

뇌성마비 아동에서 노력성 폐활량에 영향을 미치는 요인 분석에 관한 연구

남기석¹, 이해영²

¹영남이공대학교 물리치료과, ²계명대학교 동산의료원 물리치료실

Predictive Factors Affected to Forced Vital Capacity in Children with Cerebral Palsy

Ki Seok Nam¹, Hye Young Lee²

¹Department of Physical Therapy, Yeungnam College of Science and Technology,

²Department of Physical Therapy, Keimyung University Dongsan Medical Center

Purpose: Children with cerebral palsy generally have a high incidence of respiratory problem, resulted from poor coughing, airway clearance problem, respiratory muscle weakness, kyphoscoliosis and so forth. The purpose of this study is to investigate the possible factors that can be affected to forced vital capacity (FVC) in children with cerebral palsy.

Methods: Total thirty six children with diplegic and hemiplegic cerebral palsy were recruited in this study. They were evaluated by general demographic data (i.e., age, gender, body mass index (BMI)) and variables related to respiratory functions (i.e., chest mobility, waist mobility, maximal phonation time, and maximum inspiratory/expiratory pressure (MIP/MEP)). The correlation between forced vital capacity and the rested variables were analyzed, and multiple regression with stepwise method was conducted to predict respiratory function, in terms of FVC as the dependent variable, and demographic and other respiratory variables as the independent variable.

Results: FVC showed a significant correlation with waist mobility ($r=0.59$, $p<0.01$), maximal phonation time ($r=0.48$, $p<0.05$), MIP ($r=0.73$, $p<0.01$), and MEP ($r=0.60$, $p<0.01$). In addition, the multiple regression analysis model indicated that FVC could be predicted by the assessment of each waist mobility and MIP.

Conclusion: These finding suggest that respiratory function is related to body size and respiratory muscle strength, and that BMI, waist mobility, and MIP can be predictable factors to affected respiratory function in term of FVC.

Key words: Cerebral palsy, Respiratory function, Forced vital capacity

1. 서론

뇌성마비는 태아 혹은 영아에서 비진행성 뇌손상으로 인한 신경학적 증상을 유발하는 질환으로 감각, 인지, 의사소통, 지각,

행동 장애 및 경련 등으로 인한 기능적 활동과 일상생활의 제한을 초래하는 대표적인 소아 질환이다.¹ 뇌성마비의 여러 형태 중에서 양측 하지 또는 편측 상하지에 운동 및 감각 기능이 손상되는 경직성 양지마비와 편마비가 흔히 유발된다.² 이러한 운동 장애는 자세와 보행과 같은 기능적 활동의 제한 뿐 아니라, 비정상적인 자세 긴장도와 반사, 비정상적인 운동 패턴으로 인하여 비정상적인 호흡 패턴이 유발되거나 턱, 입술, 혀 등의 구강 운동 기능에 문제를 유발한다.³

흡인(aspiration)은 신경계 질환을 가진 아동들에게 어느 정도의 경미한 수준의 증상을 대체적으로 보인다고 하며,⁴

Received July 13, 2013 Revised August 11, 2013

Accepted August 12, 2013

Corresponding author Hye Young Lee, happypt@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.

뇌성마비와 외상성 뇌손상 등과 같은 발달 장애 아동들에게 가장 흔한 호흡 합병증이라고 알려져 있다.⁵ 특히 뇌성마비 아동은 재발성 폐렴, 무기폐, 기관지 확장증, 수면 무호흡, 만성 폐쇄성 폐질환, 제한성 폐질환 등의 호흡 기능 장애의 높은 발생률과 사망률을 보인다.⁶⁻⁸ 뇌손상으로 인한 신경학적 운동 장애는 협응을 요구하는 항중력 운동의 발달을 제한시켜 섭식 등과 같은 구강 기능 및 호흡 기능에 직접적인 영향을 미칠 수 있으며, 자세 근육의 비정상적 작용은 잘 조절된 복식 및 흉식 호흡 기능에 필수적인 신체 발달에 악영향을 준다.⁹ 또한 잘못된 협응 운동 패턴으로 인해 호흡량이 줄고 얇고 적은 호흡량은 광범위한 미세 폐확장 부전과 폐 탄성력을 감소시킨다.¹⁰

이러한 비정상적인 호흡은 흉부와 복부의 호흡 근육들이 같은 시기에 적절하게 작용하지 못하게 하여 흉부 근육들이 흡기에 관여하고 있을 때 호기에 작용하는 복부 근육이 함께 작용하게 되는 역호흡을 유발하여 불규칙한 호흡 주기와 얇은 호흡을 유발하게 된다.¹¹ 또한 흡기와 호기의 조절과 안정성은 말소리의 흐름에 직접적인 영향을 미치게 된다.¹²

앞서 언급한 바와 같이, 많은 선행연구에서 뇌성마비 아동은 호흡 운동 기능의 약화로 인해 다양한 호흡기 질환을 가지며, 뇌성마비의 호흡 문제는 흉곽의 가동성의 감소와 흉곽 구조의 변형과 관련이 있다고 보고하고 있다.¹⁰ 또한 뇌성마비 아동의 호흡근 근력은 정상 발달 아동에 비해 유의하게 낮으며, 이로 인해 기능적 활동과 사회적 기능을 수행하는 일상생활 동작과 밀접한 관련성이 있다.¹³ 그러나 뇌성마비 아동에서의 다양한 호흡 기능 문제와 이로 인한 기능적 활동 제한이 보고되고 있음에도 불구하고, 호흡기능에 관련된 어떠한 요인들이 결정적인 영향을 미치는지에 대한 연구는 드물다. 따라서 본 연구에서는 노력성 폐활량에 영향을 미칠 수 있는 신체적 특성과 호흡 관련 변수들과의 상관성과 예측 가능한 요인을 파악하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자는 경직형 뇌성마비로 진단을 받고 대구에 소재하고 있는 재활치료 기관에서 물리치료를 수행하고 있는 있는 뇌성마비 아동 36명을 대상으로 실시 하였다. 대상자의 선정기준은 1) 소아과 전문의에 의해 경직형 양지마비 또는 편마비성 뇌성마비로 진단받은 학령기 아동, 2) 뇌성마비아 대운동 기능 분류 시스템(gross motor function

classification system: GMFCS) 평가에서 I, II, III 수준의 아동, 3) 호흡 기능을 측정하기 위한 연구자의 지시를 충분히 이해하고 수행할 수 있는 지적 능력이 있는 아동으로 선별하였다. 또한 모든 참여 대상자의 부모는 실험 전에 본 연구의 목적에 대해 충분한 설명을 듣고, 연구 참여 의사에 동의 하였다.

2. 측정방법

1) 실험절차

호흡 기능 및 호흡 근육의 근력을 측정하기 위해 모든 대상자에게 흉곽 및 복부의 가동성, 노력성 폐활량, 최대 발생 시간, 최대 흡기 및 호기압을 측정하였다. 모든 측정은 대상 환아와 검사자만이 있는 소아물리치료실에서 조용하고 편안한 분위기에서 실시되었으며, 각각의 측정은 무작위 순으로 진행되었다. 또한 모든 측정은 해당 평가에 적합한 자세를 취하고 반복 측정에 따른 과호흡을 방지하기 위한 충분한 휴식을 제공하였다.

2) 흉곽 및 복부 가동성의 측정

연구 대상자는 다리를 곧게 편 누운 자세에서 최대한의 노력으로 숨을 내쉬게 하였을 때와 숨을 들이 쉬었을 때의 흉곽과 복부의 둘레를 0.1 cm 단위의 줄자를 이용하여 측정하였다. 흉곽과 복부의 가동성은 최대 흡기 및 호기 시의 각각 둘레 차이를 계산하였다. 흉곽의 둘레는 흉골과 가시 돌기(xiphoid process)의 관절 부위를 기준으로 평행하게 측정하였고, 복부의 둘레는 골반의 장골능과 가장 아래의 늑골 사이에 있는 몸통에서 가장 좁은 부위를 기준으로 평행하게 측정하였다. 실제 측정을 하기 전에 환아에게 편안한 호흡을 몇 번하게 한 후에 수행 방법에 대한 충분히 이해를 시킨 후 측정하였다. 최대 흡기와 호기 사이에서 과호흡의 발생을 막기 위하여 충분한 휴식을 제공하였다.

3) 노력성 폐활량 및 최대 발생 시간의 측정

노력성 폐활량의 측정은 Cardio Touch 3000(BIONET, Korea)을 이용하여 앉은 자세에서 실시하였다. 측정은 우선 정상시의 호흡을 3회 이상 수행한 뒤에 최대 노력성 호기 곡선(maximaleffort expiratory spiogram)을 측정하여 노력성 폐활량(forced vital capacity: FVC)을 구하였다. 미국 흉부 학회의 지침에 따라 3회 이상을 반복 측정하여 기술적으로 재현성과 허용성 있는 방법 (기침, 공기샘, 잘못된 시작 등이 없어야 함)으로 검사가 수행될 수 있을 때까지 반

복한 후 가장 큰 측정값을 선택하였다.¹⁴

최대 발성 시간의 측정은 앉은 자세에서 최대 심호흡을 실시한 후에 검사자의 시작 명령과 함께, 가능한 편안한 목소리로 “아” 소리를 최대한 오래 동안 발성하도록 지시하였다. 이 때, 검사자는 stop 시계를 이용하여 발성 시간(초)을 측정하였고, 3번 측정 후 최대값을 사용하였다.

4) 최대흡기압및 호기압의 측정

최대 흡기압(Maximum inspiratory pressure: MIP)과 최대 호기압(Maximum expiratory pressure: MEP)은 Micro Respiratory Pressure Meter (Micro Direct Inc., USA)를 이용하여 앉은 자세에서 실시하였고, 노력성 폐활량 및 최대 발성 시간의 검사를 마치고 최대 1시간이 경과한 후에 측정하였다. 측정은 검사 장비의 마우스피스를 최대한 입술에 밀착시켜 공기가 새지 않도록 하고 시작 신호를 기다리게 하였다. 검사자는 대상자의 호흡을 관찰하여 잔기량에 최대한 가깝게 흡기 또는 호기되었을 때, 코마개를 부착하고 바로 ‘시작’ 신호를 보내어 대상자가 즉시 최대한 깊고 빠르게 2초 이상 흡기 또는 호기를 지속하도록 하였다.

3. 자료분석

대상자의 일반적 특성인 뇌성마비 유형, 성별, 나이, 체질량 지수, 흉곽 및 복부 가동성과 호흡 관련 변수인 노력성 폐활량, 최대 발성 시간, 최대 흡기 및 호기압은 기술적 통계를

이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 노력성 폐활량에 대한 각 변수들과의 상관관계를 분석하기 위해 Pearson 상관분석법을 이용하였고, 노력성 폐활량의 정도를 예측할 수 있는 유의한 변수들의 영향을 알아보기 위해 후진적 제거법(Backward elimination)을 이용한 다중회귀분석을 실시하였다. 모든 통계처리는 SPSS ver. for Windows 18.0 (IBM Co., Armonk, USA)를 사용하여 분석하였고, 통계적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 정하였다.

III. 결과

실험에 참가한 뇌성마비 아동의 일반적 특성과 호흡 기능에 영향을 미칠 수 있는 변수들의 값은 다음과 같다(Table 1). 노력성 폐활량에 대한 각 변수들의 상관분석 결과, 나이, 체질량 지수, 흉곽 가동성에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나 ($p < 0.05$), 복부 가동성 ($r = 0.59, p < 0.01$), 최대 발성 시간 ($r = 0.48, p < 0.05$), 최대 흡기압 ($r = 0.73, p < 0.01$), 최대 호기압 ($r = 0.60, p < 0.01$)에서는 통계적으로 유의한 차이를 보였다.

노력성 폐활량의 정도를 예측하기 위한 가능성 있는 호흡 기능 변수로서 복부 가동성, 최대 발성 시간, 최대 흡기 및 호기압을 독립변수로 설정하고 후진적 제거법을 이용한 다중회귀분석을 실시한 결과, 복부 가동성 및 최대 흡기압이 통계적으로 유의한 모형으로 포함되었다. 예측 모형에 대한 회귀식은 다음과 같고, 회귀식에 대한 설명력은 56.8%으로 통계적으로 유의한 결과를 보였다 ($p < 0.01$). Y (노력성 폐활량) = $0.33 + 0.15 X_1 + 0.02 X_2$, (Y : 노력성 폐활량, X_1 : 복부 가동성, X_2 : 최대 흡기압).

IV. 고찰

본 연구에서는 경직성 양지마비와 편마비를 호소하는 뇌성마비 아동들을 대상으로 노력성 폐활량에 영향을 미칠 수 있는 신체적 특성과 호흡 관련 변수들과의 상관관계를 분석하고, 각 변수들 중에서 폐활량을 예측할 수 있는 능한 요인을 파악하고자 하였다. 호흡과 관련된 변수로는 흉곽 및 복부 가동성, 최대 발성 시간, 최대 흡기 및 호기압을 측정하였다. 흉곽 및 복부 가동성은 흡기와 호기를 하는 동안에 흉골, 상하부의 늑골 등에서 호흡에 관련된 기본적인 움직임 허용하는 작용을 하기 때문에 호흡기능을 평가하는 중요한 지표로 사용되고 있다.¹⁰ 신경근육계 환자의 근본적인 호흡 부전은 폐 실질의 문제가 아니라 호흡근육의 근

Table 1. General characteristics and factors affected to respiratory functions in children with cerebral palsy

| Variables | Mean \pm standard deviation |
|---|-------------------------------|
| CP types (diplegic/hemiplegic) | 29/7 |
| Gender (boys/girls) | 19/17 |
| Age (years) | 10.2 \pm 1.7 |
| Body mass index | 17.6 \pm 2.6 |
| Chest mobility (cm) | 4.0 \pm 1.4 |
| Waist mobility (cm) | 2.2 \pm 1.0 |
| Forced vital capacity (liters) | 1.4 \pm 0.5 |
| Maximal phonation time (seconds) | 7.8 \pm 2.9 |
| Maximal inspiratory pressure (cmH ₂ O) | 32.0 \pm 13.8 |
| Maximal expiratory pressure (cmH ₂ O) | 42.5 \pm 17.3 |

Table 2. Factors associated with forced vital capacity in cerebral palsy as results of multiple regression analysis.

| | β | standard error | Beta | t | p |
|------------------------------|---------|----------------|------|------|------|
| Constant | 0.33 | 0.16 | 0.29 | 2.06 | 0.04 |
| Waist mobility | 0.15 | 0.07 | | 2.28 | 0.03 |
| Maximal inspiratory pressure | 0.02 | 0.01 | 0.57 | 4.41 | 0.00 |

력 약화에 기인하는 것이기 때문에 폐기능 평가 외에 추가로 호흡근력을 평가하여야 하는데, 최대 흡기 및 호기압은 신경계 손상으로 인한 호흡 근육의 부전을 평가하는데 유용한 지표로 사용되고 있으며 호흡근의 기능에 대해 보다 더 폭넓은 가치가 있는 것을 알려져 있다.^{15,16} 본 연구 결과, 노력성 폐활량은 복부 가동성, 최대 발성 시간, 최대 흡기 및 호기압에서 통계적으로 유의한 상관관계를 보였으며, 복부 가동성과 최대 흡기 및 호기압은 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 정상인에서도 복부 가동성, 최대 발성 시간, 최대 흡기 및 호기압이 호흡 기능과 밀접한 관련성이 있다는 선행연구와도 일치하는 결과를 보였다.¹⁷⁻¹⁹ 또한 복부 가동성과 최대 호기압이 유의한 상관관계가 있는 변수들에서 노력성 폐활량의 정도를 예측할 수 있는 모형 검증에서 유의한 변수로 나타났으며, 복부 가동성은 약 30%, 최대 흡기압은 57%의 설명력을 보였다.

정상적인 호흡 기능은 신경계, 호흡근육, 척추와 늑골의 정상적인 기능의 유지가 필요한데, 뇌성마비 아동은 이러한 신경 및 근골격계의 정상적인 기능의 부전으로 인해 흉곽 및 복부 가동성에 제한을 받게 된다. Ersoz 등은 이러한 흉곽 및 복부 가동성의 제한으로 충분한 공기를 흡입하고 호기할 수 있는 기능에 문제가 발생하게 되고 이차적으로 호흡근의 단축과 호흡 가동성에 관련된 관절에 구축을 유발하여 폐기능을 더욱 저하시킨다고 하였다.¹⁰ 또한 뇌성마비 아동은 폐 실질의 질환이 주요한 호흡기능 장애의 원인이 아니라 호흡근의 약화와 협응력의 감소로 인한 흉복부 가동성 제한, 환기 부전, 기도 정제능력의 저하 등을 원인으로 하는 폐용적 감소를 보이는 제한성 폐질환을 가진다고 볼 수 있다. 최근 경직형 양지마비와 편마비 뇌성마비 아동에서의 흉곽 및 복부가동성의 차이를 비교한 연구에서, 양지마비 뇌성마비 아동이 편마비 아동에 비해 더 낮은 복부 가동성을 보였다고 한다.²⁰ 정상적인 일상생활의 수행은 머리와 상지의 운동 조절에 관련이 있는 배곧근, 배속빗근, 배바깥빗근, 배가로근의 정상적인 발달이 필요하고 그러한 근육의 발달은 정상적인 호흡 패턴을 유도하는데 중요한 역할을 한다. 그러나 뇌성마비

아동은 머리 움직임의 조절과 분절된 구르기(segmental rolling)를 수행하는데 요구되는 양측 하지와 몸통 근육의 손상으로 정상적인 복부 가동성의 경험을 하지 못하기 때문에 제한된 움직임을 보인다.²¹⁻²³ 이러한 해석은 본 연구에서 나타난 폐활량과 흉곽 및 복부 가동성과의 상관성에 대한 이론적 근거를 제시한다고 볼 수 있다. 중추신경계의 손상으로 인한 장애를 가지게 된 뇌성마비 아동은 전형적인 신경계 증상인 비정상적인 긴장도와 정형화 된 동작과 원시 반사의 출현으로 인해 신체의 올바른 협응 운동과 정상 발달을 이룰 수 있는 운동발달적 근간에 문제를 가진다. 이러한 신경학적 문제는 특히 몸통 및 흉곽의 안정성을 확보하는데 어려움을 갖게 되어 몸통 및 호흡에 관련된 근육의 발달을 더욱 지연시키게 된다. 또한 자세와 호흡의 조절을 더욱 어렵게 하여 호흡근의 약화와 호흡 용적의 감소를 초래하여 호흡의 주기가 짧고 불규칙한 호흡을 유발한다.²⁴ 이로 인해 뇌성마비 아동이 가지고 있는 흡식 호흡의 의존도를 더욱 증가시키고 얇은 호흡으로 인해 충분한 가스교환을 어렵게 하며, 가로막과 복부 및 흉곽의 움직임이 정상 운동의 역방향으로 발생하여 호기 연장을 위한 신경근 조절의 어려움을 나타내게 된다.²⁵ 이러한 호흡 근육에 대한 근력은 직접적인 방법으로 측정하는 것이 불가능하여 압력의 변화로 측정하게 되는데, 호흡 압력의 측정은 간단하고 안전한 비침습적인 방법이다.²⁶ 호흡근의 강도는 기도를 닫고 흡기 및 호기 시에 발생하는 정적인 최대 압력을 측정하는 것으로, 최대 흡기압(Maximal inspiratory pressure)과 최대 호기압(Maximal expiratory pressure)으로 나타낸다.²⁷ 따라서 최대 흡기 및 호기 압력의 측정은 호흡 근육의 근력을 평가할 수 있으며, 신경근육계 손상을 가진 환자에서 폐활량의 측정으로 호흡 이상 증상을 발견할 수 없는 경우에 보다 민감하게 반응하여 임상적으로 사용이 가능하다.²⁸ 본 연구 결과에서 이러한 최대 흡기 및 호기압이 노력성 폐활량과 높은 상호 관련성을 보였으며, 폐활량의 정도를 예측하는 최대 호기압이 중요한 변수로 작용하는 것을 파악하였다. 앞서 언급한 바와 같이, 호흡 작용으로 인한 공기의 유입과 배출의 기능은 호흡 근육의 근

력과 흉곽 및 복부의 확장성으로 인해 결정되는 것으로, 특히 호흡 근육의 근력이 폐활량에 직접적인 원인으로 작용된다고 할 수 있다.

뇌성마비는 중추신경계 손상으로 인한 운동 및 감각 장애를 주요 증상으로 호소하게 되어 상대적으로 호흡에 관련된 기능의 평가와 치료에 대한 관심과 필요성이 많지 않았다. 그러나 그러나 호흡 기능은 신체의 자세와 호흡 근력의 변화에 매우 민감하게 작용할 수 있어 신경계 손상으로 인한 자세와 신 경근계의 비정상적 작용이 큰 영향을 미칠 수 있으며, 호흡 근의 약화로 호흡 부전을 가진 뇌성마비 아동은 일상 생활 동작을 독립적으로 수행하는데 어려움을 갖게 된다. 따라서 뇌성마비 아동에서의 호흡 기능에 대한 평가와 치료에 대한 물리치료사의 보다 높은 관심이 필요하며, 운동 발달과 기능 증진을 위한 여러 치료 기법에서 호흡 기능 강화를 위한 세부 프로그램이 추가되어야 할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 경직성 양지마비 및 편마비 뇌성마비 아동을 대상으로 하였는데, 경직성 편마비 아동의 발생 빈도가 경직성 양지마비 아동에 비해 낮아 많은 연구대상을 수집하지 못하였다. 향후 더 많은 연구대상을 수집하고 다양한 뇌성마비 유형에 따른 호흡 기능의 차이에 관한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P et al. Proposed definition and classification of cerebral palsy, april 2005. *Dev Med Child Neurol*. 2005;47(8):571-6.
- Oskoui M, Coutinho F, Dykeman J et al. An update on the prevalence of cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol*. 2013;55(6):509-19.
- Seo JE. The effect of respiration and oral motor training on correctness of consonants and the vocalization prolongation, for children with spastic cerebral palsy. *The Educational Journal for Physical and Multiple Disabilities*. 2007;49(49):135-60.
- Santoro A, Lang MB, Moretti E et al. A proposed multidisciplinary approach for identifying feeding abnormalities in children with cerebral palsy. *J Child Neurol*. 2012;27(6):708-12.
- Marks JH. Pulmonary care of children and adolescents with developmental disabilities. *Pediatr Clin North Am*. 2008;55(6):1299-314, viii.
- Seddon PC, Khan Y. Respiratory problems in children with neurological impairment. *Arch Dis Child*. 2003;88(1):75-8.
- Strauss D, Cable W, Shavelle R. Causes of excess mortality in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1999;41(9):580-5.
- Toder DS. Respiratory problems in the adolescent with developmental delay. *Adolesc Med*. 2000;11(3):617-31.
- Lee HY. Effects of breathing exercise on pulmonary function and respiratory muscle strength in children with spastic cerebral palsy. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree, 2013.
- Ersoz M, Selcuk B, Gunduz R et al. Decreased chest mobility in children with spastic cerebral palsy. *Turk J Pediatr*. 2006;48(4):344-50.
- Youn BW. The training effect of respiration and articulatory function in cerebral palsy. Daegu University. Dissertation of Master's Degree, 1990.
- Shin H, K., Kim HS, Lee OB. The effect of seat surface inclination on respiratory function and speech production in sitting. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(1):29-34.
- Wang HY, Chen CC, Hsiao SF. Relationships between respiratory muscle strength and daily living function in children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*. 2012;33(4):1176-82.
- Miller A, Enright PL. Pft interpretive strategies: American thoracic society/ european respiratory society 2005 guideline gaps. *Respir Care*. 2012;57(1):127-35.
- 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.
- Smeltzer SC, Laviates MH. Reliability of maximal respiratory pressures in multiple sclerosis. *Chest*. 1999;115(6):1546-52.
- Chen Y, Rennie D, Cormier Y et al. Waist circumference associated with pulmonary function in children. *Pediatr Pulmonol*. 2009;44(3):216-21.
- Toyoda C, Ogawa M, Oya Y et al. Maximum phonation time as a tool of screening respiratory muscle weakness in myopathic patients. *No To Shinkei*. 2004;56(10):873-6.
- 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.
- Nam GS, 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.
- Heyrman L, Desloovere K, Molenaers G et al. Clinical characteristics of impaired trunk control in children with spastic cerebral palsy. *Res Dev Disabil*. 2013;34(1):327-34.
- Gorter JW, Rosenbaum PL, Hanna SE et al. Limb distribution, motor impairment, and functional classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 2004;46(7):461-7.
- Rosenbaum PL, Russell DJ, Cadman DT et al. Issues in measuring change in motor function in children with cerebral palsy: A special communication. *Phys Ther*. 1990;70(2):125-31.
- Kim SH. Effect on respiratory muscle control training in articulation disorder of the cerebral palsy. Dankook University.

- Dissertation of Master's Degree, 2001.
25. Kim JH. Static relaxation training for improvement of breathing function in child with cerebral palsy. *The Educational Journal for Physical and Multiple Disabilities*, 2005;46(46):91-109.
 26. Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care*, 2009;54(10):1348-59.
 27. Lynn DJ, Woda RP, Mendell JR. Respiratory dysfunction in muscular dystrophy and other myopathies. *Clin Chest Med*, 1994;15(4):661-74.
 28. Griggs RC, Donohoe KM, Utell MJ et al. Evaluation of pulmonary function in neuromuscular disease. *Arch Neurol*, 1981;38(1):9-12.