

학동전기 소아에서 스파이로미트리 폐기능 검사

Spirometric Pulmonary Function Test in Preschool Children

임 대 현* · 김 정 희 · 손 병 관 | 인하의대 소아과 | Dae Hyun Lim, MD · Jeong Hee Kim, MD · Byong Kwan Son, MD
Department of Pediatrics, Inha University College of Medicine

나 영 호 | 경희의대 소아과 | Yeong Ho Rha, MD
Department of Pediatrics, Kyung Hee University College of Medicine

*Corresponding author : Dae Hyun Lim
E-mail : dhyunlim@inha.ac.kr

J Korean Med Assoc 2010; 53(5): 417 - 423

Abstract

Children aged 3~5 years old represent the challenge in pulmonary function assessment, since evaluating lung function in preschool age group is important for the appropriate treatment for patient with chronic and recurrent cough and wheeze during this period. The joint American Thoracic Society/European Respiratory Society task force has produced recommendations for the spirometric lung function test currently used in the preschool age group. The reliable scientific evidence, documented references and reviews by the experts were used as a support. Reference data of spirometry lung function in preschool children were available in several countries including USA, Norway, Czech, Israel, Canada, and Taiwan. Spirometric pulmonary function tests are feasible in 3~ to 5~year~old children. However, the existing data are not sufficient to make definitive recommendations. Recommendations will need to be revised periodically until sufficient evidence has been collected to make definitive guidelines in various situations.

Keywords: Spirometry; Pulmonary function test; Preschool children

핵심용어: 스파이로미트리; 폐기능 검사; 학동전기 소아

서론

하 부기도 폐쇄질환을 진단하고 치료에 대한 평가를 할 때 폐기능 검사가 매우 유용하다는 것이 잘 알려져 있지만 (1), 자발적인 협조가 잘 안되기 때문에 우리나라에서는 일반적으로 소아에서 널리 시행되지 못하고 있는 실정이다. 6살 이상의 학동기 소아에서는 일반적으로 성인과 같은 기준으로

폐기능 검사를 시행할 수 있지만(2~12), 3~5세의 학동전기 소아에서 폐기능을 측정하고 그 결과로서 폐질환을 감별하고 임상적으로 활용하기에는 매우 무리가 있다고 여겨져 왔다. 그러던 중 최근 10년 동안 발표되어진 참고문헌, 믿을 수 있는 과학적 증거 자료와 전문가들의 경험을 모아 2007년에 미국 흉부학회(American Thoracic Society)와 유럽 호흡기학회(European Respiratory Society) 학동전기 아동의 폐기

**Table 1.** Common problems in the registration of ventilatory (in particular forced expiratory) maneuvers (Adopted from Ref. 15)

Leak between lips and mouthpiece
Occlusion of the mouthpiece by the tongue
Obstruction of the mouthpiece by pursing the lips or closing the teeth
Incomplete inspiration
No pause at or near TLC*
Hesitant start of the forced expiratory maneuver
Glottis closure during the forced expiratory maneuver
Expiration not maximally forced/with variable effort
Incomplete expiration
Cough during the forced expiratory maneuver

* TLC: total lung capacity

능 검사하기(Pulmonary Function Testing in Preschool Children) 문서를 공식적으로 발표하였다(13).

3~5세 학동전기 아동기에는 만성기침과 재발성 쌽쌽거림이 흔하게 나타나는 시기이고 기관지와 폐포의 수가 늘어나며, 크기가 성장하는 시기이기 때문에 폐기능 검사를 통하여 기관지의 상태를 정확하게 파악한다면 올바른 치료와 예후 판단에 도움이 될 것이다.

하지만 학동전기 소아에게 폐기능 검사를 시행할 때 몇 가지 문제가 있다. 폐기능 검사를 위해서 마취를 하게 되는데 부모들이 마취에 대한 거부감을 가지고 있으며, 호흡생리학적으로도 볼 때 마취 상태에서 폐기능을 측정하는 것이 임상적 질환을 판단하는 데에 무리가 따른다. 따라서 학동기 아동에서와 같이 마취를 하지 않은 상태에서 자발적 호흡을 통해서 폐기능을 측정하는 것이 더 좋다. 또 다른 문제는 학동전기 아동이 주의 집중하는 기간이 매우 짧고 산만한 행동을 잘 한다는 것이다. 그래서 폐기능을 측정하는 검사자가 매우 중요하다. 학동전기 아동들로 하여금 검사에 자발적으로 참여 할 수 있도록 충분한 시간과 인내를 가지고 검사를 시행 하여야 한다. 검사실도 아이들이 좋아하고 편안해 할 수 있는 분위기로 꾸미는 것이 좋다. 학동전기 아동에게 마취를 하지 않은 상태에서 시행할 수 있는 폐기능 검사는 표준 스파이로메트리(standard spirometry), maximal flow referenced to functional residual capacity, forced oscillation, interrupter resistance, specific

airway resistance measured in a plethysmograph, functional residual capacity using gas dilution techniques and measurements of gas mixing indices인테(13), 이 중에서 널리 보급되어 쉽게 사용할 수 있으며 발표된 연구 결과도 적지 않은 스파이로메트리에 대하여 살펴보겠다.

스파이로메트리 (Spirometry)

스파이로메트리는 학동기 소아와 성인에서 폐기능을 측정하는데 가장 흔하게 사용되고 있는 방법이다. 이 측정법의 신뢰도를 높이기 위해서는 표준화된 측정법이 중요하다. 또한 사용하는 기구와 정확한 검사결과를 얻는 것과 바른 해석이 중요하다(14). 소아에서 노력성 호기법을 시행할 때 범하기 쉬운 문제점들을 table 1에 정리하였다(15).

스파이로메트리로 폐기능을 측정하기 위해서 총 폐용량(total lung capacity, TLC)을 흡입하여 강제로 세계 불어 잔기용적(residual volume, RV)까지 내쉬어야 하고 이렇게 수회 이상을 반복해서 일관적으로 재현되는 유량-용적 곡선(flow-volume curve)을 얻어야 한다. 유량-용적 곡선에 일관성 있는 재현도(repeatability)는 호기류 제한(expiratory flow limitation)에 의존적인데 숙련된 성인의 경우 1초간 노력성 호기량(forced expiratory volume in 1 second, FEV₁)과 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC)의 오차가 각각 5% 미만으로 나타나야 된다. 학동기 소아와 성인에서 정도-관리 기준(quality-control criteria)은 검사자가 호기 초기 1초 내에 최고 유량을 내쉬는지와 호기 시간을 6초 이상 내쉬는지를 확인하는 것인데, 이러한 기준을 학동전기 아동에게 적용시키는 것은 커다란 문제로 지적되고 있다. 그 이유로 첫째는 학동전기 소아는 폐용적(lung volume)이 절대적으로 작고 기관지의 직경이 학동기와 성인에 비하여 상대적으로 커서 노력성 호기(forced expiration)가 매우 짧게 끝날 수밖에 없다. 그래서 성인에서 요구되어지는 6초 이상을 내 쉴 수가 없으며 어떠한 경우에는 1초 이내로 끝나는 경우도 있다. 그래서 학동전기 소아의 유량-용적 곡선의 descending limb이 오목하게(convex) 나타나는 경우도 있다(13~15). 이러한 양상이

호흡생리학적으로 다르기 때문에 나타나는 것인지, 아니면 자발적 노력 호기가 부족하기 때문인지는 분명하지 않지만, 분명한 것은 학동기와 성인의 기준을 학동전기 소아에게 적용하는 것은 타당하지 않다는 것이다. 둘째는, 성인에서 스파이로미트리 검사의 시작은 노력성 폐활량(FVC)의 절대값 혹은 백분율로써 back-extrapolated volume (VBE)를 측정함으로써 평가된다. 최근 연구에 의하면 소아에서 VBE는 성인의 것보다 훨씬 더 낮고 VBE/FVC는 더 높은 것으로 보고되었다(14). 이러한 두 가지 사실로 볼 때 어린 소아의 폐용적이 절대적으로 작기 때문인 것으로 그 이유를 설명할 수 있다.

5~19세 사이 학동기 소아에서 수용성(acceptability)과 재현성(reproducibility)의 기준은 나이와 신장에 따라 다음과 같이 다르다: ① Back-extrapolate volume (VBE), 15세 이상인 경우 0.15 L 미만이고 15세 미만인 경우 0.12 L 미만, ② 호기시간(exhalation time), 8세 이상인 경우 2초 이상이고 8세 미만인 경우 1초 이상: 두 가지를 제시해주고 있다(2).

학동기와 성인에서 스파이로미트리에 의하여 측정된 값 중에서 특히 FEV₁을 임상적 주요 지표로 사용하고 있지만, 학동전기 소아들은 1초 이상 숨을 내쉬지 못하는 경우도 있기 때문에 FEV₁은 학동전기 소아에서 기도폐쇄를 볼 수 있는 좋은 측정치가 아닐 수 있다. 그래서 최근에는 FEV₁과 함께 FEV_{0.5} 혹은 FEV_{0.7}를 같이 발표하기도 하였다(14~19).

검사에 사용되는 기구는 정확도 오차가 최소한 $\pm 5\%$ 이 내여야 한다. 가능한 한 사강(dead space)을 최소화해야 한다. 산만하고 집중을 잘 못하는 학동전기 소아를 자발적으로 스파이로미트리를 하게 하기 위하여 인센티브(incentive) 컴퓨터 프로그램을 사용하는 것이 좋다. 소아가 세계 불수록 풍선이 커지게 해서 터지게 만드는 것과 생일 케익 위에 많은 촛불을 꽂아놓고 세계 불수록 촛불이 많이 꺼지게 하는 게임형식의 컴퓨터 프로그램 등이 있다. 이러한 게임 프로그램은 아이로 하여금 더 깊게 들이마시고 더 빨리 그리고 오랫동안 내쉬게 하는데 큰 도움을 준다.

학동전기 소아에서 스파이로미트리의 제대로 된 측정치를 얻기 위해서는 짧더라도 검사 전에 교육하는 시간을 가

져야 한다. 이 시간동안 아이들이 검사기구와 주변 환경에 익숙해질 수 있도록 마우스피스(mouthpiece)나 코마개(nose clip)를 가지고 놀게 해주고 풍선이나 호루라기 같은 것을 붙어보게 할 수도 있다. 그리고 만화 전자프로그램을 보여주면서 시행 방법을 설명해준다. 이렇게 해서 아이가 검사자와 검사 기구와 검사 공간에 익숙해지도록 한 후에 검사를 시행하는 것이 목표하는 폐기능 측정값을 얻는 데에 매우 중요하다.

최소한 3 내지 10회 불게 하여 가장 좋은 3회의 결과를 선택한다. 학동전기 아이들은 쉽게 지칠 수 있고 천식이 있는 경우에는 기관지 수축이 일어날 수 있기 때문에 좋은 곡선을 얻기 위하여 너무 많은 횟수를 불게 하는 것은 바람직하지 못하다.

학동전기 소아에서 적합한 측정치 선택기준은 성인에서와 같다. 첫 번째는 검사자와 용적-시간 곡선(volume-time tracing)과 유량-용적 곡선(flow-volume curve)을 잘 보면서 곡선이 최대 호기속도(peak expiratory flow)에 빠르게 도달 못한 경우, descending limb이 너무 완만한 경우, 그리고 기침이나 성문폐쇄(glottic closure)가 있는 경우에는 제외시켜야 한다. 두 번째는 VBE를 계산해서 검사 시작을 관리해야 한다. 성인에서의 VBE 기준을 학동전기 소아에게 적용하는 것은 옳지 않다(14). 학동전기 소아에 VBE는 대략 80 mL 부근이거나 FVC의 12.5% 미만이었다. 세 번째는 호기가 끝나는 시기를 기록해야 한다. 6초까지 내쉬게 하는 성인과는 다르게 대다수의 학동전기 소아는 1초 이상 강제 호기를 하는 것이 쉽지 않다. 그래서 강제 호기 시간이 중요하지만 강제 호기 시간이 짧다고 해서 그 측정치를 제외시키면 안된다. 학동전기 소아의 유량-용적곡선(flow-volume curve)의 descending limb이 오목하게 들어가는 경우가 종종 있다(13~20). 만약 최대 호기 속도(peak expiratory flow)의 10%이상 되는 곳에서 내쉬기가 끝난다면 이 곡선은 premature termination으로 간주해야 한다. 그래서 이 경우에는 FVC와 노력성 호기 속도(forced expiratory flow)를 믿을 수 없게 된다.

기술적으로 합당한 곡선을 얻게 되면 그중 가장 높은 FVC와 FEV₁을 선택한다. 성인에서는 반복성(repeata-



Table 2. Published prediction equations for spirometry indices in preschool children (Adopted from Ref. 13, 23)

	No. of Children	Age Range (yr), Height Range (cm)	Notes	Indices	Prediction Equation
Eigen and colleagues	214	3~7 85~130	Few subjects < 95 cm USA	FVC (L) FEV ₁ (L) FEF ₂₅₋₇₅ (L/s) PEF (L/s)	Girls and Boys $\ln(\text{FVC}) = -13.63 + 2.95 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEV}_1) = -12.26 + 2.63 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEF}_{25-75}) = -8.13 + 1.81 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{PEF}) = -10.99 + 2.54 \times \ln(\text{height in cm})$
Nystad and colleagues	603	3~6 90~130	Includes some subjects with asthmatic symptoms* Norway	FVC (L) FEV _{0.5} (L) FEV ₁ (L) PEF (L/s)	Girls $\text{FVC} = -1.93 + 0.0279 \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_{0.5} = -1.17 + 0.0192 \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_1 = -1.66 + 0.0251 \times (\text{height in cm})$ $\text{PEF} = -3.72 + 0.0589 \times (\text{height in cm})$ Boys $\text{FVC} = -2.52 + 0.0337 \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_{0.5} = -1.35 + 0.0210 \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_1 = -2.11 + 0.0295 \times (\text{height in cm})$ $\text{PEF} = -4.04 + 0.0620 \times (\text{height in cm})$
Zapletal and colleagues	173	3~6 90~130	Few subjects < 105 cm Czech	FVC (ml) FEV ₁ (ml) FEF ₂₅ (L/s) FEF ₅₀ (L/s) FEF ₇₅ (L/s) PEF (L/s)	Girls and Boys $\ln(\text{FVC}) = -12.88 + 2.767 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEV}_1) = -12.06 + 2.584 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEF}_{25}) = -9.681 + 2.244 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEF}_{50}) = -8.578 + 1.943 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{FEF}_{75}) = -7.559 + 1.608 \times \ln(\text{height in cm})$ $\ln(\text{PEF}) = -9.575 + 2.232 \times \ln(\text{height in cm})$
Vilozni and colleagues	109	3~6 85~126	Israel	FVC (L) FEV _{0.5} (L) FEV ₁ (L) FEF ₅₀ (L/s) FEF ₇₅ (L/s) FEF ₂₅₋₇₅ (L/s) PEF (L/s)	Girls and Boys $\text{FVC} = 0.0834 \times \exp(0.0243) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_{0.5} = 0.0777 \times \exp(0.0223) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEV}_1 = 0.0831 \times \exp(0.0231) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEF}_{50} = 0.4030 \times \exp(0.0144) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEF}_{75} = 0.1642 \times \exp(0.0189) \times (\text{height in cm})$ $\text{FEF}_{25-75} = 0.3080 \times \exp(0.0165) \times (\text{height in cm})$ $\text{PEF} = 0.2150 \times \exp(0.0234) \times (\text{height in cm})$
Pesant and colleagues	164	3~5 99~114	Canada	FVC (mL) FEV _{0.5} (L) FEV _{0.75} (L) FEV ₁ (L) PEF (L/s) Aex FEF ₂₅ (L/s) FEF ₅₀ (L/s) FEF ₇₅ (L/s) FEF ₂₅₋₇₅ (L/s)	Girls $\text{Log FVC} = -10.3 + 2.2 \log \text{height}$ $\text{Log FEV}_{0.5} = -7.6 + 1.7 \log \text{height}$ $\text{Log FEV}_{0.75} = -8.5 + 1.8 \log \text{height}$ $\text{Log FEV}_1 = -9.2 + 2.0 \log \text{height}$ $\text{Log PEF} = -6.8 + 1.7 \log \text{height}$ $\text{Log Aex} = -16.0 + 3.5 \log \text{height}$ $\text{FEF}_{25} = -2.6 + 0.7 \log \text{height}$ $\text{FEF}_{50} = -8.1 + 2.1 \log \text{height}$ $\text{FEF}_{75} = -14.5 + 3.6 \log \text{height}$ $\text{FEF}_{25-75} = -6.6 + 1.7 \log \text{height}$ Boys $\text{CVF} = -12.2 + 2.9 \log \text{height}$ $\text{Log FEV}_{0.5} = -8.2 + 1.7 \log \text{height}$ $\text{Log FEV}_{0.75} = -9.0 + 1.9 \log \text{height}$ $\text{FEV}_1 = -10.1 + 2.4 \log \text{height}$

No. of Children	Age Range (yr), Height Range (cm)	Notes	Indices	Prediction Equation
				$\text{Log PEF} = -8.1 + 1.9 \log \text{height}$ $\text{Log Aex} = -17.0 + 3.8 \log \text{height}$ $\text{Log FEV}_{25} = -2.6 + 0.5 \log \text{height}$ $\text{FEF}_{50} = -6.3 + 1.7 \log \text{height}$ $\text{Log FEV}_{75} = -7.7 + 1.8 \log \text{height}$ $\text{Log FEV}_{25-75} = -5.7 + 1.3 \log \text{height}$
Jeng and colleagues	248 3~6 97~119	Taiwan	Girls and Boys FVC (L) FEV ₁ (L) FEV _{0.5} (L) PEF (L/min) FEF ₂₅₋₇₅ (L/sec) FEF ₂₅ (L/sec) FEF ₅₀ (L/sec)	$-0.923 + 0.0121h + 0.0179w + 0.00548a + 0.0596g$ $-0.745 + 0.0107h + 0.0145w + 0.00509a + 0.0406g$ $-0.360 + 0.00615h + 0.0138w + 0.00335a + 0.0291g$ $-40.497 + 0.775h + 2.453w + 1.031a + 6.542g$ $-0.0690 + 0.0108h + 0.0106w + 0.00662a - 0.000748g$ $-0.660 + 0.0111h + 0.0457w + 0.0147a + 0.0765g$ $-0.464 + 0.00299h + 0.0178w + 0.0116a - 0.00547g$

* The authors report that presence of asthmatic symptoms did not influence lung function.

Jeng and colleagues: a, age (month); g, gender (boy=1, girl=0); h, height (cm); w, weight (kg)

bility)이 중요하다. 이상적으로 두 개의 곡선이 차이가 없어야 한다. 두 개 곡선 중 낮은 곡선의 FVC와 FEV₁ 값은 더 높은 곡선의 값보다 0.1 L 혹은 10% 이내의 차이를 보여야 한다. 그런데 이 기준을 학동전기 소아에게 적용할 수는 없다. 시중의 병원에서 사용되고 있는 대부분의 전자 스파이로미트리는 성인을 기준으로 프로그램되어있기 때문에 반복성 기준에 맞지 않는 곡선이 나올 때는 자동적으로 채택을 못하게 만들어 놓았다. 그래서 학동전기 아이에게 사용하는 전자 스파이로미트리 프로그램은 반복성이 10%이상 차이가 나더라도 그 곡선을 자동으로 폐기하지 못하도록 해야 한다.

학동전기 소아의 스파이로미트리 폐기능 검사 추정 정상치를 table 2에 정리하였다. 미국에서는 3~7세 214명을 대상으로 하여 2001년에 발표하였고, 노르웨이에서는 3~6세 603명을 대상으로 하여 2002년에, 체코에서는 3~6세 173명을 대상으로 하여 2003년에, 이스라엘에서는 3~6세 109명을 대상으로 하여 2005년에, 캐나다에서는 3~5세 164명을 대상으로 하여 2007년에 발표하였다. 아시아에서는 대만에서 2009년도에 3~6세 248명을 대상으로 하여 추정 정상치 공식을 보고하였다. Nystad 등, Pesant 등, Jeng 등은 키

뿐 아니라 체중과 나이(개월)를 감안하는 추정 정상치 공식을 보여주었다(13, 15, 21~24).

결론

작은 하부기도 폐쇄소견을 보이는 3~5세 학동전기 소아에서도 학동기와 성인에서 사용하고 있는 스파이로미트리 폐기능 검사를 임상에 적용할 수 있게 되었다. 최근 발표된 연구에서 학동전기 아동들에게 신뢰할 수 있고 재현할 수 있는 노력성 호기 측정법(forced expiratory maneuver)을 시행할 수 있다는 것이 입증되고 있다. 측정결과 수용 여부(acceptability)에 대하여 성인기준 그대로 학동전기 소아에게 적용하는 것은 옳지 않기 때문에 다기관 연구를 통하여 수정된 기준이 제시되고 있다.

1. 검사자는 용적시간곡선과 유량용적곡선이 이상적으로 나왔는지를 확인하면서 검사를 해야 한다.
2. 매번 새로운 스파이로미트리 측정을 할 때 검사자는 바로 직전의 FEV_{0.5}, FEV₁, FVC, VBE, 호흡이 끝나는 시점과 PEF를 볼 수 있어야 한다.
3. 학동전기 소아가 스파이로미트리를 시행하기 전에 연습하는 시간이 반드시 필요하다. 소아에게 장비와 공



간과 검사자가 익숙해지는 것이 매우 중요하다.

4. 인센티브(incentive) 컴퓨터 프로그램을 이용하면 아이가 자발적으로 검사를 하게 하는데 도움이 된다.
5. 아이의 자세와 코마개 사용 유무에 대한 기록을 반드시 해야 한다.
6. 최소한 3번 이상의 스파이로미트리를 시행한다.
7. 유량-용적 곡선에서 최대호기유속(peak expiratory flow)으로 빠르게 상승하는 것이 보이지 않거나 descending limb이 완만하거나 기침이나 성문폐쇄가 있을 때에는 채택해서는 안된다.
8. VBE가 80 mL보다 크거나 FVC의 12.5%보다 클 경우에도 곡선을 버릴 필요는 없다.
9. 호흡 멈춤이 최대호기속도(peak expiratory flow)의 10%보다 더 높은 시점에서 발생한다면 premature termination으로 보아야 한다.
10. FEV1과 FVC를 기록할 때에는 채택했던 각각의 curve에서 나오는 측정 결과치 중에서 최고의 값으로 한다(채택되었던 곡선 중에서 한 곡선만을 선택하고, 그 선택한 곡선에서 나온 FEV1과 FVC를 채택하는 것이 아니다.).
11. 두 곡선의 FVC와 FEV1의 차이가 0.1 L 미만으로 혹은 높은 측정치의 10% 이내로 하는 것이 이상적이지만, 학동전기 소아에서는 이 차가 더 크게 나타날 수도 있음을 인정해야 한다.

미국, 노르웨이, 체코, 이스라엘, 캐나다 그리고 대만에서 학동전기 영아의 스파이로미트리 폐기능 참고치를 발표한 것 같이 우리나라 데이터도 빠른 시간 안에 보고되기를 고대해본다. 학동전기 소아 스파이로미트리 폐기능 측정이 임상적으로 널리 사용되어지기 위해서는 여러 연구회에서 가이드라인이 지속적으로 발간되어야 하며 정기적으로 최신지견이 보장되어야 한다. 학동전기로부터 학동기까지 연속적으로 이어지는 추정정상치 공식(reference equation)의 개발, FEV0.5 와 FEV0.75 와 같은 노력성 호기량의 연구, 기관지 확장제 반응성에 대한 정의, 그리고 여러 가지 기관지폐질환에 따른 임상적용에 대한 바른 평가가 향후 더 연구되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Enright P. Flawed interpretative strategies for lung function tests harm patients. Eur Respir J 2005; 27: 1322-1323.
2. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Crapo R, Enright P, Grinten CPM, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G and Wanger J. Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005; 26: 319-338.
3. Son BK, Lim DH, Kim JH, Jun YH, Kim SK. Prevalence of Allergic Disease and Asthma Related Conditions in Primary School-Aged Children and Comparison of Pulmonary Function Test between Normal and Children with Condition Related with Asthma. Pediatr Allergy Respir Dis (Korea) 1997; 7: 198-206.
4. Song DJ, Han YN, Lee JH, Kim HJ, Lim JY, Pee DH, Yoon JK, Choung JT. Lung Function Reference Values in Healthy Korean Children. Pediatr Allergy Respir Dis (Korea) 2002; 12: 105-113.
5. Jin SH, Kim EO, Park KS. Sensitization to House Dust Mite: Its Associations with Bronchial Hyperresponsiveness and Lung Function in Asthmatic Children. Pediatr Allergy Respir Dis (Korea) 2007; 17: 362-371.
6. Kim BS. Effects of Passive Smoking on Lung Function and Asthma Symptoms in School-Aged Children. Pediatr Allergy Respir Dis (Korea) 2007; 17: 161-165.
7. Baek HS, Cheong JY, Oh JW, Lee HB. Asthma Progression and Airway Inflammation Assessed by Lung Function in Children with Asthma. Pediatr Allergy Respir Dis (Korea) 2009; 17: 241-249.
8. Lim DH, Kim JH, Park JH, Choi JW, Kim SK, Son BK. Normal Predicted values of Pulmonary function Test in Korean Primary School-Aged Children. Korean J Pediatr 1994; 37: 240-249.
9. Nam SY, Kim KH, Hong YM, Kim GH. Normal Predicted Values of Pulmonary Function Test in Healthy Korean Children. Korean J Pediatr 1998; 41: 338-345.
10. Park YM. Lung function tests in preschool children. Korean J Pediatr 2007; 50: 422-429.
11. Ko HS, Chung SH, Choi YS, Choi SH, Rha YH. Relationship between exhaled nitric oxide and pulmonary function test in children with asthma. Korean J Pediatr 2008; 51: 181-187.
12. Hong YH, Ha SM, Jeon YH, Yang HJ, Pyun BY. The effect of education and training with balloons on pulmonary function test in children. Korean J Pediatr 2008; 51: 506-511.
13. Beydon N, Davis SD, Lombardi E, Allen JL, Arets HGM, Aurora P, Bisgaard H, Davis GM, Ducharme FM, Eigen H, Gappa M, Gaultier C, Gustafsson PM, Hall GL, Hantos Z, Healy MJR, Jones MH, Klug B, Carlsen KCL, McKenzie SA, Marchal F, Mayer OH, Merkus PJFM, Morris MG, Oostveen E, Pillow JJ, Seddon PC, Silverman M, Sly PD, Stocks J, Tepper RS, Vilozni D, and Wilson NM. Pulmonary Function Testing in Preschool Children. Am J Respir Crit Care Med 2007; 175: 1304-1345.

14. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Grinten CPM, Gustafsson P, Hankinson J, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Miller MR, Navajas D, Pedersen OF and Wanger J. Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005; 26: 948-968.
15. Eber E, Zach MS. Spirometry: Volume-Time and Flow-Volume Curves. In: Hammer J, Eber E. *Paediatric Pulmonary Function Testing*. Basel: Karger, 2005: 98.
16. Zapletal A, Chalupova J. Forced expiratory parameters in healthy preschool children (3-6 years of age). *Pediatr Pulmonol* 2003; 35: 200-207.
17. Aurora P, Stocks J, Oliver C, Saunders C, Castle R, Chaziparassidis G, Bush A. Quality control for spirometry in preschool children with and without lung disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2004; 169: 1152-1159.
18. Vilozni D, Barak A, Efrati O, Augarten A, Springer C, Yahav Y, Bentur L. The role of computer games in measuring spirometry in healthy and "asthmatic" preschool children. *Chest* 2005; 128: 1146-1155.
19. Kozłowska W. On Spirometric Pulmonary Function in 3-to 5-Year-Old Children. *Pediatric Pulmonology* 2007; 42: 744.
20. Vilozni D, Barker M, Jellouschek H, Heimann G, Blau H. An interactive computer-animated system (SpiroGame) facilitates spirometry in preschool children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164: 2200-2205.
21. Eigen H, Bieler H, Grant D, Christoph K, Terrill D, Heilman DK, Ambrosius WT, Tepper RS. Spirometric Pulmonary Function in Healthy Preschool Children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 619-623.
22. Pesant C, Santschi M, Praud JP, Geoffroy M, Niyonsenga T, Vlachos-Mayer H. Spirometric Pulmonary Function in 3-to 5-Year-Old Children. *Pediatric Pulmonology* 2007; 42: 263-271.
23. Jeng MJ, Chang HL, Tsai MC, Tsao PC, Yang CF, Lee YS, Soong WJ, Tang RB. Spirometric Pulmonary Function Parameters of Healthy Chinese Children Aged 3-6 Years in Taiwan. *Pediatric Pulmonology* 2009; 44: 676-682.
24. Nystad W, Samuelsen SO, Nafstad P, Edvardsen E, Stensrud T, Jaakkola JJK. Feasibility of measuring lung function in preschool children. *Thorax* 2002; 57: 1021-1027.



Peer Reviewers' Commentary

본 논문은 일반적으로 연장과 성인에서 시행되고 있는 스파이로메트리 폐기능 검사의 학령전기 아동의 적용에 있어서의 문제점과 이를 극복하기 위한 기준 등을 제시하여 폐기능 측정의 협조가 어려운 학령전기 아동에서 객관적이고 재현성있는 검사를 위한 방법을 제시하였다. 특히 폐기능 측정의 협조가 어려운 학령전기 아동에서 객관적이고 재현성있는 검사를 위한 방법을 제시한 것은 매우 의미있는 일이다. 이는 학령전기 아동의 기도 폐쇄의 정확한 진단과 증상의 추적 관찰에 이용할 수 있는 객관적인 근거를 제공할 수 있어 임상적으로 매우 유용한 정보를 담고 있다. 이러한 검사 방법을 통하여 향후 우리나라 학령전기 아동의 스파이로메트리 검사의 표준화된 가이드라인을 제시하고 추정정상치를 제공한다 면 천식을 비롯한 학령전기 만성 호흡기질환 환자의 감별진단 및 기도 폐쇄정도의 객관적인 기준을 적용할 수 있을 것으로 생각된다. 학령전기 아동에서 스파이로메트리 검사의 중요성을 좀 더 부각시킨다면 좋을 것으로 생각된다. 향후 대규모 인구집단에서의 측정을 통하여 우리나라 아동의 추정정상치를 확립할 수 있기를 기대한다.

[정리: 편집위원회]