

학령기 정상 아동의 호흡 특성과 신체 조건에 관한 상관분석

이혜영¹, 강동연², 김 경³

¹대구대학교 재활과학대학원 물리치료학과, ²대구대학교 대학원 재활과학과 물리치료전공, ³대구대학교 물리치료학과

Analysis of Correlation between Respiratory Characteristics and Physical Factors in Healthy Elementary School Childhood

Hye Young Lee¹, Dong Yeon Kang², Kyoung Kim³

¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Rehabilitation Sciences, Daegu University, ²Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University, ³Department of Physical Therapy, Daegu University

Purpose: Respiratory is an essential vital component for conservation of life in human, which is controlled by respiratory muscles and its related neuromuscular regulation. The purpose of this study is to assess lung capacity and respiratory pressure in healthy children, and to investigate relationship and predictability between respiratory pressure and other related respiratory functions.

Methods: A total of 31 healthy children were recruited for this study. Demographic information and respiratory related factors were assessed in terms of body surface area (BSA), chest mobility, lung capacity, and respiratory pressure. Correlation between respiratory pressure and the rested variables was analyzed, and multiple regression using the stepwise method was performed for prediction of respiratory muscle strength, in terms of respiratory pressure as the dependent variable, and demographic and other respiratory variables as the independent variable.

Results: According to the results of correlation analysis, respiratory pressure showed significant correlation with age ($r=0.62$, $p<0.01$), BSA ($r=0.80$, $p<0.01$), FVC ($r=0.80$, $p<0.01$), and FEV₁ ($r=0.70$, $p<0.01$). In results of multiple regression analysis using the backward elimination method, BSA and FVC were included as significant factors of the predictable statistical model. The statistical model showed a significant explanation power of 71.8%.

Conclusion: These findings suggest that respiratory pressure could be a valuable measurement tool for evaluation of respiratory function, because of significant relationship with physical characteristics and lung capacity, and that BSA and FVC could be possible predictable factors to explain the degree of respiratory pressure. These findings will provide useful information for clinical assessment and treatment in healthy children as well as those with pulmonary disease.

Key Words: Normal healthy children, Respiratory function, Respiratory muscle strength

1. 서론

고도로 산업화 된 현대 사회의 발달과 더불어 환경오염이 더욱 심해지면서 대기 중에 미세 먼지나 오염물질로 인하여

아동의 호흡기 질환 유병률이 증가 추세에 있어,¹ 아동의 정확한 호흡 기능 검사의 필요성이 더욱 증가하고 있다. 호흡기 문제를 평가하기 위해서는 자세한 병력 청취, 세밀한 이학적 검사, 흉부 X-선 사진 및 혈액학적 검사 뿐만 아니라 폐기능 검사도 필수적인 요소이다.² 가장 기본적인 폐기능 검사법으로 폐활량 측정법이 이용되고 있는데, 이는 최대 흡기로부터 노력성 호기법을 이용해 유량과 폐용적을 측정하는 방법으로 만성 폐쇄성 폐질환, 천식 등과 같은 기류 제한이 있는 폐쇄성 환기 장애 질환, 흉벽 변형, 척추측만증, 신경근육질환 등 저환기로 인해 폐활량이 감소한 제한성 환

Received Sep 18, 2013 Revised Oct 12, 2013

Accepted Oct 14, 2013

Corresponding author Kyoung Kim, kykim257@hanmail.net

Copyright © 2013 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

기 장애 질환과 같은 호흡기 질환을 진단하고 치료하는데 이용되고 있다.³ 하지만 아동에게 폐기능 검사는 아동의 협조를 얻기가 힘들고 검사자의 숙련도와 인내심이 필요한 이유로 실제 임상적 사용에 주저하는 경향이 있었으며, 보고되는 실측치나 예측치에 대한 신뢰도가 염려되어 왔다.⁴ 뿐만 아니라 이러한 추정 정상치는 인종, 사회경제적 요인, 환경적 요인과 같은 다양한 요인에 의해 차이를 보이며 특히 성장기 아동에서는 연령, 성별, 신장, 체중과 같은 신체적 특성에 따라 차이를 보이게 된다.^{5, 6}

호흡 근육은 신체 움직임을 목적으로 구성되어 있지만 기능적으로는 신체의 움직임에 필수적이고 폐의 공기 유입과 배출에 기여하며, 호흡근의 펌프 작용이 약화되면 환기 작용의 저하를 일으키고 폐의 가스 교환을 방해한다.⁷ 따라서 호흡 근력 검사는 직접적으로 측정할 수는 없지만, 압력 변화의 형태로 측정할 수 있으며, 간단하고 빠르고 안전하여 비침습적인 방법으로,⁸ 호흡근 약화를 진단하는 근거로 사용된다.^{9, 10} 비록 폐기능 검사가 유용성 면에서 중요하지만 몇몇 연구들에서는 최대 흡기압(Maximum inspiratory pressure: MIP)과 최대 호기압(Maximum expiratory pressure: MEP)이 호흡근의 기능에 대해 보다 더 가치가 있다고 주장하였다.^{11, 12} 호흡 압력의 측정은 신경근육 질환, 호흡 기계 질환, 호흡근 기능 장애를 진단하는데 있어서 중요한 방법이다.¹³⁻¹⁵ 또한 재활 프로그램을 계획하거나 수술 후 회복과정 혹은 인공호흡기 제거시에도 중요한 지표가 된다.¹⁶ 임상적으로 유용한 정상치는 기계적 환기 유무를 예측하는 지표가 최대 호기압이 80 cmH₂O 이상이고 최대 흡기압이 -60 cmH₂O 이하이다.¹⁷ 호흡근 약화는 최대 호기압이 50 cmH₂O 보다 높고 최대 흡기압이 -20 cmH₂O 보다 낮을 때이다. 호흡 근 약화는 사망률을 더욱 증가시키고 호흡 부전, 무기폐의 발달, 비효율적인 기도 청결, 과탄산혈증(hypercapnia), 재발성 호흡기계 감염과 관련이 있을 수 있다.¹⁸ 그러므로 정확한 호흡 근력 측정은 다른 병적인 상태를 평가하고 관리하는 것을 도울 수 있다.¹⁹ 이전에 많은 연구들이 아동과 성인에서 나이, 성별, 체중, 키와 같은 신체적 특성과 관련된 요인들이 최대 정적 호흡 압력에 영향을 주는지에 대해 연구해 왔으며, 정상 수치를 일반화하기 위해 노력하여 왔다.^{15, 20-22} 그러나 폐기능 검사와 마찬가지로 최대 흡기압/호기압 역시 인종이나 지역에 따라 영향을 받는다고 보고하였다.^{5, 13, 19, 23}

하지만 호흡 근력 검사가 우리나라 학령기 정상 아동의 호흡 근력에 대한 수치와 호흡 근력에 관련된 어떤 요인들이

결정적인 영향을 미치는 지에 대한 연구는 찾아보기 힘들다. 이에 본 연구는 학령기 정상 아동에게 폐기능 검사와 더불어 수행되어야 할 호흡 근력의 수치를 알아보고 이에 영향을 미칠 수 있는 신체적 특성과 호흡 관련 변수들과의 상관성과 예측 가능한 요인을 알아보고자 한다. 이는 아동에게 다양한 호흡기계 질환의 진단과 평가, 재활 프로그램의 제공에 도움을 줄 수 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자는 대구광역시 소재 3개의 초등학교에서 재학 중인 8세에서 12세 사이의 정상 아동 31명을 대상으로 실시하였다. 대상자의 선정 기준은 (1) 최근 2주 이내에 전신성 열성질환(febrile illness) 및 상기도(upper respiratory tract) 질환이 없는 아동, (2) 급성 및 만성 폐질환이 없는 아동, (3) 심장 및 신장 질환이 없는 아동, (4) 천식과 같은 폐질환 가족력이 없는 아동, (5) 흉곽 또는 척추의 해부학적 변형이 없는 아동, (6) 그 외의 다른 폐질환이 없는 아동으로 선별하였다. 참여한 아동의 모든 부모는 실험 전 본 연구의 목적과 취지에 대한 충분한 설명을 들은 후에, 자발적으로 연구 참여 의사에 동의하고 본 실험에 참여하였다. 참여 아동들은 나이, 성별, 키, 몸무게, 체표면적이 측정되었고, 일반적 특성은 <표1>과 같이 나타났다. 체표면적은 키와 몸무게에 근거하여 다음과 같은 공식으로 산출하였다.

$$\text{체표면적} = \sqrt{\text{체중}(kg) \times \text{신장}(cm)} \div 3600$$

2. 측정방법

1) 흉곽 가동성의 측정

참여 아동들은 다리를 곧바로 펴고 누운 자세를 취하게 하고, 두 번의 가벼운 호흡 후에 최대한으로 숨을 내쉬게 하고 난 뒤, 최고의 노력으로 숨을 내쉬게 하였을 때와 쉬었을 때에 흉곽의 둘레를 0.1 cm 단위의 줄자로 흡기 및 호기의 흉곽 둘레를 측정하였다. 흉곽의 둘레는 복장뼈(sternum)와 검상돌기(xiphoid process)와의 관절부를 중심으로 나란하게 측정하였다. 흉곽의 가동성은 최대 흡기 및 호기 시에 각각의 흉곽 둘레를 측정하고 그 차이 값을 구하였다. 본 실험 전에 참여 아동들에게 충분한 설명과 연습을 수행하도록 하였고, 연습과 실제 측정 시에 과호흡을 방지하기 위한 충분한 휴식을 제공하였다.

2) 최대 발생 시간 및 폐활량 측정

최대 발생 시간의 측정은 등받이가 없는 의자에서 허리를 펴고 편안하게 앉은 자세에서 실시하였다. 두 번의 가벼운 호흡 후에 평가자의 시작 신호와 함께 심호흡 후에 가장 편안한 목소리와 톤으로 “아” 소리를 최대한 오래 동안 발생하도록 하였다. 발생 시간(초)은 스톱 시계를 이용하여 측정하였고 세 번 측정하여 최대값을 사용하였다.

폐활량 측정을 위해 Cardio Touch 3000 (BIONET, Korea)을 사용하여 노력성 폐활량(forced vital capacity: FVC)과 1초간 노력성 호기량 (forced expiratory volume in one second: FEV₁)을 측정하였다. 측정은 등받이가 없는 의자에서 편안하게 앉은 자세에서 평상시 호흡을 세 번 이상 수행한 후, 최대 노력성 호기 곡선(maximal-effort expiratory spirogram)을 측정하여 노력성 폐활량을 구하였다. 미국 흉부 학회의 지침에 따라 3회 이상 반복 측정하여 기술적으로 재현성과 허용성 있는 방법(기침, 공기샘, 잘못된 시작 등이 없어야 함)으로 검사가 수행될 수 있을 때까지 반복한 후 가장 큰 측정값을 선택하였다.²⁴

3) 최대 흡기압 및 호기압의 측정

호흡 근력은 최대 흡기압 (Maximum inspiratory pressure: MIP)과 최대 호기압(Maximum expiratory pressure: MEP)을 Micro Respiratory Pressure Meter (Micro Direct Inc., USA)를 이용하여 최대 발생 시간 및 폐활량 검사를 마친 후 최대 1시간이 경과한 뒤에 측정하였다. 대상자는 등받이가 없는 의자에 편안하게 앉은 자세를 취하고, 검사 장비의 마우스피스를 최대한 입술에 밀착시켜 공기가 새지 않도록 하였다. 검사자는 대상자의 호흡을 관찰하면서 잔기량에 최대한 가깝게 흡기 또는 호기를 지속하도록 하였다. 총 3회를 측정하여 최대값을 사용하였고 측정 시마다 충분한 휴식을 제공하였다. 호흡 근력은 최대 흡기압과 최대 호기압의 평균값을 분석에 사용하였다.

3. 자료분석

대상자의 일반적 특성인 성별, 나이, 키, 몸무게, 체표면적과 호흡 관련 변수인 흉곽 가동성, 최대 발생 시간, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 호흡 근력은 기술적 통계를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 호흡 근력에 대한 각 변수들과의 상관관계를 분석하기 위해 Pearson 상관분석법

을 이용하였고, 독립 t-검정을 통해 성별에 따른 호흡 근력의 차이를 검정하였다. 호흡 근력의 정도를 예측할 수 있는 유의한 변수들의 영향을 알아보기 위해 상관분석에서 통계적으로 유의한 상관관계가 있는 변수들을 독립변수로 채택하여 다중회귀분석을 실시하였다. 또한 성별이 호흡 근력에 영향을 미칠 수 있는 변수인 경우에 더미변수로 전환하여 다중회귀분석의 독립변수로 분석하였다. 모든 통계처리는 SPSS ver. for Windows 18.0 (IBM Co., Armonk, USA)를 사용하였고, 통계적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 정하였다.

Table 1. General characteristics and factors affected to respiratory functions in healthy children

	Mean ± standard deviation
Demographic data	
Gender (boys/girls)	16/15
Age (years)	8.8 ± 1.1
Height (cm)	133.7 ± 6.2
Weight (kg)	31.5 ± 8.0
Body surface area (m ²)	1.1 ± 0.2
Respiratory function	
Chest mobility (cm)	4.2 ± 1.3
Maximal phonation time (seconds)	16.6 ± 4.6
Forced vital capacity (liters)	1.7 ± 0.2
Forced expiratory volume in 1 second (liters)	1.5 ± 0.2
Respiratory pressure (cmH ₂ O)	82.6 ± 15.5

III. 결과

실험에 참가한 아동의 성별, 나이, 키, 체중, 체표면적과 같은 일반적 특성과 흉곽 가동성, 최대 발생 시간, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 호흡 근력과 같은 호흡 기능은 다음과 같이 나타났다(Table 1). 호흡 근력에 대한 나이, 체표면적, 흉곽 가동성, 최대 발생 시간, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량과의 상관분석 결과에서 나이 ($r=0.62, p<0.01$), 체표면적 ($r=0.80, p<0.01$), 노력성 폐활량 ($r=0.80, p<0.01$), 1초간 노력성 호기량 ($r=0.70, p<0.01$)에서 통계적으로 유의하게 높은 상관성을 보였다(Table 2).

호흡 근력의 정도를 예측하기 위한 가능성 있는 변수를 알아보기 위해 성별, 나이, 체표면적, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량을 독립변수로 설정하고 후진적 제거법을 이용

Table 2. Awareness of difference about physical therapy and rehabilitation therapy according to Experience of physical therapy

		RP	Age	BSA	CM	MPT	FVC	FEV1
RP	Pearson r	1						
	p-value							
Age	Pearson r	0.621	1					
	p-value	0.000						
BSA	Pearson r	0.800	0.744	1				
	p-value	0.000	0.000					
CM	Pearson r	-0.232	-0.370	-0.323	1			
	p-value	0.210	0.041	0.076				
MPT	Pearson r	-0.251	-0.115	-0.137	0.377	1		
	p-value	0.173	0.538	0.463	0.036			
FVC	Pearson r	0.795	0.449	0.726	-0.086	-0.020	1	
	p-value	0.000	0.11	0.000	0.646	0.915		
FEV1	Pearson r	0.701	0.420	0.606	-0.047	0.110	0.867	1
	p-value	0.000	0.190	0.000	0.800	0.557	0.000	

RP (respiratory pressure), BSA (body surface area), CM (chest mobility), MPT (Maximal phonation time, 최대 발성 시간), FVC (forced vital capacity), FEV1 (forced expiratory volume in one second)

Table 3. Factors associated with respiratory muscle strength in healthy children as results of multiple regression analysis.

	β	standard error	Standardized coefficients	t	p
Body surface area	48.81	14.64	0.47	2.06	0.04
Forced vital capacity	29.55	9.23	0.45	2.28	0.03

한 다중회귀분석을 실시한 결과, 통계적으로 유의한 모형에 체표면적과 노력성 폐활량이 변수로 포함되었다. 예측 모형의 R값은 0.86, R제곱값이 0.74로 나타났으며, 회귀식에 대한 설명력은 71.8%로 통계적으로 유의한 결과를 보였다. 그 모형의 회귀식은 $Y(\text{노력성 폐활량}) = 48.807X1 + 29.551X2$, (Y :노력성 폐활량, $X1$:체표면적, $X2$:노력성 폐활량)으로 나타났다(Table 3).

IV. 고찰

본 연구는 학령기 정상 아동에게 폐기능 검사와 더불어 수행되어야 할 호흡 근력의 정상 수치를 알아보고, 이에 영향을 미칠 수 있는 신체적 특성과 호흡 관련 변수들과의 상관관계를 분석하였다. 또한 각 변수들 중에 호흡 근력의 정도를 예측할 수 있는 요인을 알아보고자 하였다. 그 결과, 호흡 근력은 나이, 체표면적, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량에서 통

계적으로 유의하게 높은 상관관계를 보였고, 성별에 따른 호흡 근력도 남아가 여아보다 통계적으로 유의하게 높다는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 정상 아동에서 나이, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량이 밀접한 관련성이 있다는 선행연구와 일치하며,^{19, 23} 신경근 질환자, 심부전 환자, 소아마비 환자에서도 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량이 밀접한 관련성이 있다는 선행연구와 일치하는 결과를 보였다.²⁵⁻²⁷ 노력성 폐활량은 노력성 호기 방법으로 가능한 최대한 공기를 들이 마신 후 최대한 빠르고 세게 불어낸 공기의 양을 나타내고, 1초간 노력성 호기량은 노력성 폐활량을 측정할 때 처음 1초 동안 내신 공기의 양을 나타내는 호흡 기능의 측정 변수로서 기류 속도의 측정으로 시간-기량 곡선, 유량-기량 곡선의 분석으로 폐기능 이상을 측정한다.³ 폐기능은 흉곽의 크기 및 모양, 호흡근의 세기 등이 관여하는 것으로 알려져 있다.²⁸ 이러한 이유로 인해 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량은 호흡 근력과 높은 상

관관계를 보인다고 할 수 있겠다. 많은 선행 연구들에서는 호흡 근력은 다른 폐활량 변수들과 높은 관련성을 가지고 있다고 보고하고 있다.^{29,30} 또한 아동의 호흡 근력은 나이, 성별, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량과 많은 관련성이 있다는 연구가 지속적으로 출판되고 있다.^{19, 20, 23, 31}

Bruschi 등(1992)은 성인을 대상으로 한 연구에서 나이, 성별, 신체크기에 대한 변수 중에서 체표면적이 최대 흡기압/호기압과 가장 높은 상관관계가 있다고 입증하였다.¹⁷ 따라서 체표면적과 노력성 폐활량은 호흡 근력의 정도를 예측할 수 있는 폐활량 지표이며, 임상적 활용 가치가 높다고 할 수 있겠다. 호흡 근력이 나이와의 상호 관련성에 대한 연구 결과는 정상 아동의 체표면적이 나이와 높은 상관관계를 가지기 때문에, 나이가 많은 학령기 아동일수록 신체가 커져 체표면적이 넓어지기 때문으로 생각된다. 따라서 호흡 근력은 노력성 폐활량 및 1초간 노력성 호기량과 같은 폐활량 측정 지표들과 높은 상호 관련성이 있는 것으로 분석되어 호흡 기능을 측정하고 그 기능의 정도를 파악하기 위한 중요한 측정 도구가 될 수 있다는 것을 확인하였다.

우리는 호흡 근력과 높은 상관관계가 있는 신체적 특성 및 호흡 변수들을 독립변수로 설정하여 각 변수들 중에서 호흡 근력을 예측하기 위한 변인과 모형을 설정하고 설명력을 파악하고자 하였다. 그 결과, 호흡 근력의 정도를 예측하기 위한 모형 검증에서 체표면적과 노력성 폐활량이 통계적으로 유의한 변수에 포함되었으며, 71.8%의 설명력을 나타냈다. 이러한 결과는 정상 아동 또는 뇌성마비 아동에서 노력성 폐활량 변수가 호흡 근력을 예측할 수 있다는 몇몇 선행 연구들과 일치하는 결과를 보였다.^{19,32} 이는 호흡 시 공기를 들이쉬고 내쉬는 폐활량과 흉곽 및 복부의 가동성에 의해 결정되는 것으로,³³ 특히 폐활량이 호흡 근력에 직접적인 원인으로 작용한다고 할 수 있겠다.

호흡 근육의 근력은 직접 측정할 수는 없지만, 압력 변화의 형태로 측정할 수 있으며,⁸ 호흡근의 강도는 닫힌 기도에 대해 흡기와 호기 시에 발생하는 최대 정적 압력을 측정함으로써 평가된다.³ 최대 정적 압력이란 공기의 흐름이 멈춘 상태에서 주어진 폐용적에서 형성되는 최대 호흡 압력으로 일반 폐활량 측정기로 측정되는 폐용적보다 호흡근육의 약화를 예민하게 반영한다고 알려져 있으며 최대 흡기압과 최대 호기압으로 나타낸다.³⁴ 신경근육계 질환의 초기에 일반 폐활량 측정기로는 이상을 발견할 수 없는 경우에도 민감한 변화를 보일 수 있으며,³⁵ 신경근육계 질환에 의한 호흡 부전을 평가하는 데 있어서도 유용하다.³ 이는 파킨슨 환자, 기관지 내시경 환자,

건강한 성인, 만성 폐쇄성 폐질환 환자 등에서 호흡근육의 강도를 나타내는 지표로 사용되고 있다.^{8, 36-38} 그러므로 본 연구에서는 아동의 정확한 호흡 기능 검사를 위해서 지금까지 의례적으로 해 온 폐기능 검사 뿐 아니라 호흡근의 기능을 평가하는 더 정교한 검사인 호흡 근력 검사도 중요하다는 것을 보여 주었다.

호흡은 생명을 유지하기 위한 기본적인 생체 조절 기능으로 흉곽 주변의 정상적인 근골격계 구조와 호흡 근육들의 높은 협응력을 필요로 하고 중추 패턴 발생기(central pattern generator)에 의한 자율적 신경 지배에 의해 조절된다.³⁹ 호흡 기능의 손상은 폐실질의 기질적 문제로 인한 폐질환 증상의 유발과 함께, 인체의 많은 장기들에게 산소 대사의 저하로 인한 다양한 이차적 문제를 야기한다. 특히 아동에게서는 삼킴 장애, 흉곽 및 체간의 기형, 일상생활 동작의 감소로 인한 운동발달의 장애 등을 초래할 수 있다. 또한 호흡 기능은 신체의 자세와 호흡 근력의 변화에 매우 민감하게 작용할 수 있어 신경계 손상으로 인한 자세와 신경근계의 비정상적 작용이 큰 영향을 미칠 수 있을 것이다. 이러한 호흡 기능의 평가는 폐질환 증상에 대한 호흡기계 병태 생리를 정확히 이해하여 적절한 평가를 시행하여 중증을 파악하거나 뇌성마비 아동과 같은 폐실질의 문제가 아니라 신경계 손상으로 인한 호흡근 약화로 운동기능에 영향을 미칠 수 있는 요소를 평가할 수 있는 중요한 척도가 될 수 있다. 따라서 폐활량 측정과 함께 호흡 근력의 추가적인 호흡 기능 평가를 통해 폐질환의 유무를 정확히 진단하거나 호흡 기능의 더 세밀한 평가가 필요한 임상적 상황에서 진단과 치료에 많은 도움이 될 것으로 기대한다. 본 연구에서 통계적으로 유의한 표본의 수를 설정하였으나 상대적으로 많지 않은 표집수와 제한된 폐활량 측정 변수가 사용되었다. 향후 연구에서는 많은 대상자의 참여를 통해 통계적 검정력이 높은 결과를 도출하고, 여러 가지 폐활량 지표를 사용하여 호흡 근력에 영향을 미칠 수 있는 다양한 예측 요인을 분석하는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Kulkarni N, Pierse N, Rushton L et al. Carbon in airway macrophages and lung function in children. *N Engl J Med*, 2006;355(1):21-30.
2. Gaensler EA, Wright GW. Evaluation of respiratory impairment. *Arch Environ Health*, 1966;12(2):146-89.
3. Bob H, Ken W. Pocket guide to lung function tests. New York:

- McGraw-Hill; 2006.
4. Bernstein IL, Fragge RG, Gueron M et al. Pulmonary function in children. I. Determination of norms. *J Allergy*. 1959;30:514-33.
 5. Connett GJ, Quak SH, Wong ML et al. Lung function reference values in singaporean children aged 6-18 years. *Thorax*. 1994;49(9):901-5.
 6. Doctor TH, Trivedi SS, Chudasama RK. Pulmonary function test in healthy school children of 8 to 14 years age in south gujarat region, india. *Lung India*. 2010;27(3):145-8.
 7. Aslan SC, Chopra MK, McKay WB et al. Evaluation of respiratory muscle activation using respiratory motor control assessment (rmca) in individuals with chronic spinal cord injury. *J Vis Exp*. 2013(77).
 8. Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care*. 2009;54(10):1348-59.
 9. Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: Normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis*. 1969;99(5):696-702.
 10. Enright PL, Kronmal RA, Manolio TA et al. Respiratory muscle strength in the elderly. Correlates and reference values. Cardiovascular health study research group. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(2 Pt 1):430-8.
 11. McConnell AK, Copestake AJ. Maximum static respiratory pressures in healthy elderly men and women: Issues of reproducibility and interpretation. *Respiration*. 1999;66(3):251-8.
 12. Smeltzer SC, Lavietes MH. Reliability of maximal respiratory pressures in multiple sclerosis. *Chest*. 1999;115(6):1546-52.
 13. Arora NS, Rochester DF. Respiratory muscle strength and maximal voluntary ventilation in undernourished patients. *Am Rev Respir Dis*. 1982;126(1):5-8.
 14. Teixeira-Salmela LF, Parreira VF, Britto RR et al. Respiratory pressures and thoracoabdominal motion in community-dwelling chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(10):1974-8.
 15. Wilson SH, Cooke NT, Edwards RH et al. Predicted normal values for maximal respiratory pressures in caucasian adults and children. *Thorax*. 1984;39(7):535-8.
 16. Harikumar G, Moxham J, Greenough A et al. Measurement of maximal inspiratory pressure in ventilated children. *Pediatr Pulmonol*. 2008;43(11):1085-91.
 17. Bruschi C, Cerveri I, Zoia MC et al. Reference values of maximal respiratory mouth pressures: A population-based study. *Am Rev Respir Dis*. 1992;146(3):790-3.
 18. Kim CB, Choi JD. Comparison of pulmonary and gait function in subacute or chronic stroke patients and healthy subjects. *J Korean Soc phys Ther*. 2011;23(5):23-8.
 19. Heinzmann-Filho JP, Vasconcellos Vidal PC, Jones MH et al. Normal values for respiratory muscle strength in healthy preschoolers and school children. *Respir Med*. 2012;106(12):1639-46.
 20. Domenech-Clar R, Lopez-Andreu JA, Compte-Torrero L et al. Maximal static respiratory pressures in children and adolescents. *Pediatr Pulmonol*. 2003;35(2):126-32.
 21. Johan A, Chan CC, Chia HP et al. Maximal respiratory pressures in adult chinese, malays and indians. *Eur Respir J*. 1997;10(12):2825-8.
 22. Smyth RJ, Chapman KR, Rebuck AS. Maximal inspiratory and expiratory pressures in adolescents. Normal values. *Chest*. 1984;86(4):568-72.
 23. Costa D, Goncalves HA, Lima LP et al. New reference values for maximal respiratory pressures in the brazilian population. *J Bras Pneumol*. 2010;36(3):306-12.
 24. Miller A, Enright PL. Pft interpretive strategies: American thoracic society/ european respiratory society 2005 guideline gaps. *Respir Care*. 2012;57(1):127-33; discussion 33-5.
 25. Forgiarini LA, Jr., Rubleski A, Douglas G et al. Evaluation of respiratory muscle strength and pulmonary function in heart failure patients. *Arq Bras Cardiol*. 2007;89(1):36-41.
 26. Inal-Ince D, Savci S, Arikan H et al. Effects of scoliosis on respiratory muscle strength in patients with neuromuscular disorders. *Spine J*. 2009;9(12):981-6.
 27. Soliman MG, Higgins SE, El-Kabir DR et al. Non-invasive assessment of respiratory muscle strength in patients with previous poliomyelitis. *Respir Med*. 2005;99(10):1217-22.
 28. Donnelly PM, Yang TS, Peat JK et al. What factors explain racial differences in lung volumes? *Eur Respir J*. 1991;4(7):829-38.
 29. Deboeck G, Moraine JJ, Naeije R. Respiratory muscle strength may explain hypoxia-induced decrease in vital capacity. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(5):754-8.
 30. Ferrari RS, Schaan CW, Cerutti K et al. [assessment of functional capacity and pulmonary in pediatrics patients renal transplantation]. *J Bras Nefrol*. 2013;35(1):35-41.
 31. Tomalak W, Pogorzelski A, Prusak J. Normal values for maximal static inspiratory and expiratory pressures in healthy children. *Pediatr Pulmonol*. 2002;34(1):42-6.
 32. Nam KS, Lee HY. Predictive factors affected to forced vital capacity in children with cerebral palsy. *J Korean Soc phys Ther*. 2013;25(4):204-9.
 33. Nam KS, Lee HY. Differences of chest and waist circumferences in spastic diplegic and hemiplegic cerebral palsy. *J Korean Soc Phys Ther*. 2013;25(3):155-9.
 34. Lynn DJ, Woda RP, Mendell JR. Respiratory dysfunction in muscular dystrophy and other myopathies. *Clin Chest Med*. 1994;15(4):661-74.
 35. Griggs RC, Donohoe KM, Utell MJ et al. Evaluation of

- pulmonary function in neuromuscular disease. *Arch Neurol*. 1981;38(1):9-12.
36. Guedes LU, Rodrigues JM, Fernandes AA et al. Respiratory changes in parkinson's disease may be unrelated to dopaminergic dysfunction. *Arq Neuropsiquiatr*. 2012;70(11):847-51.
37. Mahler DA, Harver A. A factor analysis of dyspnea ratings, respiratory muscle strength, and lung function in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis*. 1992;145(2 Pt 1):467-70.
38. Tulek B, Kanat F, Tol S et al. Flexible bronchoscopy may decrease respiratory muscle strength: Premedication with midazolam in focus. *Multidiscip Respir Med*. 2012;7(1):31.
39. Rubin JE, Bacak BJ, Molkov YI et al. Interacting oscillations in neural control of breathing: Modeling and qualitative analysis. *J Comput Neurosci*. 2011;30(3):607-32.