

시각적 피드백을 이용한 호기근 중심의 호흡 강화 훈련이 뇌성 마비 아동의 폐기능, 체간 안정성, 대동작 기능에 미치는 영향

한덕현¹ 최종덕^{*2}

¹대전대학교 대학원 물리치료학과

²대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

The Effects of Expiratory Respiratory Muscle Strength Training with Visual Feedback on Pulmonary Function, Trunk Stability and Gross Motor Function in Children with Spastic Cerebral Palsy

Deok-hyun Han¹, Jong-duk Choi^{*2}

¹Dept of Physical Therapy, The Graduate School, Daejeon University

²Dept of Physical Therapy, College of Health & Medical Science, Daejeon University

ABSTRACT

Purpose: The aim of this study was to determine the effects of expiratory muscle-based respiratory

strength training with visual feedback on pulmonary function, trunk stability, and gross motor

function in children with spastic cerebral palsy.

Methods: Nineteen children with spastic cerebral palsy who consented to participate were randomly assigned to two groups. The experimental group underwent neurodevelopmental treatment for 20 minutes and respiratory strength training with visual feedback for 10 minutes. The control group underwent neurodevelopmental treatment for 30 minutes. The intervention was applied for 30 minutes, three times per week, for six weeks. We measured the forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume at one second (FEV1), FEV1/FVC ratio, and peak expiratory flow (PEF) to evaluate pulmonary function. We also used the Trunk Impairment Scale (TIS) and Gross Motor Function Measure (GMFM) to evaluate trunk stability.

Results: There were significant improvements in FVC, FEV1, FEV1/FVC ratio, and PEF in the experimental group after training. Significant improvements in TIS and GMFM were observed only among the experimental group.

Conclusion: The study results suggest that children with spastic cerebral palsy can improve their pulmonary function, trunk stability, and gross motor function through expiratory muscle-based respiratory strength training.

KEY WORDS : Cerebral palsy, Respiratory Strength Training, Pulmonary function, Trunk stability, Gross motor function

1. 서론

뇌성마비는 출산 시 또는 출산 후 다양한 원인으로 인하여 진행되지 않는 병변이나 손상이 발생하여 임상적으로 비정상적인 동작, 자세 조절의 어려움, 운동 기능 이상을 나타내는 임상적 증후군이라고 정의된다.⁸⁾ 미성숙한 뇌의 손상으로 인한 신경학적 문제는 동적이고 협조된 중력에 대항하는 움직임의 발달을 억제시키고 호흡기능과 섭식과 같은 구강 기능 및 호흡기능의 협응력에 직접적으로 영향을 미친다. 또한 비정상적인 근육 활동은 협응이 중요한 복식/흉식 호흡기능에 필수적인 신체 변화의 발달을 억제한다.¹⁶⁾

뇌성마비 아동은 횡격막을 포함한 호흡 근육의 약화가 발생하고 흉곽의 가동성 감소와 흉곽 구조의 변형으로 인해 폐를 충분히 팽창시키지 못하며⁷⁾ 호흡 활동과 관련된 근육들의 협력 작용을 유지하기 위한 운동 조절 능력이 감소된다. 이것은 호흡 근육과 체간 조절 능력에 영향을 끼쳐 체간 자세의 기능 장애를 유발하고 흉곽의 움직임을 저하시킨다.²⁶⁾ 또한 호흡근이 약한 뇌성마비 아동들은 일상생활의 자가 관리 능력이 감소되고 사회적 활동 능력에 제한을 받으며³⁰⁾ 호흡곤란과 같은 운동 수행 능력에 제한을 받기 때문에 호흡과 관련된 근육들의 능력을 강화하여 호흡부전을 감소시키고 운동 조절 능력을 증가시킬 수 있는 치료적 중재 방법이 요구된다.¹⁸⁾ 호흡근을 비롯한 전신 근력의 약화 및 협응 능력과 폐기능 저하 때문에 객담 제거가 제대로 이루어지지 않을 경우 폐렴이나 무기폐, 상기도염과 같은 호흡기 질환의 발병률이 높아지고 이로 인하여 사망률 또한 높게 된다.²⁷⁾

뇌성마비 아동의 근력은 비슷한 연령대의 정상아동들보다 약하다.²¹⁾ 뇌성마비 아동의 체간 근력의 약화는 체간 안정성의 감소를 나타내는데¹¹⁾ 뇌성마비 아동에게서 체간 안정성 저하는 앉기 자세의 균형능력, 올바른 자세 유지에 어려움을 겪고 선택적인 체간 조절 능력의 소실은 균형장애, 보행장애 및 상지와 손 기능의 제한, 언어장애를 가져올 수 있다.¹⁰⁾ 이러한 손상은 자세를 유지함에 있어서 직접적으로 연관이 되어 있는 체간 근육들과 호흡에 연결되어 있는 근육들과 관련성이 있다.²⁹⁾ 최대 호기압과 체간 손상도가 상관관계가 있으며, 횡격막과 체간의 안정성은 복부 주변근과 내측간근의 협응으로 나타난 결과이며, 체간의 안정성 강화가 필요로 할 때, 특히 복횡근과 횡격막 같은 호흡과 연관된 근육들의 변화를 발생시킨다.⁹⁾

시각적 피드백을 이용한 호흡 훈련은 환자에게 적용하기에 간편하고 비용이 저렴하며, 아동들에게 훈련을 할 때 흥미를 유발시킬 수 있는 효율적인 방법으로 알려져 있다. 시각적 피드백을 이용한 훈련 목표의 성취 과정에서 아동들은 적극적인 노력을 할 수 있으며, 훈련에 대한 순응도가 증가한다.²⁵⁾ 시각적 피드백 호흡 기구를 이용한 호흡 강화 운동은 만성 폐쇄성 폐질환 환자의 호흡근력 증진, 운동 능력 개선, 근 지구력과 삶의 질 또한 향상되었다는 것이 보고되었다.²⁰⁾ 경직형 뇌성마비 아동을 대상으로 시각적 피드백 호흡 기구를 이용한 훈련은 횡격막 저항 운동, 입술 오므리기 운동의 결합된 운동보다 더 유의한 증가를 보였다.¹⁶⁾ 최

자영⁶⁾ 등은 뇌성마비 아동에게 시각적인 피드백을 활용한 강화 폐활량계를 사용하여 호흡 운동을 실시한 결과 폐기능과 최대 발생 시간에서 유의한 개선을 보였다.

호기근 중심의 호흡 강화 훈련은 객담 배출 기능을 개선하고 기도 흡인을 감소시켜 호흡기계 합병증을 줄일 수 있으며¹⁾ 체간 안정성과 관련된 근육들과 상호 작용하여 자세 조절 능력을 향상시킬 수 있다.²⁹⁾ 최근에는 뇌졸중 환자를 대상으로 호기근 중심의 호흡 강화 훈련에 관한 연구가 진행되어 왔으며 김민환¹⁵⁾ 등은 뇌졸중 환자를 대상으로 호기근 단련 기구를 이용하여 호기근 강화 훈련을 시행한 결과 폐기능과 체간 조절 능력에서 유의한 증가를 보였다고 하였다.

그러나 뇌성마비 아동을 대상으로 시각적 피드백을 이용한 호기근 중심의 강화를 통한 폐기능과 체간 조절 능력에 관한 연구는 미비한 실정이다. 그러므로 이러한 이론적 근거를 바탕으로 호흡 능력이 부족한 뇌성마비 아동들에게 일상 생활 활동의 독립적인 수행과 심폐기능 및 체간 조절 능력 향상을 위해서 시각적 피드백을 이용한 호기근 중심의 호흡 강화 훈련을 통하여 호흡 기능과 체간 안정성에 미치는 영향을 연구하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 대전 서구에 소재한 E대학병원에서 경직형 뇌성마비로 진단 받고 외래 치료 중인 뇌성마비 아동 20명을 대상으로 하였다. 대상자 선정 기준은 경직성 뇌성마비로 진단 받고 폐기능 측정과 호흡 운동을 이해하며 지시에 따라 수행할 수 있는 아동, 보호자가 동의하고 운동에 적극적으로 참여하는 아동으로 하였다. 대상자의 제외 조건은 심장 질환이나 호흡기 질환 같은 임상적으로 심각한 의학적 상태에 있는 아동, 현재 기관절개술 상태이거나 병력이 있는 아동, 호흡 기능에 영향을 끼칠 수 있는 약물을 복용하고 있는 아동, 후만증이나 측만증 같은 척추 변형이 있는 아동으로 설정하였다. 본 연구는 대전대학교 기관생명윤리위원회의 연구승인을 받아 진행되었다(IRB 1040647-201706-HR-030-03). 연구에 참여하기 전 모든 보호자와 대상자들에게 연구 절차와 안정성에 대해서 설명하였으며 모든 대상자들의 보호자 동의 하에 진행되었다.

2. 평가 도구 및 측정방법

(1) 폐기능 검사(Pulmonary Function Test, PFT)

폐기능 검사의 측정도구는 Spirometer HI-801(CHEST, Japan)을 이용하여 실시하였다. 미국 흉부 학회 지침서를 근거로 3회 이상 실시하여 재현성을 보장하고 허용성을 높힐 수 있는 방법으로 측정이 이루어질 수 있도록 반복적으로 실시한 후 가장 큰 값을 측정값으로 하였다.²⁾

검사 자세는 의자에 앉은 상태에서 코집계를 착용하고 편안한 상태에서 3회 이상 호흡을 시행한 후 최대한

공기를 들어 마신 후 최대한 빠르게 공기를 밖으로 내쉬 후 최대 노력성 호기 곡선(maximal-effort expiratory spirogram)을 측정하여 강제성 폐활량(forced vital capacity: FVC), 1초간 강제성 호기량(forced expiratory volume at one second: FEV₁)과 1초간 강제성 호기량의 강제성 폐활량에 대한 비(FEV₁/FVC)를 측정하여 폐쇄성 및 제한성 환기장애 유무를 확인하였고 최대 호기 속도(peak expiratory flow: PEF)를 측정하여 기도 저항을 측정하였다.

(2) 체간 손상 척도(Trunk Impairment Scale, TIS)

체간 손상 척도(Trunk Impairment Scale, TIS)는 5세에서 12세의 뇌성마비 아동의 앉은 상태에서 정적, 동적 균형 능력과 체간의 조절된 움직임을 평가하기 위해서 총 17항목으로 구성되어 있고, 총 23점 만점으로 점수화 되어 있다. 측정자 간, 측정자 내 신뢰도는 .94~1.00이고 측정 표준편차는 0.45~1.00으로 나타났다.²³⁾ 측정은 6주 운동프로그램 적용 전과 후에 이루어졌다.

(3) 대동작 기능 평가 (Gross Motor Function Measure, GMFM)

대동작 기능 평가(GMFM)는 뇌성마비 아동의 실제 기능적인 상태를 파악 하고 대근육 운동 기능 변화를 평가하기 위한 표준화된 측정도구로써 눕기와 뒤집기(lying and rolling; dimension A), 앉기(sit; dimension B), 네발기기와 무릎서기(crawling and kneeling; dimension C), 서기(standing; dimension D), 걷기와 달리기 도약(walking, running and jumping; dimension E)으로 5가지의 부분으로 나누어져서 총 88개의 항목을 포함하고 있다. 측정자 간 신뢰도는 0.77, 평가-재평가 간 신뢰도는 0.88, 측정자 내 신뢰도는 0.68을 나타내었다.¹⁹⁾ 본 연구에서는 5개 영역 중 앉기 영역, 네발기기와 무릎서기 영역을 측정하였다.

3. 중재방법 및 연구절차

각 연구 대상들은 무작위로 배정되었으며 실험군에는 신경물리치료 20분과 시각적 피드백 호흡 운동 10분을 제공하였다. 운동치료 후 5분 동안 침대에서 안정 상태를 유지한 후 호흡 운동을 시행하였는데 이것은 호흡 운동에 운동 치료의 영향을 최소화하기 위해서이다.

시각적 피드백을 이용한 호기근 중심의 호흡 운동 방법은 호기근 강화 훈련기 RESPIILIFT®(Medine t srl, Italy)를 사용하였다. 이 기구는 호기근을 강화 시켜주는 도구로 본체와 마우스피스가 연결된 관으로 구성되어 있다.

대상자는 RESPILIFT®와 마우스피스 관을 연결하여 숨을 길게 내쉬 후 지침바가 목표 지점에 도달할 수 있도록 내쉬 상태에서 목표 지점에 유지하는 훈련을 실시하였다. 이 본체는 시각적으로 피드백을 줄 수 있어 아동들의 적극적인 참여를 유도할 수 있다. 대상자가 마우스피스를 통하여 숨을 내쉴 때 지침바가 위로 올라가게 된다. 실험군에 참여한 아이들은 RESPILIFT®를 어떻게 사용하는지 교육을 받았다.

대상자는 똑바로 허리를 펴고 앉은 자세에서 숨을 크게 들이마신 후에 공기가 새어나가지 않게 마우스피스 주변을 단단히 물고 지침바가 중간 위치에 올 때까지 강제적이거나 노력성이 아닌 활동적으로 숨을 내쉬었다. 이 때 지침바가 중간에 위치한 상태에서 가능한 길게 아니면 최소한 4초 이상을 숨을 유지할 수 있도록 가르친 후 실시하였다. 만일 대상자가 최소한 4초 이상 유지할 수 있다면 점진적으로 지침바의 위치를 증가시켰다. 대상자는 도구를 썩션당 10~15회 숨을 내쉬었다. 호흡 운동 중 피로나 어지러움을 호소하면 1~2분 휴식을 취한 후 다시 운동을 실시하였다. 훈련은 주 3회 30분씩 6주간 실시하였다. 대조군은 관절 구축 예방을 위한 상, 하지의 관절운동과 종아리근, 뒤넙다리근, 고관절 내전근 등의 신장운동 및 체간과 하지의 근력 강화 운동을 실시하였다. 그리고 아동의 비정상적인 자세 긴장도를 조절하면서 다양한 자세에서 정상적인 운동-감각 패턴을 습득할 수 있도록 촉진시켜주었고 보행 기구 등을 이용한 기능적 보행 운동을 주 3회 30분씩 6주간 실시하였다.

4. 분석방법

본 연구의 모든 통계 분석은 SPSS 18.0 버전을 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였고 중재 전과 후 변화에 대한 유의성을 검정하기 위해서 비모수적 검정법인 윌콕스 부호순위검정 (Wilcoxon signed rank test)을 이용하였으며 두 그룹에서의 변화량 차이를 분석하기 위해 맨휘트니 분석을 사용하였다. 통계학적인 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 대상자 특성

대상자의 성별, 나이, 신장, 몸무게와 GMFCS의 기능적 분류에서 두 군간 통계학적 차이는 없었다(Table 1).

2. 폐기능 비교

두 군의 중재 전□후와 두 군 간의 폐기능 변화량을 비교하였다(Table 2). 실험군은 중재 전보다 중재 후에 강제성 폐활량, 1초간 강제성 호기량, 1초간 강제성 호기량의 강제성 폐활량에 대한 비, 최대 호기 속도에서 유의한 증가를 보였고($p<.05$) 대조군에서는 모두 유의한 차이가 없었다.

두 군 간 비교 시 중재 후 실험군의 강제성 폐활량, 1초간 강제성 호기량, 1초간 강제성 호기량의 강제성 폐활량에 대한 비, 최대 호기 속도에서의 변화량은 대조군에 비해 더 유의한 향상을 나타냈다($p<.05$). (Table 2).

3. 체간 안정성 비교

두 군의 중재 전□후와 두 군 간의 체간 조절 능력 변화량을 비교하였다(Table 3). 실험군은 중재 전보다 중재 후에 통계학적으로 유의한 증가를 보였고($p<.05$) 대조군에서는 유의한 차이가 없었다.

두 군 간 비교 시 중재 후 실험군의 체간조절 능력의 변화량은 대조군에 비해 더 유의한 향상을 나타냈다($p<.05$). (Table 3).

4. 대동작 기능 평가 비교

두 군의 중재 전□후와 두 군 간의 대동작 기능 평가 영역에서 앉기 영역, 네발기기와 무릎 서기 영역을 비교하였다(Table 4). 실험군은 중재 전보다 중재 후에 앉기 영역과 기기 영역에서 통계학적으로 유의한 증가를 보였고($p<.05$) 대조군에서는 모두 유의한 차이가 없었다.

두 군 간 비교 시 중재 후 실험군의 대동작 기능 평가에서 변화량은 대조군에 비해 더 유의한 향상을 나타냈다($p<.05$). (Table 4).

IV. 고 찰

호흡 근육 강화 훈련은 폐쇄성 혹은 제한성 폐 질환을 가진 환자에게 폐기능 관리를 위해 필수적인 훈련으로써 환기근의 근력이나 지구력을 향상시키기 위해 빈번하게 사용되는 방법이다. 영국흉부학회의 호흡재활 지침서에서는 호흡근의 피로를 줄이고 효율적인 근력 증가를 위한 훈련 시간과 기간, 운동 횟수의 근거를 제시하였다.⁴⁾ 뇌성마비 아동의 호흡 특징은 얇은 호흡, 역행성 호흡, 그리고 낮은 호흡 용량을 보이는데 특히 기능적 능력이 떨어지는 뇌성마비 아동에게 흔하게 나타난다.²⁴⁾ 이는 광범위한 미세 무기폐의 발생과

폐 확장성 감소를 일으키며^{17),22)} 또한 뇌성마비 아동과 관련된 질병이환과 사망은 주로 호흡기계 합병증과 관련되어 있다. 그러므로 뇌성 마비 아동을 위한 포괄적인 관리의 부분으로써 호흡 기능을 강화하기 위한 중재 방법들을 포함시켜야 할 것이다.

본 연구는 뇌성마비 아동의 호흡근 강화 운동을 통해 호흡 능력이 개선된다는 선행 연구^{3),12)}를 바탕으로 시각적 피드백을 이용한 호기근 중심의 호흡훈련이 뇌성마비 아동의 폐기능과 체간 안정성, 그리고 대동작 기능에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

호흡 훈련은 아동들이 적극적으로 실험에 참여하도록 하기 위해서 시각적으로 피드백을 이용할 수 있는 호기근 강화 도구인 RESPIRLIFT®(Medinet srl, Italy)를 이용하였다. 이 도구를 이용한 훈련은 근육과 신경 시스템 변화들이 훈련을 수행하는 시간과 훈련 정도에 따라 영향을 미친다는 근거에 따라 수행하였다.⁵⁾ 본 연구는 호흡 훈련을 6주간 실시한 후에 1초간 강제성 호기량, 강제성 폐활량, 1초간 강제성 호기량의 강제성 폐활량에 대한 비, 최대 호기 속도의 변화를 알아보려고 하였다. 그 결과 1초간 강제성 호기량은 0.15L 증가하였고, 강제성 폐활량은 0.14L 증가하였으며, 1초간 강제성 호기량의 강제성 폐활량에 대한 비율은 2.56% 증가, 최대 호기 속도는 0.41L/s 향상되어 훈련 전보다 훈련 후에 긍정적 효과가 있었다는 것을 알 수 있었다. 이는 제한성 폐질환을 가진 뇌졸중 환자에게 호기근 강화 운동 후 강제성 폐활량, 1초간 강제성 호기량, 1초간 강제성 호기량의 강제성 폐활량에 대한 비, 최대 호기 속도에서 유의하게 증가한 kim¹⁵⁾ 등의 연구 결과와 유사하였다. Jo¹³⁾ 등은 뇌성마비 아동에게서 나타나는 체간 안정성의 감소는 올바른 자세 유지에 어려움을 보이고, 이로 인하여 보상 작용을 사용하게 되어 신체의 자세 정렬 상태가 올바르지 못하고 근 골격계에 문제를 일으켜 정상적인 발달이 이루어지지 않는다고 하였고, Wang²⁹⁾ 등과 Hodge⁹⁾ 등은 호흡에 관련되어 있는 근육들과 자세를 유지하기 위한 근육들의 사이에는 밀접한 연관성이 있다고 보고하였다. Jandt¹²⁾ 등은 체간 손상 척도(TIS)와 최대 흡기압(MIP) 사이의 상호 관련성($r=0.426$, $p=0.054$)에서 유의한 차이는 보이지 않았지만 유의한 수준에 가까웠고 체간 손상 척도와 최대 날숨압에서는 $r=0.517$, $p=0.016$ 로 유의한 차이를 나타냈다. 그러나 체간 손상 척도(TIS)와 최대호기속도(PEF)에서 상호 관련성을 보인 것을 제외한 다른 폐기능 검사에서는 체간 조절 능력과 관계가 없음을 보고하였다. 본 연구에서도 호흡 훈련군의 체간 손상 척도는 훈련 전 16.60에서 훈련 후 18.90으로 2.30점 증가하여 유의한 차이를 보였으나($p<0.05$) 대조군에서는 차이가 없었다. 호흡 훈련군의 실험 전□후 변화량 차이는 대조군의 실험 전□후 차이보다 유의하게 증가하였으며($p<0.05$) 이는 호기근 강화를 함께 실시한 훈련이 체간 조절 능력에 있어서 보다 효과적이라는 것을 의미한다고 할 수 있다. 또한 최대 호기 속도에서도 실험 전 3.04L/s에서 실험 후 3.45L/s로 0.41L/s 증가하여 유의한 차이를 나타내었다($p<0.05$). 이 결과는 호기근 강화 호흡 훈련에 의한 체간 안정성 향상이 호흡 근육의 근력 증가 때문이라고 사료된다.

체간 조절 능력은 호흡, 언어, 균형, 보행 및 상지와 손의 기능적 사용과 같은 일상 생활 동작과 밀접한

관계를 가진 것으로 보고 되었는데,²⁸⁾ Wang³⁰⁾ 등은 뇌성마비 아동들에게 호흡근 강화 훈련은 독립적인 일상 생활 능력과 사회적 기능에 긍정적으로 관련이 있다고 하였다.

본 연구에서는 호흡 훈련군에서 대동작 기능 평가 앞기와 기기 영역 모두 훈련 전에 비해 훈련 후에 유의한 향상을 나타내었고($p < 0.05$) 대조군에서는 약간의 증가가 있었지만 유의한 차이는 보이지 않았다.

본 연구의 제한점은 적은 수의 대상자가 선정되어 일반화시키기가 어려웠고 각각의 GMFCS 레벨에 따른 호흡근 강화 훈련의 효과를 확인하지 못하였으며 대상자가 아동이었기 때문에 측정할 때의 기분이나 신체 상태에 따라 정확한 측정값을 얻는데 어려움이 있었다. 그러므로 향후 연구에서는 이러한 문제점들을 보완하고 좀 더 많은 대상자에 대한 연구와 추적 관찰이 필요할 것이라고 사료된다.

본 연구는 시각적 피드백을 이용한 호기근 중심의 호흡 강화 훈련이 뇌성마비 아동의 폐기능을 증진시켰고 호흡근의 활성화를 통해 체간의 안정성과 대동작 기능향상에 긍정적인 영향을 미쳤다는 것을 알 수 있었다. 따라서 향후 이러한 시각적 피드백 중심의 호흡 강화 훈련이 뇌성마비 아동에게 적용되어 심폐기능 증진, 호흡기 질환의 이환률 감소, 다양한 기능적 활동 증진에 도움을 줄 것이라고 사료된다.

References

1. Adington, W. R., Stephens, R. E., Grililand, K. A. Assessing the Laryngeal Cough Reflex and the Risk of Developing Pneumonia After Stroke An Inter hospital Comparison. Stroke. 1999; 30, 1203-1207.
 2. American Thoracic Society. Lung function testing : selection of reference value and interpretative strategies. The American review of respiratory disease. 1991;144(5), 1202-18.
 3. Balachandran, A., Shivbalan, S., Thangavelu, S. Chest physiotherapy in pediatric practice. Indianpediatrics, 2005;42(6), 559-568.
-

4. British Thoracic Society Standards of Care Subcommittee on Pulmonary Rehabilitation. Pulmonary rehabilitation. *Thorax*, 2001;56(11), 827-834.
 5. Carpinelli RN, Otto RM. Strength training. Single versus multiple sets. *Sports Med*. 1998;26(2), 73-84.
 6. Choi JY, Rha DW, Park ES. Change in Pulmonary Function after Incentive Spirometer Exercise in Children with Spastic Cerebral Palsy. *Yonsei Med J*. 2016;57(3), 769-775.
 7. Ersoz, M., Selcuk, B., Gunduz, R., Kurtaran, A. et al. Decreased chest mobility in children with spastic cerebral palsy. *Turkish Journal of Pediatrics*, 2007;48, 344-350.
 8. Freeman, M. *Physical therapy of cerebral palsy*. New York: SpringerVerlag. 2007.
 9. Hodges PW, Gandevia SC. Changes in intra-abdominal pressure during postural and respiratory activation of the human diaphragm. *J Appl Physiol*. 2000;89(3), 967-976.
 10. Hwang YB. The effect of stabilization exercise in children with spastic diplegia. master's thesis. Busan Catholic University. 2006.
 11. Jan Stephen Tecklin. *Pediatric Physical Therapy*. 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins. 2001.
 12. Jandt SR, Caballero RM, Junior LA et al. Correlation between trunk control, respiratory muscle strength and spirometry in patients with stroke: an observational study. *Physiother Res Int*. 2011; 16(4), 218-224.
 13. Jo SJ. The effects of the appropriateness of the postural control exercise program on trunk muscle control ability and gross motor function movement for the children with cerebral palsy. doctor's thesis. Dept. of Special Education. The Graduate School. Dankook University. 2006.
 14. Ju JY, Shin HS. The Effects of Respiratory Muscle Strengthening Exercise on the Respiratory and Phonation Capacity in Spastic Cerebral Palsy Child. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 2010;20(3), 285-292.
 15. Kim MH, Lee WH, Yun MJ. The Effects on Respiratory Strength Training on Respiratory Function and Trunk Control in Patient with Stroke. *J Phys Ther Sci*. 2012;24(5), 340-347.
 16. Lee HY. Effects of breathing exercise on pulmonary function and respiratory muscle strength in children with spastic cerebral palsy. doctor's thesis. Daegu University. 2013.
 17. Leopando MT, Moussavi Z, Holbrow J, Chernick V, Pasterkamp H, Rempel G. Effect of a soft Boston orthosis on pulmonary mechanics in severe cerebral palsy. *Pediatr Pulmonol*. 1999;28, 53-58.
 18. Mulreany, L.T., Weiner, D.J., McDonough, J.M. et al. Noninvasive measurement of the tension-time index in children with neuromuscular disease. *Journal of Applied Physiology*, 2003;95(3), 931-937.
 19. Nordmark E, Hägglund G, Jarnlo GB. Reliability of the gross motor function measure in cerebral palsy. *Scand J Rehabil Med*. 1997;29(1):25-8.
 20. Ralph J. H. Koppers, Petra J. E. Vos, Cecile R. L. Boot and Hans Th. M. Folgering. Exercise performance improves in patients with COPD due to respiratory muscle endurance training. *Chest*. 2006;129(4):886-892.
 21. Ross S. A., Engsborg J. R. Relation between spasticity and strength in individual with spastic diplegic cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 2002;44, 148-157.
 22. Rothman JG. Effects of respiratory exercises on the vital capacity and forced expiratory volume in children with cerebral palsy. *Physical Therapy*, 1978;58, 421-425.
 23. Saether R, Jørgensen L. Intra- and inter-observer reliability of the Trunk Impairment Scale for children with cerebral palsy. *Res Dev Disabil*. 2011;32(2):727-39.
-

24. Seddon PC, Khan Y. Respiratory problems in children with neurological impairment. *Arch Dis Child*. 2003;88, 75-78.
 25. So, M.W., Heo, H.M., San Koo, B., Kim, Y.G., Lee, C.K., & Yoo, B. Efficacy of incentive spirometer exercise on pulmonary functions of patients with ankylosing spondylitis stabilized by tumor necrosis factor inhibitor therapy. *The journal of rheumatology*. 2012;39(9), 1854-1858.
 26. 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), 1974-1978.
 27. Toder DS. Respiratory problems in the adolescent with developmental delay. *Adolesc Med*. 2000;11, 617-631.
 28. Verheyden G, Vereeck L, Truijen S. et al. Trunk performance after stroke and the relationship with balance, gait and functional ability. *Clin Rehabil*. 2006;20(5), 451-458.
 29. Wang CH, Hsueh IP, Sheu CF. et al. Discriminative, predictive, and evaluative properties of a trunk control measure in patients with stroke. *Physical Therapy*, 2005;85(9), 887-894.
 30. Wang, H.Y., Chen, C.C., Hsiao S.F. Relationship between respiratory muscle strength and daily living function in children with cerebralpalsy. *Research in developmental disabilities*, 2012;33(4), 1176-1182.
-

Table 1. General characteristics of subjects (N=19)

	EMST group (n=10)	Control group (n=9)	p
	5/5	5/4	.821

Gender(male/female)

Age(years)	8.70±2.21	8.22±1.48	.585
Height(cm)	120.00±20.39	124.00±11.90	.605
Weight(kg)	26.36±13.78	26.55±9.23	.971
GMFCS			
I	2	2	.603
II	4	2	
III	3	3	
IV	1	2	

Values are presented as mean±standard deviation

EMST: expiratory muscle strength training, GMFCS(Gross Motor Function Classification System)

Table 2. Changes of PFT between EMST and Cotrol group

		EMST group (n=10)	Cotrol group (n=9)	Z	P
FEV1(L)	Pre	1.33±0.41	1.33±0.35	-0.654	0.513
	Post	1.45±0.44	1.34±0.37	-1.678	0.093
	Change	0.15±0.04	0.01±0.02	-3.686	0.000*
	Z	-2.809	-0.680		
	P	0.005*	0.497		
FVC(L)	Pre	1.73±0.45	1.75±0.38	-0.204	0.838
	Post	1.88±0.49	1.75±0.40	-1.145	0.252
	Change	0.14±0.04	0.00±0.02	-3.692	0.000*
	Z	-2.814	-0.43		
	P	0.005*	0.667		
FEV1/FVC(%)	Pre	74.03±3.79	75.50±4.38	-1.348	0.178
	Post	76.60±3.30	75.65±4.60	-1.061	0.288
	Change	2.56±2.57	0.14±0.48	-3.351	0.001*
	Z	-2.803	-0.841		
	P	0.005*	0.400		
PEF(L/s)	Pre	3.04±0.76	2.74±0.26	-0.531	0.595
	Post	3.45±0.72	2.75±0.29	-2.368	0.018
	Change	0.41±0.09	0.02±0.04	-3.684	0.000*
	Z	-2.810	-0.677		
	P	0.005*	0.498		

Values are presented as mean±standard deviation

EMST: expiratory muscle strength training, FVC: forced vital capacity, FEV1: forced expiratory volume at one second, FEV1/FVC: ratio of FEV1 to FVC, PEF: peak expiratory flow

*p<0.05

Table 3. Changes of TIS between EMST and Cotrol group

		EMST group (n=10)	Cotrol group (n=9)	Z	P
TIS	Pre	16.60±1.57	16.22±1.64	-0.542	0.588
	Post	18.90±2.68	16.77±2.33	-1.728	0.084
	Change	2.30±1.33	0.55±1.42	-2.414	0.016*
	Z	-2.588	-1.225		
	P	0.010*	0.221		

*p<0.05

Table 4. Changes of GMFM between EMST and Control group

		EMST group (n=10)	Control group (n=9)	z	p
GMFM (sit)	Pre	83.70±2.11	83.55±3.39	-0.414	0.679
	Post	88.00±4.26	85.22±4.65	-0.984	0.325
	Change	4.30±2.86	1.66±2.12	-2.355	0.019*
	Z	-2.602	-1.841		
	P	0.009*	0.066		
GMFM (crawling and kneeing)	Pre	77.40±2.22	76.55±4.03	-1.026	0.305
	Post	81.60±4.64	77.55±5.12	-1.556	0.120
	Change	4.20±2.82	1.00±2.39	-2.464	0.014*
	Z	-2.593	-1.214		
	P	0.010*	0.225		

Values are presented as mean±standard deviation

EMST : expiratory muscle strength training, GMFM(Gross Motor Funtion Measure) Sit; dimension B, Crawling and Kneeing; dimension C

*p<0.05