

## 정상 아동과 뇌성마비 아동의 감소된 횡격막 움직임 및 호흡 기능의 비교

강민수<sup>1</sup>, 심재훈<sup>2</sup>, 강선영<sup>3</sup>

<sup>1</sup>최재활의학과의원 물리치료실, <sup>2</sup>백석대학교 보건학부 물리치료학과, <sup>3</sup>한국산업전흥원 기업부설연구소

### Comparisons of Diaphragm Movement and Pulmonary Function Between Normal Children and Children With Cerebral Palsy

Min-soo Kang<sup>1</sup>, PhD, PT, Jae-hoon Shim<sup>2</sup>, PhD, PT, Sun-young Kang<sup>3</sup>, PhD, PT

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Choi's Rehabilitation Hospital

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University

<sup>3</sup>Company-affiliated Research Institute, Korea Industry Development Institute

#### Abstract

**Background:** Research efforts to improve the pulmonary function of children with cerebral palsy (CP) need to focus on their decreased diaphragmatic ability compared to normal children. Real-time ultrasonography is appropriate for demonstrating diaphragmatic mechanisms.

**Objects:** This study aimed to compare diaphragm movement, pulmonary function, and pulmonary strength between normal children and children with CP by using ultrasonography M-mode. The correlation between general characteristics, diaphragm movement, pulmonary function, and pulmonary strength was also studied.

**Methods:** The subjects of this study were 25 normal and 25 CP children between five and 14 years of age. Diaphragm movement was measured using real-time ultrasonography during quiet and deep breathing. Pulmonary function (such as forced expiratory volume in one second; FEV<sub>1</sub> and peak expiratory flow; PEF) and pulmonary strength (such as maximum inspiratory pressure; MIP and maximum expiratory pressure; MEP) were measured. A paired t-test and Spearman's Rho test, with a significance level of .05, were used for statistical analysis.

**Results:** The between-group comparison revealed that normal children had significantly greater diaphragm movement, FEV<sub>1</sub>, PEF, MIP, and MEP (p<.05) than CP children. The results showed that general characteristics were significantly related to FEV<sub>1</sub>, PEF, MIP, and MEP (p<.05).

**Conclusion:** In clinical settings, clinicians need to concern decreased diaphragm movement, pulmonary function, and pulmonary strength in CP group compared to normal children.

**Key words:** Cerebral Palsy; Diaphragm movement; Pulmonary function; Ultrasonography.

#### I. 서론

뇌성마비는 미성숙한 뇌의 비정상적인 소견과 비진행성 병변으로 인한 움직임, 자세, 운동기능의 장애를

말한다(Blair와 Watson, 2006). 뇌성마비는 천 명당 2~2.5명의 발생률을 보이며 의학의 발달로 미숙아의 생존률은 증가하면서 저체중과 뇌의 미성숙으로 인한 뇌성마비 발생률은 증가하고 있다(Paul, 2012). 임상적으로 주산기의 뇌의 저산소 허혈증, 신생아의 간질, 뇌혈관의

경색을 동반한 미숙아의 증가로 뇌성마비가 증가하는 추세이다(Wood, 2006). 뇌성마비는 일반적으로 운동발달 장애를 동반하며, 약한 근력, 움직임의 부적절한 속도, 움직임에 있어 높은 에너지 소비, 낮은 심폐기능 등이 존재 한다(Bax 등, 2005).

빠른 호흡과 역설적 호흡, 오랜 기간 심호흡을 하지 못하는 뇌성마비 아동의 상부 체간은 덜 발달된다(Park 등, 2006). 특히 뇌성마비 아동은 호흡을 조절하는 신경로의 문제로 호흡근의 기능부전이나 마비가 일어날 수 있고, 흡인성 폐렴, 감소된 기도청결, 화농성 질환, 흉추측만증, 상부기도의 폐쇄 등 다양한 원인으로 인해 호흡기능의 문제가 일어난다(Fitzgerald 등, 2009). 또한 뇌성마비 아동의 불충분한 호흡 근력으로 인한 흉벽 구조의 변형과 감소된 흉벽의 움직임과 관련 되어 있다고 보고된다(Ersoz 등, 2006). 뇌성마비 아동의 호흡 근력은 정상 그룹과 비교하여 매우 낮게 나타났으며, 호흡 근력은 일상생활에서 자기를 스스로 돌보기 능력과 사회적 적응 능력과 매우 밀접한 관계가 있다(Wang 등, 2012).

호흡근육은 주로 횡격막, 늑간근, 복근, 호흡 보조근으로 구성되며, 호흡근육에서 횡격막은 주요 호흡근육이며 횡격막의 손상은 호흡과 관련된 중대한 문제를 일으킨다(de Leeuw 등, 1999). 횡격막은 돔 모양의 근육 섬유성 종격으로 흉강과 복강을 분리하고 흡기시에는 수축하여 돔은 아래로 움직이고 흉곽의 수직직경을 증가 시키고 호기 시 횡격막의 상승은 팽창된 폐의 탄력적 반동과 복근의 긴장도에 의해 순수하게 수동적으로 일어난다(McCandless, 1975). 횡격막은 생리적으로 정상인 개인에 있어서 안정 시 호흡에 흡입 기능의 70%를 담당하며(Onders 등, 2014), 횡격막 기능에 의한 손상은 호흡에 심각한 문제를 가져온다(Wilcox과 Parady, 1987). 특히 호흡 보조근과 흉곽 움직임이 덜 발달한 신생아와 유아기에는 약한 늑간근이 횡격막의 기능에 전적으로 의존하며, 이 시기에 발생하는 횡격막의 마비는 매우 치명적인 호흡문제를 일으킨다(Mok 등, 1991; Tarver 등, 1989).

횡격막 움직임은 호흡패턴에 중요하게 기여되는 요소이지만 상대적으로 평가하기는 어렵다. 초음파 M-mode를 이용한 평가 방법은 비 침습적이고, 횡격막의 움직임을 빠르고 효율적으로 측정할 수 있으며, 침상에서도 쉽게 평가할 수 있는 장점을 가지고 있다. 이에 최근 초음파 M-mode를 이용한 횡격막 움직임의 평

가 방법은 횡격막 기능부전을 쉽게 발견할 수 있어 추천 되고 있다(Epelman 등, 2005).

초음파 M-mode는 횡격막 움직임에 대한 평가로 사용 되었지만 뇌성마비 아동을 대상으로 초음파에 의한 횡격막 평가는 잘 연구되어지지 않았고 횡격막 마비가 의심되는 아동에 대한 연구(Riccabona 등, 1998), 성인 편마비 환자를 대상으로 초음파를 이용한 횡격막 움직임의 크기에 대한 평가(de Almeida 등, 2011; Voyvoda 등, 2012)가 소수의 연구를 통해 보고되고 있다. 또한 뇌성마비 아동은 임상에서 정상아동과 같은 양의 운동치료 시 호흡문제를 야기할 수 있는 가능성이 매우 크에도 불구하고, 뇌성마비 아동을 대상으로 정상아동과 횡격막 움직임 및 호흡기능의 비교연구가 매우 희박하다. 이에 본 연구는 초음파 M-mode를 이용하여 정상아동과 뇌성마비 아동과의 횡격막 움직임의 크기 및 호흡 기능의 차이를 알아보고 정상 아동과 뇌성마비 아동의 일반적인 특성과 횡격막 움직임의 크기 및 호흡 기능과의 연관성을 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

본 연구의 안산시에 소재하고 있는 대학병원과 재활병원에서 뇌성마비 아동으로 진단을 받고 운동치료를 받는 뇌성마비 아동 25명(만 5~14세)과 비슷한 나이 연령대의 정상 아동 25명을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자의 선정 시 모든 연구대상자의 부모와 대상자에게 본 연구의 목적과 취지에 대해 설명하고, 연구의 참여에 동의한 아동을 대상으로 하였으며, 심한 인지능의 장애와 심한 근골격계의 구축과 변형이 있는 경우에 연구에서 제외하였다. 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

### 2. 연구설계

본 연구는 뇌성마비 아동 25명과 정상 아동 25명을 대상으로 횡격막 움직임의 크기, 호흡기능, 호흡 근력을 측정하였으며, 뇌성마비 아동에게 대동작운동기능 평가(gross motor functional classification scale; GMFCS)를 실시하여 운동기능을 추가 측정하였다. 모든 측정은 임상경력 20년차 이상의 물리치료사 1인이 실시하였고, 초음파 측정 또한 전문적으로 교육을 받

**Table 1.** General characteristics of two groups

(N=50)

	Cerebral palsy	Normal	p
Gender (male/female)	10/15	11/14	
Age (years)	9.9±4.1 <sup>a</sup>	10.6±3.1	<.001*
Height (cm)	138.1±7.2	139.2±5.1	.005*
Weight (kg)	37.6±6.9	38.6±6.2	.033*
Chest (cm)	61.9±5.7	63.1±4.1	.020*
Waist (cm)	59.7±6.6	61.3±7.0	<.001*

<sup>a</sup>mean±standard deviation.

은 1인이 실시하였다. 연구과정 중 발생할 수 있는 뇌성마비 아동의 간질, 심한 통증, 컨디션 저하 등과 같은 의료적 문제가 있을 경우 연구를 중단하고 재활의학과 의사에게 의뢰하여 건강상태를 진단 받도록 진행하였다.

### 3. 측정도구 및 측정방법

#### 가. 횡격막 움직임의 크기

본 연구에서 연구대상자들에 횡격막 움직임의 크기를 측정하기 위해 M-mode 옵션이 있는 초음파(GE volusonS8)를 사용하였다. M-mode 초음파는 횡격막 움직임의 방향(direction of motion)과 움직임의 크기(amplitude of excursion)를 평가할 수 있는 장비이다. 초음파 영상에서 정상적인 흡기 시 횡격막의 수축은 초음파 변환기(transducer)를 향하여 움직이고, 이와 같은 움직임은 M-mode 초음파 투사에서 윗방향 굴곡(upward in flexion)으로 보여진다. 정상적인 호기 시 횡격막 수축은 초음파 변환기로부터 반대방향으로 움직이고, 이와 같은 움직임은 M-mode 초음파 투사에서 아랫방향 굴곡(downward in flexion)으로 보여진다(Ayoub 등, 1997). 횡격막 움직임의 크기는 초음파영상 진단기에 내장된 캘리퍼를 이용하였다. 측정 시 대상자는 엉덩관절과 무릎관절을 굽히고 바로 누운 자세에서 모니터를 통한 시각적 바이오피드백을 받지 못하도록 하였다. 동일한 측정자가 탐촉자를 직각 방향으로 흉곽에 비추어서 8번과 9번 갈비뼈 사이의 부위를 측정하였으며, 초음파 빈도(frequency)는 3.5~5.0 Mhz 사이를 사용하였다(Epelman 등, 2005). 횡격막 움직임의 크기 측정은 편안한 호흡(quiet breathing; QB), 심호흡(deep breathing; DB) 시 각각 오른쪽, 왼쪽 3회씩 실시하였으며, 3회 측정한 평균값을 이용하였다. 초음파를 이용한 횡격막 움직임 측정은 측정자내 신뢰도가 r=.99로 매우

높음으로 보고된다(Boussuges 등, 2009).

#### 나. 호흡기능

본 연구에서는 연구대상자들은 폐활량 측정기(Pony FX MIP/MEP, Cosmed Srl, Italy)를 사용하여 최대호기속도(peak expiratory flow; PEF)와 1초 노력성 호기량(forced expiratory volume in 1 sec; FEV<sub>1</sub>)를 측정하였다. PEF는 분당 최대 호기유량을 1회 호기량의 최고지점 측정값으로 추정 환산한 값으로 기도폐쇄 유무와 기도 폐쇄의 손상정도를 알아내는 데 유용한 파라미터이다(Quanjer 등, 1997). PEF의 단위는 분당 리터수(L/min)로 표시한다. FEV<sub>1</sub>은 가능한 최대로 흡기 후 노력성호기를 시작하고 1초간 내린 호흡량을 가리킨다. 폐쇄성 폐질환의 경우 작은 기도가 정상보다 빨리 닫히기 때문에 FEV<sub>1</sub>의 감소가 나타나는데 폐쇄성 폐질환을 진단하는 임상적으로 중요한 지표가 된다(Liu 등, 2009). 정확한 호흡기능 측정을 위하여 검사대상자가 이해할 수 있도록 충분한 설명을 하고 시범을 보여준 다음 엉덩관절을 90° 굽혀 앉은 자세에서 실시하였다. 먼저 평상시 호흡 3회 정도 한 후에 최대한 공기를 들며 마신 후 최대한 공기를 불어 총 각각 3번 평가한 후 그 평균값을 이용하였다(Jung 등, 2014). 호흡 폐활량 측정기를 이용한 호흡기능평가의 측정자 내 신뢰도는 r=.99로 매우 높음으로 보고된다(Finkelstein 등, 1993).

#### 다. 호흡근력

본 연구에서는 연구대상자들은 폐활량 측정기를 사용하여 호흡근력 측정하였다. 호흡근력은 닫힌 기도에 대한 흡기와 호기 시 발생하는 최대정적압력을 측정하여 평가할 수 있다. 최대정적압력은 공기의 흐름이 멈춘 상태에서 폐용적에 형성된 압력을 의미한다(Lynn

등, 1994). 이 측정을 통해 최대흡기압(maximum inspiratory pressure; MIP)과 최대호기압(maximum expiratory pressure; MEP)을 측정하였다. MIP는 흡기시 최대흡기압력으로 횡격막의 압력을 반영한다.

#### 라. 운동기능

본 연구에서는 연구대상자들의 운동기능을 측정하기 위해 GMFCS를 사용하였다. GMFCS는 앉기, 서기와 같은 움직임 기술과 일상생활기능 같은 일상생활 수행 정도를 예견 할 수 있는 좋은 평가도구로, 뇌성마비의 손상정도를 분류하기에 매우 유용하게 사용할 수 있다(Palisano 등, 1997). GMFCS는 총 5가지 레벨로 GMFCS 레벨 1~3은 낮은 손상(lower severity), 레벨 4는 높은 손상(high severity), 레벨 5는 매우 높은 손상(highest severity)으로 분류되고, 운동기능과 레벨 사이의 구별은 움직임과 질을 평가하기보다는 현재 아동이 할 수 있는 능력과 할 수 없는 능력을 나타내는 지표이다(Pausano 등, 1997). GMFCS는 5가지 항목(눕기와 뒤집기, 앉기, 네발기기와 무릎서기, 서기, 걷기 달리기 도약)을 평가할 수 있고, 나이별로 기능과 레벨 척도가 달라지기 때문에(Pausano 등, 1997)본 연구에서는 뇌성마비 아동을 나이별로 분류하여(2세 이하, 2세~4세 이하, 4세~6세 이하, 6세~12세 이하) 평가하였다.

#### 4. 분석방법

본 연구에서 수집된 모든 자료는 윈도우용 통계처리 프로그램 SPSS 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 통계 처리하였다. 수집된 자료의 변수에 대하여 평균 및 표준편차를 산출하고, 연구 대상의 일반적 특성을 알아보기 위하여 기술통계를 이용하였다. 두 그룹간 일반적인 특성은 T-test를 통해 비교분석 되었다.

모든 대상자들은 횡격막 움직임의 모양 및 양쪽 대칭 정도에 따라 횡격막의 정상, 기능부전, 마비로 분류되었다(Urvoas 등, 1994). 횡격막의 정상적인 움직임은 초음파 M-mode방향이 흡기 시 위 방향으로 굴곡이 되고 호기로 바뀔 때 아랫방향으로 굴곡 되어야 하며 전환되는 구역에서는 뾰족한 모양으로, 횡격막 움직임의 범위는 4 mm 이상이고 양쪽의 횡격막 움직임의 크기의 차이가 50%미만 일 때를 정의한다. 횡격막의 기능부전은 위아랫방향으로 전환되는 구역에서 완만한 모양을 이루며, 횡격막 움직임의 범위는 4 mm 이하이고, 양쪽의 움직임의 크기 차이가 50% 이상 일 때로 정의한다. 횡

격막 마비는 초음파 위아랫방향으로 전환되는 구역에서 완만한 모양을 이루며, 횡격막 움직임의 범위는 다양하고 양쪽의 움직임의 크기 차이도 다양하게 나타나는 것으로 정의한다(Urvoas 등, 1994).

뇌성마비 아동과 정상 아동의 사이의 횡격막 움직임 크기와 호흡기능(PEF, FEV<sub>1</sub>), 호흡근력(MIP, MEP)의 차이를 검증하기 위해 Shapiro-Wilk의 정규성 검정을 실시하였고, 그 결과 유의수준이 .05이상으로 모수적 방법 T-test를 실시하였다. 뇌성마비 아동과 정상 아동의 나이, 체중, 허리둘레, 가슴둘레, 횡격막의 크기, PEF, FEV<sub>1</sub>, MIP, MEP의 상관관계는 Spearman's rho test로 실시하였다.

### III. 결과

#### 1. 뇌성마비 아동군과 정상 아동군 비교

본 연구에서는 뇌성마비 아동과 정상 아동의 횡격막 움직임 크기, 호흡기능(PEF, FEV<sub>1</sub>),호흡근력(MIP, MEP)을 측정하여 두 그룹간 비교하였다. 횡격막 움직임 크기의 결과는 편안한 호흡 시 오른쪽과 왼쪽 횡격막 운동과 심호흡 시 왼쪽 횡격막 운동에서 두 그룹간의 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 심호흡 시 오른쪽 횡격막 운동은 정상 그룹이 큰 움직임을 보였으나, 두 그룹간의 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > .05$ ). 정상 아동의 호흡기능(PEF, FEV<sub>1</sub>)과 호흡근력(MIP, MEP)은 모두 뇌성마비 아동보다 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ )(Table 2).

또한 뇌성마비 아동 25명 중 정상 횡격막은 9명, 횡격막 기능부전은 11명, 횡격막 마비는 5명으로 나타났으며, 정상아동 그룹에서는 정상 횡격막 16명, 횡격막 기능부전이 7명, 횡격막 마비가 2명으로 나타났다.

#### 2. 뇌성마비 아동군의 일반적 특성과 횡격막 움직임 크기, 호흡기능과의 상관관계 분석

뇌성마비 아동의 일반적 특성 중 나이, 키, 몸무게, 가슴둘레, 허리둘레는 PEF, FEV<sub>1</sub>, MIP, MEP와 통계학적으로 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났으며( $p < .05$ ), 횡격막 움직임의 크기와 GMFCS와는 상관관계를 보이지 않았다( $p > .05$ ). 또한 뇌성마비 아동의 GMFCS는 왼쪽 횡격막 움직임의 크기와, FEV<sub>1</sub>, MIP, MEP사이에 통계학적으로 유의한 상관관계를 보여

( $p < .01$ ), 운동기능이 좋아질수록 부분적으로 횡격막 움직임의 크기, 호흡기능, 호흡근력 이 좋아지는 것을 알 수 있었다(Table 3).

### 3. 정상 아동군의 일반적 특성과 횡격막 움직임 크기, 호흡기능과의 상관관계 분석

정상 아동의 일반적 특성 중 나이, 키, 몸무게는 PEF, FEV<sub>1</sub>와 유의한 상관관계를 보였고( $p < .05$ ), MIP, MEP와 통계학적으로 대부분 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 또한 정상 아동의 횡격막 움직임의 크기가 클수록 PEF, FEV<sub>1</sub>, MIP, MEP가 증가하는 것으로 나타났지만 오른쪽 횡격막 움직임(DB)와 MIP, 왼쪽 횡격막 움직임(DB)와 MEP에서만 통계적으로 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ )(Table 4).

## IV. 고찰

뇌성마비는 진행되지 않은 운동기능장애로 정의하지만 동시에 심한 발달장애, 정신지체(31%), 간질(21%), 보행불능(20%), 시력장애(11%)를 가진다(Johnson 등, 2002). 호흡부전이나 호흡 문제로 인한 수면장애 역시 뇌성마비에게서 일반적으로 나타나는 문제임에도 불구하고 뇌성마비의 호흡기능에 대해서는 상대적으로 적은 문헌이 보고 되어있다(Domonic 등, 2009). 본 연구에서는 5세에서 14세사이의 뇌성마비 아동과 정상 아동의 횡격막 움직임의 크기(편안한 호흡과 심호흡 시) 및 호흡기능(PEF, FEV<sub>1</sub>)과 호흡근력(MIP, MEP)을 알아보았으며, 두 그룹간 모두 변수에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ).

기도폐쇄 유무와 기도 폐쇄의 손상정도를 알아보는 지표인 PEF와(Quanjer 등, 1997), 폐쇄성 폐질환을 진단하는 지표인 FEV<sub>1</sub> (Liu 등, 2009), 호흡근육인 횡격막 근력을 대표하는 MIP와 복부근력을 대표하는 MEP이 측정되었다. 이전 Heinzmann-Filho 등(2012)의 연구에서 10세에서 12세의 정상아동의 FEV<sub>1</sub>연구에서 남자 아동 2.54±.4 L과 여자 아동 2.57±.58 L로 본 연구의 정상 아동의 FEV<sub>1</sub>와 비슷한 결과를 보였다. Bousuges 등(2009)의 50대 성인들을 대상으로 한 초음파 M-mode의 연구 결과에서 편안한 호흡 시 오른쪽 횡격막 움직임의 크기는 남성은 1.8±.3 cm, 여성은 1.6±.3 cm으로 나타났고, 본 연구에서 뇌성마비 아동은 1.38±.6 cm, 정상 아동은 1.85±.8 cm로 나타났다. 본 연구의 편안한 호흡 시 횡격막의 움직임은 선행연구와 비슷한 양상을 띠지만, 선행연구의 결과와 본 연구의 결과를 토대로 편안한 호흡 시 정상 성인과 정상 아동과 비교하여 뇌성마비 아동의 경우 횡격막의 움직임이 매우 낮은 것을 알 수 있다. 또한 Bousuges 등(2009) 연구에서 심호흡 시 성인 남성의 오른쪽 횡격막의 움직임은 7±1.1 cm, 성인 여성은 5.7±1.0 cm이므로 나타났으며, 본 연구의 횡격막 움직임 결과 정상 아동은 3.51±1.4 cm, 뇌성마비 아동에서는 2.91±1.3 cm의 결과가 나타났다. 이는 연령에 따른 신체적인 조건 때문에 선행연구와 비교하여 정상 아동임에도 불구하고 작은 횡격막의 움직임이 나타났다고 해석할 수 있으며, 정상 아동과 비교하여 뇌성마비 아동의 경우 횡격막의 움직임이 매우 낮은 것을 알 수 있다.

정상적인 호흡기능은 흉곽의 움직임과 폐가 확장할 수 있는 둘레길이가 허용되는 구조적 토대로 이루어진다(Papastamelos 등, 1995). 뇌성마비 아동의 약한 호흡

**Table 2.** Comparison on cerebral palsy and normal group (N=50)

	Cerebral palsy group	Normal group	p	
Diaphragm movement	right quiet breathing	1.38±.57	1.85±.82	<.001*
	right deep breathing	2.91±1.32	3.51±1.40	.125
	left quiet breathing	1.00±.76	1.36±1.31	.039*
	left deep breathing	1.29±1.70	2.34±2.22	.009*
PEF <sup>a</sup> (L/min)	204.39±92.4	331.7±94.00	<.001*	
FEV <sub>1</sub> <sup>b</sup> (L)	2.51±.75	3.31±.91	.003*	
MIP <sup>c</sup>	-34.24±10.42	-50.44±11.45	<.001*	
MEP <sup>d</sup>	43.46±12.37	55.86±11.83	<.001*	

<sup>a</sup>peak expiratory flow, <sup>b</sup>forced expiratory volume at one second, <sup>c</sup>maximal inspiratory pressure, <sup>d</sup>maximal expiratory pressure, \* $p < .05$ .

**Table 3.** Correlation of each items in cerebral palsy group

(N=50)

	PEF <sup>a</sup>	FEV <sub>1</sub> <sup>b</sup>	MIP <sup>c</sup>	MEP <sup>d</sup>	DM (Rt.QB) <sup>e</sup>	DM (Rt.DB) <sup>f</sup>	DM (Lt.QB) <sup>g</sup>	DM (Lt.DB) <sup>h</sup>	GMFCS <sup>i</sup>
Age	.688 (<.001**)	.755 (<.001**)	-.464 (.020)	.433 (.030**)	-.146 (.485)	.030 (.886)	-.362 (.075)	-.257 (.215)	.035 (.667)
Weight	.754 (<.001**)	.781 (<.001**)	-.588 (.002*)	.582 (.002**)	-.203 (.332)	.010 (.964)	-.344 (.092)	-.279 (.176)	-.212 (.309)
Height	.802 (<.001**)	.835 (<.001**)	-.636 (.001**)	.592 (.002**)	-.159 (.447)	.057 (.787)	-.239 (.250)	-.159 (.447)	-.278 (.179)
Waist	.735 (<.001**)	.728 (<.001**)	-.401 (.047*)	.475 (.016*)	-.098 (.642)	.096 (.648)	-.330 (.107)	-.237 (.255)	.096 (.647)
Chest	.711 (<.001**)	.701 (<.001**)	-.383 (.059)	.458 (.021*)	-.095 (.650)	.172 (.412)	-.342 (.095)	-.259 (.212)	.137 (.512)
PEF	1.000	.922 (<.001**)	-.685 (<.001**)	.691 (<.001**)	-.105 (.619)	.185 (.376)	-.179 (.392)	-.108 (.606)	-.339 (.098)
FEV <sub>1</sub>	.922 (<.001**)	1.000	-.736 (<.001**)	.778 (<.001**)	-.134 (.524)	.105 (.619)	-.083 (.694)	.010 (.961)	.778 (<.001**)
MIP	-.685 (<.001**)	-.736 (<.001**)	1.000	.873 (<.001**)	-.120 (.569)	-.376 (.064)	-.178 (.395)	-.142 (.497)	.658 (<.001**)
MEP	.691 (<.001**)	.778 (<.001**)	-.873 (<.001**)	1.000	.125 (.553)	.306 (.137)	.099 (.637)	.076 (.719)	-.644 (<.001**)
DM (Rt.QB)	-.105 (.619)	-.134 (.524)	.125 (.553)	.125 (.553)	1.000	.669 (<.001*)	.370 (.069)	.262 (.208)	-.300 (.145)
DM (Rt.DB)	.185 (.376)	.105 (.619)	.306 (.137)	.306 (.137)	.669 (<.001**)	1.000	.170 (.416)	.075 (.723)	-.245 (.238)
DM (Lt.QB)	-.179 (.392)	-.083 (.694)	.099 (.637)	.099 (.637)	.370 (.069)	.170 (.416)	1.000	.964 (<.001**)	-.469 (.018*)
DM (Lt.DB)	-.108 (.606)	.010 (.961)	.076 (.719)	.076 (.719)	.262 (.206)	.075 (.723)	.964 (<.001**)	1.000	-.398 (.049*)
GMFCS	-.339 (.098)	-.361 (.076)	.658 (.001**)	-.644 (.001**)	-.300 (.145)	-.245 (.238)	-.469 (.018*)	-.398 (.049*)	1.000

<sup>a</sup>peak expiratory flow, <sup>b</sup>forced expiratory volume at one second, <sup>c</sup>maximal inspiratory pressure, <sup>d</sup>maximal expiratory pressure, <sup>e</sup>diaphragm movement in right quiet breathing, <sup>f</sup>diaphragm movement right deep breathing, <sup>g</sup>diaphragm movement in left quiet breathing, <sup>h</sup>diaphragm movement left deep breathing, <sup>i</sup>gross motor functional classification scale, \*p<.05, \*\*p<.01.

근력(Wang 등, 2012)과 감소되고 제한되는 흉곽의 활동(Ostensjo 등, 2005)으로 인해 뇌성마비 아동과 정상 아동의 횡격막 움직임의 크기와 호흡기능의 차이가 생겼을 것으로 해석되며, 본 연구의 초음파를 이용한 횡격막 움직임의 크기와 호흡기능 및 호흡근력의 결과가 이를 뒷받침 할 수 있다. 본 연구의 결과는 임상에서 뇌성마비 아동의 호흡 기능을 평가할 때나, 치료 시 운동 강도를 정할 때 유용한 지표가 될 수 있다. 비정상

적인 횡격막 움직임은 호흡중추의 손상, 위운동신경손상, 아래운동신경(Phenic Nerve)손상, 직접적인 횡격막 손상, 횡격막 주변의 병변을 포함한 다양한 손상수준과 연관이 있고, 불완전 손상을 횡격막 기능부전이라 정의하고 완전손상은 횡격막 마비라 정의한다(Wilcox과 Parly, 1987). 초음파 M-mode는 현재는 횡격막 기능부전 및 마비를 진단하기 위한 진단장비로 사용되고 있으며(Park과 Young, 1981), 본 연구는 횡격막 움직임의

결과를 토대로 횡격막을 유형별로 분류하였다. 그 결과 뇌성마비 아동 25명 중 정상 횡격막은 9명, 횡격막 기능부전은 11명, 횡격막 마비는 5명으로 나타났으며, 정상아동 그룹에서는 횡격막 기능부전이 7명, 횡격막 마비가 2명이 나타났다. 뇌성마비 아동이 정상 아동에 비해 기능부전과 횡격막 마비가 현저하게 많았으며, 임상에서 호흡하는 동안에 흉벽과 복벽의 부적절한 움직임이 존재한다면 횡격막의 기능부전과 마비가 의심될 수 있으므로(Urvoas 등, 1994) 뇌성마비 아동에 대한 주의 깊은 관찰이 필요하다. 또한 본 연구의 결과 정상 아동 25명 중 9명에게 횡격막의 기능부전과 마비

가 나타났으며, 이는 정상 아동에게서도 횡격막의 움직임이 비정상적일 수 있음을 보여준다. 이러한 결과는 선행연구들에서 정상 아동에서도 양쪽 횡격막 움직임이 비대칭인 경우와(Tarver 등, 1989), 비대칭적이고 역설적 호흡(Alexander, 1966)을 볼 수 있다고 하여 본 연구의 결과를 지지한다.

본 연구에서는 뇌성마비 아동의 일반적 특성과 횡격막 움직임, 호흡기능, 호흡근력, 운동기능의 연관성을 확인한 결과, 나이, 키, 체중과 같은 일반적 특성들은 호흡기능(PEF, FEV<sub>1</sub>), 호흡근력(MIP, MEP)과 유의한 양의 상관관계를 보였지만, 횡격막 움직임의 크기와 운

**Table 4.** Correlation of each items in normal group

(N=50)

	PEF <sup>a</sup>	FEV <sub>1</sub> <sup>b</sup>	MIP <sup>c</sup>	MEP <sup>d</sup>	DM (Rt.QB) <sup>e</sup>	DM (Rt.DB) <sup>f</sup>	DM (Lt.QB) <sup>g</sup>	DM (Lt.DB) <sup>h</sup>
Age	.250 (<.001**)	.347 (<.001**)	-.247 (.234)	.135 (.520)	-.189 (.367)	-.050 (.812)	-.007 (.972)	-.022 (.918)
Weight	.380 (.061**)	.409 (.042**)	-.313 (.128)	.325 (.113)	-.083 (.693)	.047 (.823)	.243 (.241)	.162 (.439)
Height	.426 (.034*)	.427 (.033*)	-.400 (.047*)	.336 (.101)	-.188 (.367)	.017 (.934)	.210 (.313)	.182 (.384)
Waist	.275 (.183)	.256 (.216)	-.392 (.052)	.321 (.118)	-.187 (.371)	-.150 (.474)	.317 (.122)	.122 (.560)
Chest	.205 (.326)	.320 (.118)	-.420 (.037*)	.343 (.093)	-.207 (.322)	-.087 (.680)	.308 (.134)	.186 (.374)
PEF	1.000	.673 (<.001**)	-.130 (.537)	.220 (.290)	.078 (.712)	-.042 (.841)	.242 (.245)	.091 (.666)
FEV <sub>1</sub>	.673 (<.001**)	1.000	-.394 (.052)	.413 (.040*)	.074 (.726)	.114 (.587)	.084 (.690)	.051 (.808)
MIP	-.130 (.537)	-.394 (.052)	1.000	-.818 (<.001**)	.187 (.372)	-.435 (.030*)	-.156 (.456)	-.379 (.062)
MEP	.220 (.290)	.413 (.040*)	-.818 (<.001**)	1.000	.372 (.067)	.379 (.062)	.264 (.202)	.464 (.019*)
DM (Rt.QB)	.078 (.712)	.074 (.726)	-.187 (.372)	.372 (.067)	1.000	.701 (<.001**)	.311 (.130)	.397 (.049*)
DM (Rt.DB)	-.42 (.841)	.114 (.587)	-.435 (.030*)	.379 (.062)	.701 (<.001**)	1.000	.169 (.420)	.478 (.016*)
DM (Lt.QB)	.242 (.245)	.084 (.690)	-.156 (.456)	.264 (.202)	.311 (.130)	.169 (.420)	1.000	.749 (<.001**)
DM (Lt.DB)	.091 (.666)	.051 (.808)	-.379 (.062)	.464 (.019*)	.397 (.049*)	.478 (.016*)	.749 (<.001**)	1.000

<sup>a</sup>peak expiratory flow, <sup>b</sup>forced expiratory volume at one second, <sup>c</sup>maximal inspiratory pressure, <sup>d</sup>maximal expiratory pressure, <sup>e</sup>diaphragm movement in right quiet breathing, <sup>f</sup>diaphragm movement right deep breathing, <sup>g</sup>diaphragm movement in left quiet breathing, <sup>h</sup>diaphragm movement left deep breathing, \*p<.05, \*\*p<.01.

동기능(GMFCS)과는 통계적으로 유의한 상관관계가 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 뇌성마비 아동의 호흡기능과 호흡근력을 개선시키기 위해서는 영양학적으로 키와 체중을 늘이고 운동 수준을 높이는 것이 중요하다고 해석되며, 반대로 횡격막 움직임의 크기와 운동기능을 개선시키기 위해서는 일반적인 특성들 보다 집중적인 물리치료를 통한 구조적인 변화를 통해 개선될 수 있음이 해석된다. 다른 결과로 뇌성마비 아동의 운동기능(GMFCS)이 좋아질수록 횡격막 움직임의 크기, 호흡기능, 호흡근력이 좋아지는 것을 알 수 있었으며, 전반적인 운동기능 향상이 호흡기능 개선에 중요한 역할을 한다는 것을 의미한다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 5세에서 14세 사이의 뇌성마비 아동 중 평가에 적극적으로 참여하고 이해하는 아동을 대상으로 하였으며, 협응이나 인지적 문제가 있는 경우 제외하였기 때문에 모든 연령대의 뇌성마비 아동에게 일반화하기 어려움이 있다고 사료된다. 둘째, 초음파 영상장비를 이용한 횡격막 움직임 측정 시 대상자의 움직임에 따른 미세한 위치 변화와 측정 시 마다 탐촉자에 가해지는 압력이 동일하지 않다는 점이 있다. 본 연구는 탐촉자를 동일한 위치에 고정시키기 위한 표식과 숙련된 측정자가 측정하여 동일한 압력을 제공하여 본 연구 결과의 오차를 최대한 감소하려 노력하였지만 이를 보완하기 위해 향후 연구에서는 탐촉자의 위치 또는 가해지는 압력을 균일하게 유지할 수 있도록 개발된 장비를 이용하는 것이 필요할 것으로 사료된다. 셋째, 신체 활동과 관련된 폐기능을 측정하지 못하였으므로 대상자의 일상 활동 중에 나타나는 횡격막의 움직임과 호흡기능의 결과를 예측하기는 어려울 것이다. 이러한 제한점을 개선하기 위해서는 앞으로 더 많은 연령대의 환자를 대상으로 다양한 신체 활동 시 횡격막 호흡의 영향에 대한 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## V. 결론

본 연구의 목적은 뇌성마비 아동(만 5~14세) 25명과 비슷한 나이 연령대의 정상 아동 25명을 대상으로 초음파와 M-mode를 이용하여 횡격막 움직임 크기의 측정을 통해 정상 아동과 뇌성마비 아동과의 횡격막 움직임의 크기 차이를 알아보고 정상 아동과 뇌성마비 아동의 횡

격막 움직임의 크기와 호흡 기능과의 연관성을 확인하였다. 본 연구를 통해 뇌성마비 아동의 횡격막 움직임 크기, 호흡 기능(PEF, FEV<sub>1</sub>), 호흡 근력(MIP, MEP)이 정상 아동과 비교하여 유의하게 감소되어 있으며 ( $p<.05$ ), 특히 호흡기능과 호흡근력의 경우 매우 감소되어 있는 것을 확인하였다( $p<.01$ ). 본 연구의 결과는 임상에서 뇌성마비 아동의 호흡 기능을 평가할 때나, 치료 시 운동 강도를 정할 때 유용한 지표가 될 수 있다.

뇌성마비 아동의 일반적 특성 중 나이, 키, 몸무게, 가슴둘레, 허리둘레는 PEF, FEV<sub>1</sub>, MIP, MEP와 통계학적으로 대부분 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다( $p<.05$ ). 또한 뇌성마비 아동의 GMFCS와 횡격막 움직임의 크기, FEV<sub>1</sub>, MIP, MEP사이에 통계학적으로 유의한 상관관계를 보여( $p<.01$ ), 운동기능이 좋아질수록 부분적으로 횡격막 움직임의 크기, FEV<sub>1</sub>, MIP, MEP이 좋아지는 것을 알 수 있었다.

## References

- Alexander C. Diaphragmatic movements and the diagnosis of diaphragmatic paralysis. *Clin Radiol.* 1966;17(1):79-83.
- Ayoub J, Cohendy R, Dauzat M. Non-Invasive quantification of diaphragm Kinetics using M-mode sonography. *Can J Anaesth.* 1997;44(7):739-744.
- Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, et al. Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47(8):571-576.
- Blair E, Watson L. Epidemiology of cerebral palsy. *Semin Fetal Neonatal Med.* 2006;11(2):117-125.
- Boussuges A, Gole Y, Blanc P. Diaphragmatic motion studied by M-mode ultrasonography: Methods, reproducibility, and normal values. *Chest.* 2009; 135(2):391-400. <https://doi.org/10.1378/chest.08-1541>
- de Almeida IC1, Clementino AC, Rocha EH, et al. Effects of hemiplegia on pulmonary function and diaphragmatic dome displacement. *Respir Physiol Neurobiol.* 2011;178(2):196-201. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2011.05.017>
- de Leeuw M, Williams JM, Freedom RM. Impact of diaphragmatic paralysis after cardiothoracic sur-

- gery in children. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1999;118(3):510-517.
- Epelman M, Navarro OM, Daneman A, et al. M-mode sonography of diaphragmatic motion: description of technique and experience in 278 pediatric patients. *Pediatr Radiol.* 2005;35(7):661-667.
- Ersöz Mİ, Selçuk B, Gündüz R, et al. Decreased chest mobility in children with spastic cerebral palsy. *Turk J Pediatr.* 2006;48(4):344-350.
- Finkelstein SM, Lindgren B, Prasad B, et al. Reliability and validity of spirometry measurements in a paperless home monitoring diary program for lung transplantation. *Heart Lung.* 1993;22(6):523-533.
- Fitzgerald DA, Follet J, Van Asperen PP. Assessing and managing lung disease and sleep disordered breathing in children with cerebral palsy. *Paediatr Respir Rev.* 2009;10(1):18-24. <https://doi.org/10.1016/j.prrv.2008.10.003>
- 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):1639-1646. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2012.08.015>
- Johnson A. Prevalence and characteristics of children with cerebral palsy in Europe. *Dev Med Child Neurol.* 2002;44(9):633-640.
- Jung J, Shim JM, Kwon HY, et al. Effects of abdominal stimulation during inspiratory muscle training in respiratory function of chronic stroke patient. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(1):73-76. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.73>
- Liu CL, Wu CL, Lu YT. Effects of age on 1-second forced expiratory volume response to bronchodilation. *Int J Gerontol.* 2009;3(3):149-155.
- Lynn DJ, Woda RP, Mendell JR. Respiratory dysfunction in muscular dystrophy and other myopathies. *Clin Chest Med.* 1994;15(4):661-674.
- McCandless RE. The role of the thoracic diaphragm. *Aust J Physiother.* 1975;21(3):104-108.
- Mok Q, Ross-Russell R, Mulvey D, et al. Phrenic nerve injury in infants and children undergoing cardiac surgery. *Br Heart J.* 1991;65(5):287-292.
- Voyvoda N, Yucel C, Karatas G, et al. An evaluation of diaphragmatic movements in hemiplegic patients. *Br J Radiol.* 2012;85(1012):411-414. <https://doi.org/10.1259/bjr/71968119>
- Onders RP, Elmo M, Kaplan C, et al. Final analysis of the pilot trial of diaphragm pacing in amyotrophic lateral sclerosis with long-term follow-up: Diaphragm pacing positively affects diaphragm respiration. *Am J Surg.* 2014;207(3):393-397. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2013.08.039>
- Ostensjo S, Carlberg EB, Vollestad NK. The use and impact of assistive devices and other environmental modifications on everyday activities and care in young children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* 2005;27(14):849-861. <https://doi.org/10.1080/09638280400018619>
- Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1997;39(4):214-223.
- Papastamelos C, Panitch HB, England SE, et al. Developmental changes in chest wall compliance in infancy and early childhood. *J Appl Physiol.* 1995;78(1):179-184.
- Park ES, Park JH, Rha DW, et al. Comparison of the ratio of upper to lower chest wall in children with spastic quadriplegic cerebral palsy and normally developed children. *Yonsei Med J.* 2006;47(2):237-242.
- Park GR, Young GB. Demonstration of phrenic nerve paralysis and its subsequent recovery by ultrasound. *Intensive Care Med.* 1981;7(3):145-146.
- Paul E. Aetiology and epidemiology of cerebral palsy. *Paediatr Child Health.* 2012;22(9):361-366. <https://doi.org/10.3349/ymj.2006.47.2.237>
- Pausano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Gross motor function classification system for cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1997;39:214-223

Quanjer PH, Lebowitz MD, Gregg I, et al. Peak expiratory flow conclusions and recommendations of a working party of the european respiration society. *Eur Respir J*. 1997;24:2S-8S.

Riccabona M, Sorantin E, Ring E. Application of M-mode sonography to functional evaluation in pediatric patients. *Eur Radiol*. 1998;8(8):1457-1461.

Tarver RD, Conces JDJ, Cory DA, et al. Imaging the diaphragm and its disorder. *J Thorac Imaging*. 1989;4(1):1-18.

Urvoas E, Pariente D, Fausser C, et al. Diaphragmatic paralysis in children: Diagnosis by TM-mode ultrasound. *Pediatr Radiol*. 1994;24(8):564-568.

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):1176-1182. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2012.02.004>

Wilcox PG, Pardy RL. Diaphragmatic weakness and paralysis. *Lung*. 1987;167(6):323-341.

Wood E. The child with cerebral palsy: Diagnosis and beyond. *Semin Pediatr Neurol*. 2006;13(4):3:286-296.

---

---

This article was received January 5, 2018, was reviewed January 5, 2018, and was accepted February 8, 2018.