

# 체중 잔차를 이용한 12세 아동의 정상 폐기능 예측식

강종원, 주영수, 성주현, 조수현

서울대학교 의과대학 예방의학교실

## Prediction Equations for FVC and FEV1 among Korean Children Aged 12 Years

Jong-Won Kang, Yeong-Su Ju, Joohon Sung, Soo-Hun Cho

Department of Preventive Medicine, Seoul National University College of Medicine

**Objectives.** Changes in lung function are frequently used as biological markers to assess the health effects of criteria air pollutants. We tried to formulate the prediction models of pulmonary functions based on height, weight, age and gender, especially for children aged 12 years who are commonly selected for the study of health effects of the air pollution.

**Methods.** The target pulmonary function parameters were forced vital capacity(FVC) and forced expiratory volume in one second(FEV1). Two hundreds and fifty-eight male and 301 female 12-year old children were included in the analysis after excluding unsatisfactory tests to the criteria recommended by American Thoracic Society and excluding more or less than 20% predicted value by previous prediction equations. The weight prediction equation using height as a independent variable was calculated,

and then the difference of observed weight and predicted weight (i.e. residual) was used as the independent variable of pulmonary function prediction equations with height.

**Results.** The prediction equations of FVC and FEV1 for male are  $FVC(ml) = 50.84 \times \text{height}(cm) + 7.06 \times \text{weight residual} - 4838.86$ ,  $FEV1(ml) = 43.57 \times \text{height}(cm) + 3.16 \times \text{weight residual} - 4156.66$ , respectively. The prediction equations of FVC and FEV1 for female are  $FVC(ml) = 42.57 \times \text{height}(cm) + 12.50 \times \text{weight residual} - 3862.39$ ,  $FEV1(ml) = 36.29 \times \text{height}(cm) + 7.74 \times \text{weight residual} - 3200.94$ , respectively.

*Korean J Prev Med 1999;32(1):60-64*

**Key Words:** FVC, FEV1, prediction equation, childhood

## 서론

폐기능검사는 호흡기질환의 진단과 치료효과 및 폐기능의 장애 정도 판정에 요구되는 기본적인 술기이다. 비교적 수행이 간편하여 임상 및 역학분야에서 널리 사용되고 있으며, 미국 흉부학회의 경우는 호흡기 질환자와 호흡기 질환이 발생할 위험이 있는 사람에 대한 일상적인 검사에 포함시키도록 추천하고 있다(Morgan, 1979; Crapo 등, 1981; 정규철 등, 1991). 폐기능검사는 이러한 호흡기질환의 진료에 필요한 임상검사로서만 아니라 환경오염에 대한 생체감시지표(biological monitoring marker)의 하나로서도 활용되고 있다. 즉 대기오염에 의한 건강영향지표로서 대기 중의 오존, 질소

산화물, 분진 등의 농도 변화에 따른 폐기능검사치의 변동량이 자원자를 대상으로 한 실험결과(Silverman 등, 1976; Hazucha, 1987)와 역학조사결과로서 제시되고 있다(Skeptor 등, 1988; Skeptor 등, 1991; Devlin, 1998). 우리 나라에서도 최근 들어 폐기능검사를 활용하여 대기오염에 의한 건강영향평가를 시도하고 있는데(환경부, 1994; 환경부, 1997), 성인들을 대상으로 하는 것보다는 어린이들을 대상으로 하는 것이 흡연, 직업 등과 같은 교란변수의 통제와 지역의 환경 특성을 보다 잘 반영하고 있다는 등의 장점이 있어 선호되고 있다.

폐기능검사 항목에는 폐용적에 관한 항목과 노력성 폐기능 항목, 그리고 기타 폐 환기능 등의 여러 항목들이 있어서 다양하게 적용되고 있는데, 이들 중에서 호

흡측정기(spirometry)를 이용한 시간-기량(氣量)(time-volume), 유량-기량(flow-volume)곡선으로부터 유도되는 폐용적에 관한 자료로서 노력성폐활량(forced vital capacity; FVC)와 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume in one second; FEV1)이 가장 기본적인이다(Enright 등, 1991; 윤경애 등, 1993).

Hutchinson(1846)이 2,000명 이상의 남성을 대상으로 폐활량(vital capacity)을 측정하여 폐활량이 체중, 신장, 연령과 관계가 있다고 보고한 이후, 아동기로부터 성장과 관련한 폐기능의 발달과 일정시점을 넘어선 고령화에 따른 폐기능 저하에 대한 연구가 다양한 대상을 상대로 수행되어 왔다. 그 결과 폐기능은 연령, 신체발육, 인종, 성별에 따라 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Schoenberg 등, 1978; Crapo 등, 1981; Knudson 등, 1983; 정규철 등, 1991; Nadel, 1994). 특히, FVC와 FEV1은 남자는 16-20세, 여

접수 : 1998년 2월 10일, 채택 : 1999년 1월 2일. \*이 논문은 1997년도 서울대학교병원 임상연구비 지원에 의해 이루어진 것임.  
교신저자 : 주영수 한림대학교 의과대학 사회의학교실 (휴대전화 : 019-226-2329, e-mail : zorro@hanimail.com)  
저자들의 현재 소속: 강종원(충북대 의대 예방의학교실), 주영수(한림대 의대 사회의학교실), 성주현(강원대 의대 예방의학교실)

자는 14-18세를 전후해서 정점에 달해 그 이후로 연령증가에 따라 감소하며, 사춘기를 전후한 급속한 성장기(growth spurt)에 신체 발육에 따라 급속히 증가하는 것으로 알려져 있다(Schmidt 등 1973; Schoenberg 등, 1978; Schwartz 등, 1988; 정규철 등, 1991).

우리 나라에서도 소아의 폐기능 정상치에 대한 연구가 일부 수행되었으나 일치되지 않은 결과를 보이고 있으며(양선영 등, 1989; 윤경애 등, 1993), 그렇다고 해서 인종간의 차이, 특히 trunk-leg ratio 차이가 명백한 외국인의 정상 예측식을 그대로 우리 소아들에게 적용하는 것은 더욱 무리가 있을 것으로 판단된다. 성인에서는 성별과 연령 그리고 신장을 독립변수로 하는 예측식을 사용하는 것이 일반적이나, 사춘기를 전후한 급속한 성장기 아동은 신장과 같은 체격조건과 체중 성장이 반드시 동시에 이루어지지 않으므로, 이러한 변수들을 이용하여 폐기능을 예측하는 데는 다소 문제가 있다. 따라서 대부분의 연구들에서는 체중, 신장 등의 신체계측지수와 함께, 연령, 성별을 주요 예측변수로 중회귀분석을 통해 폐기능 예측식을 산출하고 있다(Morris와 Koski, 1971; Schoenberg 등, 1978; Schwartz 등, 1988; 정규철 등, 1991; 윤경애 등, 1993). 그러나, 체중, 신장, 연령 등은 대개 뚜렷한 양의 상관관계들을 보일 수 있으므로 이들 변수가 동시에 회귀식에 포함될 경우는 다중공선성(multiple collinearity)에 의해 변수들의 통계적 유의성이 왜곡되어 나타날 수 있다. 이런 경우에 통계적으로 이들 신체계측지표들간의 다중공선성 문제를 해결하기 위하여 잔차(residual)를 이용한 회귀분석을 수행할 수 있다.

본 연구에서는 환경오염과 관련된 건강효과 연구에서 흡연 등 교란변수의 영향을 가장 효과적으로 배제할 수 있으면서 폐기능검사가 제대로 시행될 수 있는 연구대상으로 선호되고 있는 특정 연령층인 12세의 폐기능검사 값을 이용하여, 보다 정확한 FVC와 FEV1 예측식을 산출하고자 하였다. 특히, 12세의 연령은 천

식 등 알레르기성 호흡기 질환에 가장 취약한 연령층으로 알려져 있어서, 이들에 대한 표준적인 예측식의 작성은 향후의 대기오염관련 연구에 기여할 수 있을 것으로 생각되었다. 이는 곧 대기오염에 의한 건강영향을 폐기능검사치로써 경시적으로 또는 지역적으로 비교함에 있어 필수적인 과정이기도 하다.

## 연구 대상 및 방법

### 1. 연구 대상

대기오염에 의한 건강영향을 평가하는 과정에서 흡연과 직업 등 교란변수의 영향을 배제할 수 있으면서, 한편으로는 원활한 의사소통으로 폐기능검사를 제대로 수행할 수 있고, 또한 호흡기계 질환에 대한 유병 상태를 평가할 목적으로 작성된 설문지의 이해도 등을 감안하여 중학교 1학년생을 연구 대상으로 하였다. 본 연구에서 사용된 자료는 1996년 상반기에 수행한 바 있는 '환경성 질환의 감시체계 개발'의 세부연구(환경부, 1997)의 일환으로 수행된 연구 자료 중 조사기일을 기준으로 만 12세이면서, 현재 천식 등 호흡기 증상이 있거나 기존 연구 결과(정규철 등, 1991)에서 제시된 예측식을 적용하여 FVC이나 FEV1이 정상 예측치의 120%를 초과하거나 80% 미만인 대상자를 제외한 남녀 학생을 대상으로 하였다.

조사 대상 학교는 서울 6개교, 강원도(강릉시), 충청북도(충주시), 충청남도(천안시), 전라남도(여천시), 제주도(제주시) 각각 1개교씩 11개교였고, 이들 지역 학생의 성별은 충청북도와 제주도 소제 2개교를 제외하고는 남녀가 모두 포함되어 있었다. 전체 조사된 12세 연령의 대상자(남자 368명, 여자 441명) 중에서 제외기준에 해당되지 않아 최종적으로 폐기능 예측식 분석에 포함된 학생은 남자 258명, 여자 301명이었다.

### 2. 측정 방법

폐기능 검사는 3대의 휴대용 폐기능 검사기(HI-601, CHEST M.I.Inc., Japan; B/IEC601-1, Erich Jager, 독일; ST250,

Fukuda Sangyo, Japan)를 3명의 검사자가 사용하여 미국 흉부학회(1987) 방법에 따라 실시하였다. 측정기기의 기기간 오차 및 측정자간 오차를 최소화하기 위하여 일단 한 측정자는 한 기기만을 사용하여 폐기능검사를 수행하도록 하였고, 검사 이전에 동일한 대상자를 세 가지 측정기기 및 측정자가 교차측정하도록 하여 오차를 최소화하도록 하였다. 본 연구에 앞서 1개 중학교 두 개 반 학생 95명을 대상으로 예비조사를 실시하여 측정기기 및 측정자간 오차를 줄일 수 있도록 하였다.

폐기능검사는 측정전에 모든 피검자에게 검사방법을 자세히 설명하여 검사 과정을 충분히 주지하도록 하였고 검사자의 시범과 함께 흡기와 호기를 연습해 보도록 하였다. 검사는 일어난 자세로 실시하였고 코집게(noseclip)는 사용하지 않았다. Mouthpiece를 이로 가볍게 물고 입술을 꼭 다물게 하여 공기가 새지 않도록 하였다. 피검자에게 통상적인 호흡을 2-3회 하게 하여 기준선을 얻은 다음 최대한 흡기하도록 하고 이어 최대한 빨리 완전히 호기하도록 하였고 최소한 6초 이상 계속 호기하도록 하여 노력성 호출곡선(forced expiratory curve)을 기록하였다. 이 과정에서 피검자의 협조와 노력이 적절하지 않거나 호기과정에서 공기가 새거나 피검자가 허리를 많이 구부려서 검사중에 mouthpiece의 끝이 막힌 경우 검사를 부적절한 것으로 판정하여 다시 실시하였다. 적합한 검사가 적어도 3회 실시되었을 때 검사 결과 중 가장 좋은 것(the best)과 다음으로 좋은 것(second best)의 결과를 비교하여 그 차이가 FVC와 FEV1 모두에서 3% 이내, 혹은 50cc 이하인 경우 재현도가 적절한 것으로 판정하여 피검자에 대한 검사를 끝내도록 하였다. FEV1은 외삽(back extrapolation)하는 방법을 적용하여 산출하였다. FVC와 FEV1은 호출곡선 중에서 가장 큰 값을 최종 측정값으로 하였으므로 FVC, FEV1 이 각각 다른 곡선으로부터 얻어진 경우도 있었다.

대상자에게 자기기입식 설문지를 이용하여 설문조사를 실시하였는데, 조사 항

목에는 호흡기질환과 증상 등 폐기능검사와 관련이 있을 가능성이 있는 요인들을 포함시켰다. 신발을 신지 않고 실내복을 착용한 상태에서 체중 및 신장을 각각 체중계와 신장계를 사용하여 측정하였고 연령은 검사일을 기준으로 연(年)단위로 산출하였다.

3. 분석방법

측정된 결과를 이용하여 남녀 각각 신장을 독립변수로 한 체중의 회귀식을 산출하였다. 이와 함께 관찰된 체중과 신장을 통해 예측된 체중의 차이인 체중 잔차(residual)를 산출하였다. 이 잔차를 신장과는 상관관계가 없으면서 체중을 대변할 수 있는 변수값으로 간주하여 신장과 체중 잔차를 이용한 폐기능 회귀식에 독립변수로 적용하였다.

자료의 처리와 통계분석은 PC SAS for Windows version 6.12를 사용하였다.

연구 결과

1. 연구 대상자의 신장 및 체중 분포

최종적으로 분석에 포함된 폐기능 분석 대상자들의 신장, 체중 측정치들은 전체 12세 연령군과 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 1).

2. 신장-체중의 회귀분석

신장을 독립변수로 한 체중과 신장의 회귀분석 결과는 다음 표와 같다(Table 2).

3. 폐기능 예측식

신장-체중의 회귀식을 통해 산출된 기대 체중과 직접 측정된 관찰체중의 차이인 잔차를 신장과 더불어 독립변수로 하여 폐기능 예측식을 산출한 결과는 다음과 같다(Table 3). 예측식의 설명력(R<sup>2</sup>)은 남학생의 경우 FVC는 0.708, FEV<sub>1</sub>는 0.670이었고, 여학생에서는 FVC는 0.580, 그리고 FEV<sub>1</sub>는 0.513이었다.

폐기능 예측식 산출에 이용된 신장과 체중 잔차의 상관계수는 남학생에서 0.025(p=0.686), 여학생에서 0.009(p=0.882)로 유의한 상관관계는 없었다.

Table 1. Height and weight distribution of examinees

	Total Examinees				Examinees Analysed			
	Male (n=368)		Female (n=441)		Male (n=258)		Female (n=301)	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Height(cm)	152.03	7.65	153.95	5.87	152.31	7.46	153.99	5.71
Weight(kg)	44.80	10.19	46.12	8.60	45.63	10.29	45.92	8.34

Table 2. Weight prediction equations using height by age

Weight prediction equations		adjusted R <sup>2</sup>	p-value
Male(n=258)	Weight(kg) = 0.904 × height(cm) - 92.585	.456	< 0.0001
Female(n=301)	Weight(kg) = 0.941 × height(cm) - 98.804	0.411	< 0.0001

Table 3. Prediction equations for FVC and FEV1

Prediction equations for FVC and FEV1		adjusted R <sup>2</sup>	p-value
Male (n=258)	FVC(ml) = 50.84 × height(cm) + 7.06 × WR* - 4838.86	0.708	< 0.0001
	FEV <sub>1</sub> (ml) = 43.57 × height(cm) + 3.16 × WR - 4156.66	0.670	< 0.0001
Female (n=301)	FVC(ml) = 42.57 × height(cm) + 12.50 × WR - 3862.39	0.580	< 0.0001
	FEV <sub>1</sub> (ml) = 36.29 × height(cm) + 7.74 × WR - 3200.94	0.513	< 0.0001

\*WR: weight residual

Table 4. Prediction of FVC and FEV1 using height, weight or combined height & weight as independent variables

Variable	Male(n=258)		Female(n=301)		
	FVC	FEV <sub>1</sub>	FVC	FEV <sub>1</sub>	
Height (cm)	β	51.02	43.66	42.69	36.36
	S.E.	2.10	1.92	2.34	2.15
	p-value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	R <sup>2</sup>	0.695	0.668	0.526	0.488
Weight (kg)	β	28.77	23.04	26.35	20.69
	S.E.	2.11	1.94	1.77	1.68
	p-value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
	R <sup>2</sup>	0.419	0.352	0.423	0.335
Height & Weight	β	44.46	40.72	30.80	29.00
	S.E.	2.78	2.59	2.90	2.76
	p-value	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Height & Weight	β	7.06	3.16	12.50	7.74
	S.E.	2.02	1.88	1.99	1.89
	p-value	0.0006	0.0934	0.0001	0.0001
R <sup>2</sup>		0.708	0.670	0.580	0.513
VIF*		1.831		1.738	

\*: Variance Inflation Factor

4. 신장, 체중, 신장 및 체중을 독립변수로 한 회귀분석 결과

체중-신장간의 상관계수는 남학생에서 0.680, 여학생에서 0.642이었고, 이는 통계적으로 유의하였다(p<0.0001). 전체적으로 신장-체중의 공선성은 심각한 정도는 아니었으나, 일부 폐기능지표(남학생의 FEV<sub>1</sub>)에서는 신장이 독립변수로 포함됨으로써 체중의 통계적 유의성이 없어지는 현상이 나타나, 통계적인 방법으

로 독립변수를 선정할 경우 중요한 변수를 제외시킬 가능성이 있는 것으로 판단할 수 있었다(Table 4).

고 찰

현재, 폐기능검사 예측식을 산출함에 있어서 중요한 쟁점의 하나는 예측식에 포함되는 독립변수를 무엇으로 할 것인가 하는 것이다. 기존 연구들에서는 체중

과 신장, 흉위, BMI(body mass index) 등의 신체계측변수와 연령, 성별, 인종 등의 변수를 다양하게 조합하여 독립변수로 적용하고 있으나, 뚜렷한 일치점을 찾기는 어렵다. 따라서 기존 연구들은 연구자들마다 사춘기전 학동기 아동에 대하여 노력성폐활량(FVC)과 1초간 노력성 호기량(FEV1)을 다양하게 표현하고 있으며 연령, 신장, 체중 그리고 이들 변수의 변형을 독립변수로 포함시키고 있기도 하다(Dickman 등, 1971; Woolcock 등, 1972; Shoenberg 등, 1978; Hsu 등, 1979; Wall 등, 1982; Knudson 등, 1983; Neukirch 등, 1988).

본 연구에서 적용한 회귀분석을 통해 잔차를 산출한 후 잔차를 독립변수로 사용하는 2단계 접근법은 원래 식이역학 분야에서 총 칼로리 섭취량을 보정한 상태에서 지방 섭취량의 영향을 평가하기 위해 개발된 방법이다(Willett, 1990). 이러한 방법을 적용하기 위해서는 1단계 회귀식을 적용하는 표준인구집단이 매우 중요하다. 본 연구에서는 연령, 성별이 동일한 일부 대상자를 일종의 표준 인구집단(reference population)으로 간주하였으나, 표본수나 도시 지역에 편중된 대상이라는 지역적 특성 등의 한계로 우리나라 전체의 해당 연령층 표준 인구집단과는 상이할 가능성이 있다는 제한점을 배제할 수가 없음을 사실이다. 현 시점에서는 우리나라의 객관적인 공식 통계자료를 얻기 어렵다는 제한점이 있어, 추후 연구를 통해 검증, 보완되어야 할 것으로 보인다. 또한 체중-신장의 예측식은 일반적으로 1차식으로 제시되고 있어 별 이론의 여지가 없는 것으로 판단되지만, 이 또한 성장기 아동에서도 동일하게 나타날 것인가에 대한 검증이 필요할 것이다.

폐기능 검사중에서 FVC를 결정하는 요인 중에서 현재까지 알려진 요인들과 그 기여 분율을 감안할 때(Becklake, 1986), FVC의 약 30%는 성별에 의해 결정되며, 연령은 약 8%를 설명한다. 신장, 체중 등의 신체계측지표가 약 20% 정도를 설명하여, 기타 직/간접 흡연, 소아기 병력 등이 합하여 7%, 그리고 아직 알려

져 있지 않은 부분은 20%에 이르고 있다. 인종은 10% 정도의 설명력을 가지고 있어 인종이 다른 외국의 자료를 그대로 우리 나라에 적용하기 어려울 것으로 보인다.

우리 나라 청소년들의 체위가 급격한 변동을 보이고 있으며, 성장이 활발한 청소년기의 폐기능 검사 정상 예측값은 개인의 성장 단계에 크게 영향을 받으므로 청소년기의 정상 폐기능 검사값의 예측식은 최근 자료를 이용하여 연령별로 제시되는 것이 바람직할 것이다. 본 연구 결과는 일부 연령층에 대해 국내 청소년기의 정상 폐기능 검사 예측식으로 적용될 수 있을 것으로 기대된다. 여학생의 경우는 초경을 전후하여 생리적인 변화가 영향을 미칠 가능성이 있으나, 본 연구에서는 이에 대한 조사 및 분석을 하지 못하였으므로 추후 이에 대한 연구도 또한 필요할 것으로 판단된다.

폐기능 검사 과정에서 중요한 요소의 하나인 온도 보정은 별도로 실시하지 않았으나, 조사의 진행 시기가 5월 중순부터 6월 말이었으며, 아침 9-12시에 검사를 실시하였으므로 기온 때문에 큰 오차가 발생하지는 않았을 것으로 판단된다. 또한, 검사자에게 2회에 걸쳐 전문가로부터 교육을 받도록 하였고, 약 100명의 동일 연령층 학생을 대상으로 예비조사를 실시하여 검사자에 대한 충분한 사전교육과 훈련을 거쳤으며, 3명의 검사자가 전체 검사를 실시하여 검사자 및 검사기에 따른 오차를 현장 조사로서는 최소로 줄일 수 있었다고 판단된다.

본 연구는 휴대용 폐기능 검사기를 이용한 현장조사(field study)로 수행되었다. 이러한 휴대용 폐기능 검사기는 검사실에 설치된 고정형 검사기에 비해 검사의 정확도가 떨어질 가능성이 있다. 반면 검사실에 내원하는 사람들만을 대상으로 검사를 수행하여 예측식 산출에 이용할 경우에는 대상집단을 규정하기 어려우며, 일반인구집단에게 확대적용하기 어렵다는 문제가 있을 수 있다. 이러한 면에서 본 연구와 같은 현장조사 형태로 수행된 연구의 결과는 휴대용 기기의 사용에서

오는 일부 정확도의 손실이 있을 것을 예상할 수는 있지만, 외적 타당도 측면에서는 검사실에서 수행된 연구에 비해 장점이 있을 것으로 판단된다.

**요 약**

환경오염과 관련된 건강효과 연구에서 흡연, 직업 등 교란변수의 영향을 효과적으로 배제할 수 있으면서 폐기능검사가 제대로 시행될 수 있는 연구대상으로 선호되고 있는 특정 연령층인 12세 학동의 보다 정확한 FVC와 FEV1 예측식을 만들고자 전국 11개 중학교의 학생들(남자 256명, 여자 301명)을 대상으로 측정된 신장, 체중, 그리고 폐기능검사 값으로 신장-체중의 회귀식을 유도하였고, 이를 통해 12세 인구의 신장별 표준체중을 산출하였다. 이 표준체중과 실측체중의 차이인 잔차를 독립변수로 하여 폐기능 예측식을 남녀별로 만들었는데, 남자의 경우는,  $FVC(ml) = 50.84 \times \text{신장}(cm) + 7.06 \times \text{체중 잔차} - 4838.86$ ,  $FEV1(ml) = 43.57 \times \text{신장}(cm) + 3.16 \times \text{체중 잔차} - 4156.66$  이었다. 여자에서는  $FVC(ml) = 42.57 \times \text{신장}(cm) + 12.50 \times \text{체중 잔차} - 3862.39$ , 그리고  $FEV1(ml) = 36.29 \times \text{신장}(cm) + 7.74 \times \text{체중 잔차} - 3200.94$  이었다. 이렇게 얻어진 예측값들의 설명력(R<sup>2</sup>)은 남자에서 FVC, FEV1가 각각 0.708, 0.670이었고, 여자에서는 FVC, FEV1가 각각 0.580, 0.513이었다.

**감사의 말씀** : 본 연구를 수행함에 있어 '환경성 질환의 감시체계 개발' 연구에 동참하였던 서울대학교 의과대학 예방의학교실 강대회 교수, 단국대학교 의과대학 예방의학교실 권호장 교수와 하미나 교수, 그리고 서울대학교 대학원 예방의학전공 김대성, 이충민 선생의 협조에 감사드립니다.

**참고문헌**

양선영, 나문주, 최원호, 김광우. 소아 폐기능검사 추정 정상치. 소아과 1989;32(2):206-14

- 윤경애, 임형식, 고영률, 김현. 우리 나라 학동기 아동의 폐기능검사 추정 정상치. *소아과* 1993;36(1):25-37
- 정규철, 안철민, 홍연표. 학동기에서 청년초기까지의 노력성 폐활량 및 1초량의 예측. *중양의대지* 1991;16(3):325-42
- 허명희, 서혜선. SAS 회귀분석. 자유아카데미, 1993, 쪽 3-1 - 4-19
- 환경부. 공단지역 주민건강 조사사업에 대한 종합분석 및 평가검토 보고서(1980-1994). 1994. 12.
- 환경부. 환경위해성 평가 및 관리기술 : 환경성질환의 감시체계 개발 (제2단계 1차년도 보고서). 1997. 1.
- American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1987 update. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:1285-98
- Becklake MR. Concepts of normality applied to the measurement of lung function. *Am J Med* 1986;80:1158-64
- Braunwald E, Isselbacher KJ, Petersdorf RG, Wilson JD, Martin JB, Fauci AS. Harrison's Principle of Internal Medicine, 11th ed. New York, McGraw-Hill Book Co., 1987, pp. 1049-1055
- Britton J, Martinez FD. The Relationship of Childhood Respiratory Infection to Growth and Decline in Lung Function. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:S240-5
- Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Res Respir Dis* 1981;123:659-64
- Devlin RB. Air Pollution: Human Health Studies. In: Rom WN(ed). Environmental & Occupational Medicine. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1998. p.1539-1548.
- Dickman ML, Schmidt DC, Gardner RM. Spirometric standards for normal children and adolescents(age 5 years through 18 years). *Am Rev Respi Dis* 1971;104:680-7
- Enright PL, Johnson LR, Connett JE, Voekler H, Buist AS. Spirometry in the lung health study. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:1215-1223
- Hazucha MJ. Relationship between ozone exposure and pulmonary function changes. *J Appl Physiol* 1987;62:1671-1680
- Hsu KHK, Jenkins DE, Hsi BP, Bourhofer E, Thompson B, Tanakawa N, Hsieh GSJ. Ventilatory functions of normal children and young adults-Mexican-American, white, and black. *J Pediatr* 1979;95:14-23
- Hutchinson J. On the capacity of the lungs and on the respiratory functions, with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Tr Med Chir Soc* 1846;29:137-252 : Cited from Ferris BGJ Stoudt HW. Correlation of anthropometry and simple tests of pulmonary function. *Arch Environ Health* 1971;22:672-676
- 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
- Miller A, Thornton JC, Smith H, Morris JF. Spirometric "abnormality" in a normal male reference population:Further analysis of the 1971 Oregon survey. *Am J Ind Med* 1980;1:55-68
- Morgan WKM. Clinical significance of pulmonary function tests. *Chest* 1979;75:712-5
- Morris JF, Koski A, Johnson LC. Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am Rev Respir Dis* 1971;103:57-67
- Nadel M. Textbook of Respiratory Medicine, 2nd ed., WB Saunders Co., Philadelphia, 1994 pp. 798-900
- Neter J, Wasserman W. Kutner MH. Applied Linear Statistical Models, 2nd ed. Richard D. Irwin, Homewood, 1989 pp 377-93
- Neukirch F, Chansin R, Liard R, Levalois M, Leproux P. Spirometry and maximal expiratory flow-volume curve reference standards for Polynesian, European, and Chinese teenagers. *Chest* 1988;94:792-8
- Schmidt CD, Dickman ML, Gardner RM, Brough FK. Spirometric standards for health elderly men and women. *Am Rev Respir Dis* 1973;108:933-9
- Schoenberg JB, Beck GJ, Bouhuys A. Growth and decay of pulmonary functioning in health backs and whites. *Respr Physiol* 1978;33:367-93
- Schwartz J. Katz SA, Fegley RW, Tockman MS. Sex and race differences in the development of lung function. *Am Rev Respir Dis* 1988;138:1415-21
- Silverman F, Folinsbee LJ, Barnard J, Shepard RJ. Pulmonary function changes in ozone-interaction of concentration and ventilation. *J Appl Physiol* 1976;41:859-864
- Skeptor DM, Lippmann M, Liroy PJ, et al. Effects of ambient ozone on respiratory function in active, normal children. *Am Rev Respir Dis* 1988;137:313-320
- Skeptor DM, Thurston GD, Mao J, He D, Hayes C, Lippmann M. Effects of single- and multi-day ozone exposures on respiratory function in active normal children. *Environ Res* 1991;55:107-122
- Wall MA, Olson D, Bonn BA, Creelman T, Buist SS. Lung function in north american indian children-reference standards for spirometry, maximal expiratory flow volume curves, and peak expiratory flow. *Am Rev Respir Dis* 1982;125:158-62
- Weiss ST, Ware JH. Overview of Issues in the Longitudinal Analysis of Respiratory Data. *Am J Respir Cirt Care Med* 1996;154:S208-11
- Willett W. Nutritional Epidemiology. Oxford, New York, 1990 pp. 252-69
- Woolcock AJ, Colman MH, Blackburn CRB. Factors affecting normal values for ventilatory lung function. *Am Rev Respri Dis* 1972;106:692-709