 건강한 남성 233명과 여성 631명을 대상으로 Mini Wright Peak Flow Meter로 최고 호기유량을 측정하여 정상추정치 및 정상치의 하한선을 구하였다. 이는 외국인을 대상으로 한 연구결과와 차이를 보였고, 한국인을 대상으로 한 이전 연구결과와도 차이가 있었다. 향후 한국인을 대상으로 한 최고 호기유량의 정상추정치에 대한 연구가 계속 진행되어야 할 것이다.

#### 감사의 글

이번 연구를 위해 적극적으로 협조해 주신 세브란스병원 건강증진센터 오재준 소장님과 오랜 기간동안 최고 호기유량을 직접 측정해 주신 세브란스병원 건강증진센터 폐기능검사실의 안애란 선생님께 감사의 인사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. National Heart, Lung, and Blood Institute. Guidelines for the Diagnosis and Management of Asthma. Nih Publication No. 97-4051. National Institute of Health; 1997.
2. Nunn AJ, Gregg I. New regression equations for predicting peak expiratory flow in adults. Br Med J 1989;298:1068-70.
3. Kazuharu Tsukioka. Peak Expiratory Flow in Normal Healthy Japanese Subject. Japan: 株式会社 協和企劃通信, 1995.
4. Hankinson JL, Odencrantz JR, Feden KB. Spirometric Reference Value from a Sample of the General U.S. Population. Am J Respir Crit Care Med 1999;159:179-87.
5. 정태훈, 전재은, 이장백, 박희명. 환기역학검사의 추정정상치에 관한 연구 II. 최대 호기유량곡선의 분석을 중심으로. 대한의학협회지 1980;23(11):

- 985-91.
6. 김재문, 정은택, 정원재, 박정옥, 최인선, 박경옥.  
노력성 호기곡선에 의한 폐기능검사의 추정정상치  
에 관한 연구. 결핵 및 호흡기질환 1984;31(1):1  
-9.
7. 조원경, 김은옥, 명승재, 박승민, 고윤석, 김우성,  
이부송, 김원동. 비흡연 및 흡연 성년 한국인에서  
노력성호기곡선을 이용한 폐활량측정법 검사지표  
들의 추정상치 및 이에 대한 흡연의 효과. 결핵 및  
호흡기질환 1994;41(5):521-30.
8. 김민철, 권기범, 임동현, 송창석, 정용석, 장태원,  
유호대, 정만홍. Peak Flow Meter로 측정한 최대  
호기류속도(PEF)의 추정정상치 및 기타환기기능  
검사와의 상관관계. 결핵 및 호흡기질환 1998;45  
(5):1000-11.
9. Medical Section of the American Lung Associa-  
tion. Lung Function Testing : Selection of Refer-  
ence Value and Interpretative Strategies. Am  
Rev Respir Dis 1991;144:1202-18.
10. Medical Section of the American Lung Associa-  
tion. Standardization of Spirometry 1994 Update.  
Am J Respir Crit Care Med 1995;152:1107-36.
11. Becklake MR. Concepts of normality applied to  
the measurement of lung function. Am J Med  
1986;80:1158-63.
12. DeGroot EG, van Pelt W, Quanjer PhH, van  
Zolmeren BC, Borsboom GJJM. Growth of lung  
and thorax dimensions during the pubertal  
growth spurt. Eur Respir J 1988;1:102-8.
13. Schrader PC, Quanjer PhH, van Zolmeren BC,  
Wise ME. Changes in the FEV<sub>1.0</sub>-height ra-  
tionship during pubertal growth. Bull Eur  
Physiopathol Respir 1984;20:381-8.
14. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows  
B. Changes in the normal maximal expiratory  
flow volume curve with growth and aging. Am  
Rev Respir Dis 1983;127:725-34.
15. Paoletti P, Pistelli G, Fazzi P, Viegi G, Di Pede F,  
Giuliano G, et al. Reference values for vital ca-  
pacity and flow-volume from a general popula-  
tion study. Bull Eur Physiopathol Respir 1986;  
22:451-9.