

기류 차단방법을 이용한 한국 중학생의 기도저항(R_{INT}) 추정 정상치

¹강원대학교 의과대학 소아과학교실, 인하대학교 의과대학 소아과학교실

김자경¹·김정희·임대현·손병관

Normal Predicted Value of Airway Resistance by Flow Interrupter Technique in Korean Middle School-Aged Children

Ja Kyoung Kim¹, Jeong Hee Kim, Dae Hyun Lim and Byong Kwan Son

¹Department of Pediatrics, College of Medicine, Kangwon National University, Chuncheon, Department of Pediatrics, College of Medicine, Inha University, Incheon, Korea

Background: The measurement of airway resistance by interrupter technique is easier than that by plathysmography. We already published normal predicted value of airway resistance by flow interrupter technique in preschool and school children.

Objective: We performed this study to get the normal predicted value of airway resistance in Korean middle school-aged children, using flow interrupter technique.

Methods: Subjects were 121 (Male 63, Female 58) middle school students. One medical doctor, well trained to the Microlab 4000 (Micromedical Co. England) educated the children before check and carried out all the procedure. We obtained mean, standard deviation, regression equation, correlation coefficient in every age, height group, every weight

group, and every chest circumference group in both sexes.

Results: The airway resistance (R_{int}) decreased as the children become older or taller. As increase of weight and chest circumference, the R_{int} decreased in boys, but it did not change in girls. We obtained regression equations and correlation coefficient by variables in both genders. The R_{int} was well correlated with age and height but correlation coefficient was less than 0.5.

Conclusion: We obtained the normal predicted value of airway resistance by flow interrupter technique. It can be used in the evaluation of lung condition including diagnosis and follow-up of lung disease. (**Korean J Asthma, Allergy Clin Immunol 2004;24:305-309**)

Key words: Pulmonary function test, Normal predicted value, Airway resistance, Flow interrupter technique

서 론

폐 질환을 앓고 있는 소아나 성인을 임상적으로 평가하고 치료하는 데에 폐기능을 측정하는 것은 매우 중요하다.¹⁾ 소아의 경우 기도 내경이 작아서 기도 저항이 높다는 특성상 기도 저항의 측정은 매우 의미가 있는데 체간용적기록기 (body plathysmograph)를 이용한 기도 저항 측정은 협조가 어려운 소아에서는 거의 사용되지 않고 있다.

이와 달리 Von Neergaard가 1927년 제안한 자연스런 호흡 중에 차단되는 순간의 압력과 기류의 양을 측정하여 기도

저항을 산출하는 방법²⁾은 현대 컴퓨터의 발달로 간편하게 사용이 가능하여, 협조가 어려운 소아에서도 기도 저항을 측정할 수 있다. 또한, 휴대가 가능하고 기도 저항치를 즉시 얻을 수 있어 바쁜 외래에서 실제로 사용할 수 있으며 기계 호흡을 하고 있는 환자의 기도 저항도 측정할 수도 있는 장점이 있다.³⁾

이런 기류 차단 방법으로 영아나 소아의 기도 저항 예측치⁴⁻⁸⁾ 및 결과의 반복성,^{9,10)} 기관지 확장제에 대한 반응¹¹⁾ 등에 대한 논문들이 발표되고 있으며, 저자들도 유치원 아동과 초등학교 아동의 기도 저항 예측치를 보고하였다.^{12,13)} 그 연장으로 기류 차단 방법을 통한 12세 이상의 청소년에 대한 기도 저항 추정 정상치를 조사하였으며 이러한 자료는 국내 및 국외의 보고가 거의 없어 중요한 자료로 이용될 수 있으리라 생각한다.

본 연구는 1994년 인하대학교 연구비 지원에 의해 수행되었음.

책임저자 : 손병관, 인천광역시 중구 신흥동 3가 7-206

인하대학교 의과대학 소아과학교실, 우: 400-711

Tel: 032) 890-3519, Fax: 032) 890-2844

E-mail: sonbk@inha.ac.kr

접수: 2004년 5월 6일, 통과: 2004년 7월 1일

대상 및 방법

인천광역시 소재 1개 중학교에 재학 중인 각 학년에서 1 학급씩 총 3학급 학생 130명 중 한국 소아 신체 발육 표준치¹⁴⁾에 의거하여 3백분위수 미만과 97백분위수 이상의 아동과, 검사 당일 병력 조사 및 신체검사상 알레르기 질환, 호흡기 질환이 의심되는 아동을 제외한 121명(남자: 63, 여자: 58)을 대상으로 하였다.

기도 저항(Airway resistance, AR)은 영국 Micromedical사의 Microlab 4000을 이용하여 측정하였다. 기계는 기류 차단 판막과 소형 컴퓨터에 연결된 변환기로 구성되고 변환기는 기도와 마스크나 마우스피스로 연결되어 있다. 측정의 정확성을 기하기 위하여 술자는 숙달된 동일인에 의하여 실시하였고, 대상 아동들에게 측정 전에 사용법에 대하여 충분히 교육시킨 후 편안한 자세에서 코집게를 이용하여 코를 막은 후 자연스럽게 호흡하는 과정에서 기계에 의하여 필요한 시간에 기류를 순간적으로 막게 하여 기도 저항이 측정되도록 하였다. 5회 측정하여 최고치와 최저치를 제외한 나머지 3개의 측정치의 평균을 구하였다. 호기(Airway resistance in expiratory phase: ARe) 및 흡기(Airway resistance in inspiratory phase: ARi)시 각각의 측정치(the interrupter resistance: Rint)를 구하였고 이를 연령, 신장, 체중, 흉위에 대비하였고

Table 1. Total number of school children

Age (year)	Male	Female	Total (%)
12	15	13	28 (23)
13	20	25	45 (37)
14	28	20	48 (40)
Total	63	58	121 (100.0)

Table 2. Mean and standard deviation (SD) of ARi and ARe in school children separated by age

Age (year)	ARi		ARe	
	Male	Female	Male	Female
Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
12	0.29 (0.05)	0.28 (0.05)	0.28 (0.05)	0.31 (0.05)
13	0.25 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.27 (0.05)
14	0.22 (0.05)	0.24 (0.05)	0.22 (0.05)	0.25 (0.05)

Unit = $\text{kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$; ARi = Airway resistance in inspiratory phase; ARe = Airway resistance in expiratory phase.

각각의 평균, 표준편차, 회귀 방정식, 상관 계수를 구하였다. Rint에 대한 각 변수들의 상관 관계는 SAS(Statistical analysis system) version 8.1를 사용하여, Pearson 상관관계수에 의한 분석법을 통해 구하고, 남녀군에서 Rint에 영향을 미치는 각각의 변수들을 단변수 및 다변수 회귀분석을 통해 상호연관성을 분석하였다. P 값이 0.05 미만인 경우에 통계적 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

결 과

총 대상 아동의 연령 분포는 만 12세에서부터 14세까지이며 각각의 연령 군에서의 아동의 수는 비교적 고르게 분포되어 있으며, 남녀의 성비도 1 : 0.92이었다(Table 1).

남아와 여아, 각각의 나이에서의 ARi, ARe 측정값의 평균과 표준편차를 구하였으며, 12세 남아의 흡기시 및 호기시 기도저항은 각각 $0.29 \pm 0.06 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$, $0.28 \pm 0.05 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$ 이었고, 여아는 각각 $0.28 \pm 0.05 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$, $0.31 \pm 0.05 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$ 이었다. 남녀 모두 나이가 증가함에 따라 ARi, ARe가 감소하는 소견을 보였다($P < 0.05$)(Table 2, Table 6).

신장은 131 cm부터 180 cm까지로 각각의 신장에 대한 ARi, ARe 측정값의 평균과 표준편차를 구하였으며, 141 ~ 150 cm 남아의 흡기시 및 호기시 기도저항은 각각 $0.28 \pm 0.05 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$, $0.28 \pm 0.06 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$ 이었고, 여아는 각각 $0.28 \pm 0.06 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$, $0.28 \pm 0.05 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$ 이었다. 남녀에서 신장이 증가함에 따라 ARi, ARe가 감소하는 소견을 보였으나 신장의 증가에 따른 여아의 흡기시 기도저항은 통계적으로 유의하지 않았다($P = 0.6510$)(Table 3, Table 6).

체중은 21 kg부터 80 kg까지로 각각의 체중에 대한 ARi, ARe 측정값의 평균과 표준편차를 구하였으며, 31 ~ 40 kg 남아의 흡기시 및 호기시 기도저항은 각각 $0.28 \pm 0.06 \text{ kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$

Table 3. Mean and standard deviation (SD) of ARi and ARe in school children separated by height

Height (cm)	ARi		ARe	
	Male	Female	Male	Female
Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
131 ~ 140	0.26 (0.05)		0.29 (0.06)	
141 ~ 150	0.28 (0.05)	0.28 (0.06)	0.28 (0.06)	0.28 (0.05)
151 ~ 160	0.28 (0.03)	0.26 (0.04)	0.28 (0.04)	0.27 (0.05)
161 ~ 170	0.26 (0.04)	0.27 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)
171 ~ 180	0.25 (0.06)	0.25 (0.05)		

Unit = $\text{kPa} \cdot \text{l}^{-1} \cdot \text{s}$; ARi = Airway resistance in inspiratory phase; ARe = Airway resistance in expiratory phase.

Table 4. Mean and standard deviation (Sd) of ARi and ARe in school children separated by weight

Weight (kg)	ARi		ARe	
	Male	Female	Male	Female
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
21~30	0.22	0.28	0.29	0.33
31~40	0.28 (0.06)	0.27 (0.05)	0.29 (0.05)	0.28 (0.06)
41~50	0.27 (0.05)	0.26 (0.05)	0.27 (0.05)	0.26 (0.05)
51~60	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)
61~70	0.22 (0.05)	0.26 (0.05)	0.22 (0.05)	0.26 (0.05)
71~80	0.24	0.24		

Unit = kPa · l⁻¹ · s; ARi = Airway resistance in inspiratory phase; ARe = Airway resistance in expiratory phase.

Table 5. Mean and standard deviation (SD) of ARi and ARe in school children separated by chest circumference

Chest Circumf. (cm)	ARi		ARe	
	Male	Female	Male	Female
	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)	Mean (SD)
61~65	0.22	0.28	0.29	0.33
66~70	0.26 (0.05)	0.23 (0.05)	0.26 (0.05)	0.25(0.04)
71~75	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.27(0.05)
76~80	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26(0.05)
81~85	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26(0.05)
86~90	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26(0.05)
91~95	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26 (0.05)	0.26(0.05)

Unit = kPa · l⁻¹ · s; ARi = Airway resistance in inspiratory phase; ARe = Airway resistance in expiratory phase.

s, 0.29±0.05 kPa · l⁻¹ · s이었고, 여아는 각각 0.27±0.05 kPa · l⁻¹ · s, 0.28±0.06 kPa · l⁻¹ · s이었다. 남아에서는 체중 증가에 따라 ARi, ARe가 감소하는 소견을 보이나(P<0.05), 여아에서는 연령이나 신장의 증가와는 달리 체중이 증가하여도 ARi, ARe는 거의 변화가 없었다(각각 P=0.6098, 0.2219)(Table 4, Table 6).

흉위는 61 cm부터 95 cm까지로 각각의 흉위에 대한 ARi, ARe 측정값의 평균과 표준편차를 구하였으며, 66~70 cm 남아의 흡기시 및 호기시 기도저항은 모두 0.26±0.05 kPa · l⁻¹ · s이었고, 여아는 각각 0.23±0.05 kPa · l⁻¹ · s, 0.25±0.04 kPa · l⁻¹ · s이었다. 남녀 모두 체중과 마찬가지로 흉위가 증가함에 따라 ARi, ARe의 감소 소견은 보이지 않았다(Table 5, Table 6).

Table 6. Regression equation of ARi and ARe according to Age, height, weight, and chest circumference

Factors	ARi	ARe
Age (year)	M Y=0.645-0.030×Age* (r=-0.39, P=0.0042) F Y=0.486-0.017×Age* (r=-0.33, P=0.0106)	Y=0.541-0.022×Age* (r=-0.35, P=0.0108) Y=0.647-0.028×Age* (r=-0.48, P<0.0001)
HT (cm)	M Y=0.815-0.004×Ht* (r=-0.49, P=0.0003) F Y=0.335-0.0005×Ht (r=-0.06, P=0.6510)	Y=0.728-0.003×Ht* (r=-0.51, P=0.0002) Y=0.708-0.003×Ht* (r=-0.31, P=0.0167)
WT (kg)	M Y=0.354-0.002×Wt* (r=-0.32, P=0.0255) F Y=0.276-0.0004×Wt (r=-0.07, P=0.6098)	Y=0.329-0.001×Wt* (r=-0.29, P=0.0443) Y=0.319-0.0009×Wt (r=-0.16, P=0.2219)
C.C. (cm)	M Y=0.350-0.001×C.C. (r=-0.12, P=0.3961) F Y=0.269-0.0001×C.C. (r=-0.02, P=0.8764)	Y=0.300-0.0006×C.C. (r=-0.07, P=0.6370) Y=0.314-0.0005×C.C. (r=-0.07, P=0.5910)

HT = Height; WT = Weight; C.C. = Chest Circumference; ARi = Airway resistance in inspiratory phase; ARe = Airway resistance in expiratory phase. *P<0.05.

남아와 여아에서 ARi, ARe에 대한 연령, 신장, 체중, 흉위 등과의 회귀방정식과 상관 계수를 구하였다. 상관 계수는 남아의 경우 연령과 신장에 대하여 제일 높았고 0.5에 근사하였으나 여아의 경우 연령에 대하여 상관 계수가 가장 높았다(Table 6).

고 찰

기류 차단 방법은 1927년 Neegard 등에 의해 처음으로 제시된 이후 1940년대에 많이 사용되었으나 이 방법으로 무엇을 측정할 수 있는지에 대한 정확한 지식이 없어서 더 이상 사용되지 않았다.¹⁾ 이 방법은 자연스런 호흡 중에 구강내 압력과 폐포내 압력이 같다는 가정 하에 기류를 순간적으로 단시간 동안 차단시킬 때 차단되는 순간의 압력과 기류의 양을 측정할 수 있으며 압력/기류량=기도 저항이라는 식을 이용하여 기도 저항을 산출하는 것이다.¹²⁾

한 연구에서 성인 43명을 대상으로 기류 차단에 의한 기도 저항과 종래의 체간용적기록기를 이용한 기도 저항 사이에는 높은 상관관계(r=0.86)가 있음을 보고하였고,³⁾ 이 방법의 타당성은 Bates 등에 의한 이론적 분석에서 증명되었다.^{15,16)} 또한, 개를 이용한 실험에서도 이 기구를 이용한 기도 저항(Rint)이 체간용적기록기를 이용한 기도 저항(Raw)과

비슷한 결과를 보여주었다.¹⁷⁾

기류 차단 방법에 의한 기도 저항의 정확도와 민감도에 대한 연구에서 기류차단시 폐포의 압력을 측정할 때 폐포 압을 자연스런 곡선에 맞춘 후외사법을 이용하여 측정된 측정치가 체간용적기록기를 이용한 측정치와 비슷해진다고 하였다. 또한, 이 방법을 이용함으로써 체간용적기록기를 이용하기 어려운 상황에서도 기도 저항이나 약물에 대한 기관지 반응을 평가할 수 있어 체간용적기록기를 통한 기도저항 측정의 대체 방법으로 이용될 수 있다고 하였다.²⁾

일반적인 폐기능 검사는 실제치(actual value)를 평가하는 것보다 건강인에서 구한 추정 정상치(predicted value)의 백분율로 표시하는 것이 통례이며, 추정 정상치에서 $\pm 20\%$ 이내를 정상으로 간주한다. 이에 본 저자들은 기존의 폐기능 검사법을 시행하기 어려운 소아인 유치원이나 초등학교생들을 대상으로 기류 차단 방법을 통한 예측치를 조사하였으며 그 연장선으로 중학생들의 정상치를 조사하였다. 기류 저항의 정상치를 측정하는 것은 연령에 따른 폐기능의 변화와 폐성장에 미치는 여러 가지 요인들을 연구하는 데 필요할 것으로 생각했기 때문이다.

폐기능의 추정 정상치는 인종,¹⁸⁾ 성별¹⁹⁻²¹⁾에 따라 차이가 있을 수 있으며 소아에서는 성장기에 있는 만큼 연령, 신장, 체중에 따라서 추정 정상치가 달라질 수 있어²²⁻²⁴⁾ 본 연구에서도 연령, 신장, 체중과 흡위에 대한 추정 정상치를 각각 구하였고 각 변수와 기도 저항 간의 상관계수와 회귀 방정식을 구하였다.

Knudson 등²⁵⁾은 연령과 폐기능 검사치와의 관계에서 11세 또는 12세 이하에서는 나이보다는 신장이 더 높은 상관관계를 가지며 여자는 20세까지 남자는 25세까지 연령 증가와 같이 검사치도 증가한다고 하였으며, 그 이후에는 연령이 증가하더라도 폐기능은 증가하지 않는다고 하였다. 또, 몇몇 연구들^{20,26,27)}에서는 소아의 성장기에 따른 폐기능 검사는 연령, 신장, 체중, 흡위 등과 유관한데, 이 중 신장이 폐기능 검사치와 가장 큰 상관관계가 있다고 보고하였다. 본 연구의 대상 연령은 12세에서 14세까지였으며, Knudson 등의 결과와 유사하게 연령의 증가에 따라 기도 저항은 감소하는 소견을 보였다. 신장의 범위는 131~180 cm으로 신장이 증가함에 따라 기도 저항치는 감소하였으며, 이는 다른 폐기능 검사의 지표가 연령이나 신장이 증가함에 따라 상승하는 것과 마찬가지로 설명될 수 있겠다.

소아의 폐기능은 성장에 따라 증가하며 연령이나 신장이외에 체중이나 흡위의 증가도 폐기능에 영향을 미친다. 본 저자들의 다른 연구들^{12,13)}을 보면 유치원이나 초등학교생들의 기도 저항은 체중이나 흡위가 증가함에 따라 신장이나 연령에서처럼 기도 저항의 감소 소견을 보였는데, 중학

생에서는 체중이나 흡위는 신장이나 연령에 비해 상관 계수가 낮았으며, 특히 여아에서는 체중이나 흡위가 증가하더라도 오히려 기도 저항치의 변화가 거의 없었다. 비만이 폐기능에 역효과를 보인다는 연구 결과들²⁸⁻³⁰⁾이 나오고 있으나, 본 연구에서 체중에 대한 기도 저항간의 연관이 없는 이유는 아마 체중이 많은 아동들이 상대적으로 신장도 증가하여 이로 인한 상쇄효과일 것으로 추정된다.

다른 연구⁸⁾에서처럼 기도 저항과 성별의 차이는 없었으나 성별에 대한 다른 변수들과 기도 저항간에 상관계수의 차이를 보였다. 남아의 경우 신장과 기도 저항간의 상관 계수가 가장 높았으며, 여아의 경우는 신장보다 연령과의 상관 계수가 높았다. 성별에 대한 이런 변수들간의 상관계수의 차이는 더 많은 집단에서의 검사를 필요로 할 것으로 생각한다.

결 론

폐기능 중 폐저항의 측정은 폐 질환을 앓고 있는 소아나 성인의 임상적 평가 및 치료에서 중요한 부분이다. 기존의 폐저항의 측정은 협조가 어려운 환자에 적용하기 어려웠으나, 기류 차단을 통한 기도 저항의 측정은 이런 문제점을 해소하여 쉽게 적용해 볼 수 있는 방법이다. 본 연구원들은 유치원이나 초등학교 연령의 아동을 대상으로 기류 차단 방법을 통한 정상치를 측정, 보고하였으며, 그 연장선으로 중학교 연령의 아동을 대상으로 기도 차단 방법을 통한 정상치를 구하였다. 추정 정상치는 연령과 신장이 증가함에 따라 감소하는 소견을 보였으며, 체중이나 흡위에 대한 상관계수는 적었다. 기류 차단을 통한 기도 저항 추정 정상치의 자료는 소아 폐질환의 진단, 경과 판정, 사용된 약물의 효과 판정 등에 이용될 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) Sly PD, Lombardi E. Measurement of lung function in preschool children using the interrupter technique. *Thorax* 2003;58:742-4
- 2) Phagoo SB, Watson RA, Pride NB, Silverman M. Accuracy and sensitivity of the interrupter technique for measuring the response to bronchial challenge in normal subjects. *Eur Respir J* 1993;6:996-1003
- 3) Chowienzyk PJ, Lawson CP, Lane S, Johnson R, Wilson N, Silverman M, Cochran GM. A flow interruption device for measurement of airway resistance. *Eur Respir J* 1991;4:623-8.
- 4) van Altna R, Gimeno F. Respiratory resistance measured by flow-interruption in a normal population. *Respiration* 1994;61:249-54
- 5) Klug B, Bisgaard H. Specific airway resistance, interrupter re-

- sistance, and respiratory impedance in healthy children aged 2-7 years. *Pediatr Pulmonol* 1998;25:322-31
- 6) Merkus PJ, Mijnsbergen JY, Hop WC, de Jongste JC. Interrupter resistance in preschool children: Measurement characteristics and reference values. *Am J Respir Crit Care Med* 2001;163:1350-5
 - 7) Lombardi E, Sly PD, Concutelli G, Novembre E, Veneruso G, Frongia E, et al. Reference values of interrupter respiratory resistance in healthy preschool children. *Thorax* 2001;56:691-5
 - 8) McKenzie SA, Chan E, Dundas I, Bridge PD, Pao CS, Mylonopoulou M, et al. Airway resistance measured by the interrupter technique: normative data for 2-10 year olds of three ethnicities. *Arch Dis Child* 2002;87:248-51
 - 9) Chan EY, Bridge PD, Dundas I, Pao CS, Healy MJ, McKenzie SA. Repeatability of airway resistance measurement made using the interrupter technique. *Thorax* 2003;58:344-7
 - 10) Beelen RMJ, Smit HA, van Strien RT, Koopman LP, Brussee JE, Brunekreef B, et al. Short and long term variability of the interrupter technique under field and standardised conditions in 3-6 year old children. *Thorax* 2003;58:761-4
 - 11) Beydon N, Amsallem F, Bellet M, Boule M, Chaussain M, Denjean A, et al. Pre/postbronchodilator interrupter resistance values in healthy young children. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;165:1388-94
 - 12) Son BK, Lim DH, Kim JH, Choi JW, Kim SK, Chung SW. Normal predicted value of airway resistance by flow interrupter technique in Korean primary school-aged children. *Korean J Pediatr* 1996;39:1095-102
 - 13) Son BK, Lim DH, Kim JH. Normal predicted value of airway resistance by flow interrupter technique in Korean kindergarden children. *Pediatr Allergy Respir Dis* 1998;8:198-204
 - 14) Length, weight, head circumference and chest circumference by age for Korean boys and girls in 1998, Kwangmoon Publishing Co. Seoul, 1999
 - 15) Bates JHT, Baconnier P, Milic-Emili J. A theoretical analysis of interrupter technique for measuring respiratory mechanics. *J Appl Physiol* 1988;64:2204-14
 - 16) Bates JHT, Sly PD, Kochi T, Martin JG. The effect of a proximal compliance on interrupter measurements of resistance. *Respir Physiol* 1987;70:301-12
 - 17) Bates JHT, Ludwig MS, Sly PD, Brown K, Martin JG, Fredberg JJ. Interrupter resistance elucidated by alveolar pressure measurement in open-chest normal dog. *J Appl Physiol* 1988;65:408-14
 - 18) Hsu KH, Jenkins DE, Hsi BP, Bourhofer E, Thomson V, Tanakawa N, et al. Ventilatory functions of normal children and young adults. Mexican-American, white and black. I. spirometry. *J Pediatr* 1979;95:14-23
 - 19) Brooks AGF, Waller RE. Peak flow measurements among visitors to a public health exhibition. *Thorax* 1972;27:557-62
 - 20) Primhak RA, Biggins JD, Tsanakas JN, Hatzimichael A, Milner RDG, Karuzas JG. Factors affecting the peak expiratory flow rate in children. *Br J Dis Chest* 1984;78:26-35
 - 21) Ikusita Hatano, The management of daily life for asthma patients, -prescription for every day life, Lecture note of the 17th short course training of allergy in Japan, 1987, p5-32
 - 22) Becklake M, Crapo RO. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:1202-18
 - 23) Gardner RM, Hankinson JL, Clausen JL, Crapo RO, Johnson RL, Epler GR. Standardization of spirometry-1987 update. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:1285-98
 - 24) Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference: spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am Rev Respir Dis* 1981;123:659-64
 - 25) Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrow B. Changes in the normal maximal expiratory flow volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:725-34
 - 26) Morse M, Schlutz FW, Cassels DE. The lung volume and its subdivisions in normal boys 10-17 years of age. *J Clin Invest* 1962;31:380-91
 - 27) Lyons HA, Tanner RW, Picco T. Pulmonary function studies in children. *Am J Dis Child* 1960;66:196-207
 - 28) Tantisira KG, Litonjua AA, Weiss ST, Fuhlbrigge AL. Childhood Asthma Management Program Research Group. Association of body mass with pulmonary function in the Childhood Asthma Management Program (CAMP). *Thorax* 2003;58:1036-41
 - 29) Young SS, Skeans SM, Austin T, Chapman RW. The effects of body fat on pulmonary function and gas exchange in cynomolgus monkeys. *Pulm Pharmacol Ther* 2003;16:313-9
 - 30) Li AM, Chan D, Wong E, Yin J, Nelson EA, Fok TF. The effects of obesity on pulmonary function. *Arch Dis Child* 2003;88:361-3