

Research Article

Open Access

부분체중지지 기능적 하지근력운동이 보행이 어려운 뇌성마비 아동의 근력, 대동작 기능, 균형에 미치는 효과

곽한아 · 함석찬^{††}

청명아동발달센터, ¹차의과학대학교 통합의학대학원

Effects of Functional Lower Limb Strengthening Exercises with Partial Body Weight Support on Muscle Strength, Gross Motor Function, and Balance in Children with Cerebral Palsy Who Have Gait Disorder

Hanah Kwak, PT · Suk-Chan Hahm, PT, PhD^{††}

Chungmyung Children's Development Center

¹Graduate School of Integrative Medicine, CHA University

Received: October 15, 2024 / Revised: October 23, 2024 / Accepted: February 22, 2025

© 2025 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study aimed to investigate the effects of functional lower limb strengthening exercises using partial body weight support on improvement in motor function in children with cerebral palsy who have difficulty walking independently.

METHODS: Ten children with cerebral palsy at stages 3-5 of the Gross Motor Function Classification System participated in this study. A partial body weight support environment was set up by using the Newton Box. Functional lower limb strengthening exercises with partial body weight support were implemented for 40 minutes twice a week for 6

weeks (12 sessions). Before and after intervention, muscle strength, gross motor function, and balance ability were quantified by using a handheld dynamometer, Korean-Gross Motor Function Measure-88, and Early Clinical Assessment of Balance (ECAB), respectively.

RESULTS: Muscle strength in all muscle groups significantly increased after the intervention when compared to the status before the intervention ($p < .05$). There were no significant differences in gross motor function and balance ability after the intervention.

CONCLUSION: Based on these findings, functional lower limb strengthening exercises with partial body weight support using the Newton Box can be applied as a method of intervention to improve the muscular strength of children with cerebral palsy at Stages 3-5 of the Gross Motor Function Classification System.

Key Words: Cerebral palsy, GMFCS, Newton box, Partial body weight support, Strengthening exercise

[†]Corresponding Author : Suk-Chan Hahm
schahm@cha.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0003-4067-3149>

This is an Open Access article distributed 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.

I. 서론

뇌성마비는 태아나 영아의 뇌에서 발생한 비진행성 손상으로 자세와 움직임의 영구적인 장애를 일으켜서 활동제한을 유발하는 임상증후군이다[1]. 뇌성마비 아동은 근력 약화, 경직, 협응 부족 같은 다양한 운동 기능의 문제를 가지고 있다[2]. 근력 약화는 뇌성마비 아동의 움직임에 주요 제한 요인이고[3], 이것은 운동 기능 수행에 제한을 준다[4]. 특히 대동작기능분류시스템(Gross Motor Function classification system, GMFCS) 3-5 단계 뇌성마비 아동은 독립적인 보행이 어려울 정도의 운동기능 제한이 있어[5], 이를 개선하기 위한 규칙적인 근력강화운동이 필요하다.

근력강화운동은 뇌성마비 아동에게 부작용 없이 신체구조와 기능, 활동 영역의 향상을 줄 수 있다[6]. 근력 운동에 관한 선행 연구에서 뇌성마비 아동의 근력 향상과 운동기능 향상을 위해 근력운동을 하였고 그 효과를 보고하였다[7, 8]. 하지 근력강화운동[9], 그룹 서킷 훈련(트레드밀, 스텝업, 앉았다가 일어나기, 레그 프레스의 반복운동)[10], 가정에서 수행하는 근력 향상 프로그램[4], 등장성 열린 사슬 운동과 등속성 운동[11, 12], 활동을 중심으로 한 하지 근력강화 운동[13], 점진적 저항운동[14, 15], 플라이오메트릭 운동이 결합된 기능적 근력운동[16], 맞춤형 운동프로그램[17]과 같이 다양한 운동 중재가 적용되었고 운동기능과 보행의 유의한 향상을 보고하였다. 하지만 이러한 연구들은 주로 보행이 가능한 뇌성마비 아동을 대상으로 한 연구들이었다.

보행이 어려운 GMFCS 3-5단계 뇌성마비 아동을 대상으로 운동에 관한 연구는 GMFCS 4단계 뇌성마비 아동에게 기능적 근력운동을 중재하여 근력향상과 운동기능 향상을 확인한 사례 연구[18]와 GMFCS 3-4 단계 뇌성마비 아동에게 고강도 훈련을 하여 보행능력을 확인한 연구가 있었다[19]. 기립과 보행이 가능한 GMFCS 1-3단계 뇌성마비 아동을 대상으로 한 연구의 수와 비교했을 때, 현저히 적은 연구가 수행되어 보행이 어려운 뇌성마비 아동을 위한 운동 프로그램의 효능 검증이 필요한 실정이다.

부분체중지지는 자세 안정성을 제공하여 자세조절

에 필요한 자세 요구를 줄일 수 있고, 반복적인 훈련을 가능하게 하며 적절한 속도와 운동패턴을 훈련할 수 있게 한다[20, 21]. 부분체중지지 훈련에 관한 선행연구는 독립적인 보행이 어려운 척추 손상과 뇌혈관 질환 같은 신경학적인 문제가 있는 대상자[22, 23]와 뇌성마비 아동[24, 25]을 대상으로 부분체중지지 환경에서 트레드밀 보행훈련을 하여 보행 향상, 보조 도구 의존 감소, 일상생활 수행 향상의 효과를 확인하였다. 부분체중지지 환경은 기립과 독립보행에 어려움이 있는 대상자에게 반복적인 운동훈련을 할 수 있는 환경임에도 많은 선행연구에서는 보행능력강화를 위한 트레드밀 훈련으로 활용하고 있으며 근력운동을 위한 환경으로 적용한 연구는 거의 없었다.

따라서 본 연구는 뇌성마비 아동 중 독립 보행에 어려움이 있는 GMFCS level 3-5단계 뇌성마비 아동을 대상으로 부분체중지지 기능적 하지근력운동 프로그램이 운동 기능 향상에 미치는 효과를 확인하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구설계

본 연구는 보행에 어려움이 있는 뇌성마비 아동을 대상으로 6주간 부분체중지지 기능적 하지근력운동을 실시한 후 중재 전후의 측정결과를 비교하는 단일그룹 사전사후설계(one group pretest-posttest design)로 디자인되었다. 본 연구의 프로토콜은 연구대상자의 인권과 안전을 보장한다는 차의과대학교 생명윤리위원회의 승인을 받았다(승인번호: 1044308-202107-HR-061-02).

본 연구는 연구자가 근무하는 B시 소재 아동발달센터를 이용하는 아동을 대상으로 비확률표본추출 중 가장 일반적인 형태인 편의표본추출(convenience sampling) 방법으로 연구대상자를 모집하였다. 아동 10명을 대상으로 뉴튼박스(Newton box, Easystep, Korea)를 이용한 부분체중지지 환경을 제공하여 40분/1회, 주 2회, 6주 동안, 총 12회의 기능적 하지근력운동을 하였다. 부분체중지지 환경에서 기능적 하지근력운동 프로그램의

활용 가능성을 확인하기 위해 중재 전과 중재 종료 후(6주 후)에 동일한 조건에서 근력, 대동작기능, 균형평가를 실시하였다.

2. 연구대상자

본 연구 대상자는 보행이 어려운 뇌성마비 아동 중에서 B시 소재 아동발달센터를 이용하는 아동으로 세부적인 선정기준은 다음과 같다. 첫째, 재활의학과 전문의에 의해 뇌성마비로 진단받은 만 5세-만 18세 아동. 둘째, GMFCS 3-5단계에 해당하는 아동. 셋째, 연구자의 지시를 이해하고 수행할 수 있는 아동. 연구 대상자의 배제기준은 다음과 같다. 첫째, 최근 6개월 이내에 근경직 주사요법 시술을 받은 아동. 둘째, 최근 6개월 이내에 청정외과 및 신경외과 수술 병력이 있는 아동. 셋째, 진경제(spasmolytic) 및 항경련제(antiseizure drug) 복용하는 아동.

3. 중재방법

뉴튼박스를 이용한 부분체중지지 환경에서 기능적 하지근력운동은 다음과 같은 절차대로 실시하였다. 준비운동으로 관절가동범위 증진을 위한 신체 전반의 스트레칭을 10분간 시행하였고, 본 운동으로 부분체중지지 환경을 만들고 3가지의 기능적 하지근력운동(앉았다가 일어나기, 앉아서 스텝핑하기, 서서 스텝핑하기)을 25분간 시행하였다. 마무리 운동으로 이완과 관절가동 범위 운동을 5분간 시행하였다. Table 1에서 중재 방법을 간략하게 작성하였다.

본 운동에 사용된 부분체중지지 환경을 만들어 주기

위해 뉴튼박스를 사용하였다(Fig. 1. A). 뉴튼박스는 가로 2m, 세로 2m의 정육면체 형태로, 철망으로 된 4개의 면으로 이루어진 치료 장비이다. 부분체중지지 환경을 만드는 과정은 다음과 같다. 대상자에게 체간과 골반을 감싸주는 뉴튼벨트를 착용시킨다. 뉴튼벨트를 엘라스틱 줄 4개와 연결하여 뉴튼박스 사방의 모서리에 연결한다. 대상자는 엘라스틱 줄로 연결된 뉴튼벨트를 통해 뉴튼박스 공간 내에서 앉기와 서기가 가능하게 된다. 이때 대상자의 체중과 자세 조절 정도에 따라 엘라스틱 줄의 두께와 뉴튼박스에 연결되는 위치를 정한다. 부분체중지지 정도는 대상자가 뉴튼박스 내에서 고개와 체간 조절을 할 수 있고 하지의 분리된 움직임이 가능할 정도로 하였다.

본 운동의 첫번째 동작은 부분체중지지 상태에서 앉았다 일어나기다. 10번씩 3세트 시행, 세트 간 90초씩 휴식하였다. 치료사는 대상자의 무릎과 하퇴를 지지해주어 체간과 하지의 정렬을 맞춰주었다(Fig. 1. B). 본 운동의 두번째 동작은 부분체중지지 하에 앉은 자세에서 스텝핑하기다. 대상자는 부분체중지지 상태에서 고관절 굴곡 45°, 슬관절 굴곡 45°로 앉을 수 있는 높이(결티앉을 수 있는 높은 의자)의 의자에 앉아 손잡이를 잡은 다음 좌우 교대로 스텝퍼를 밟는다. 30번씩 3세트, 세트 간 90초씩 휴식한다. 독립적으로 스텝퍼를 밟을 수 없는 대상자는 치료사가 같이 도움을 주거나 말로 동작을 독려하였다. 이때 이용하는 장비는 손잡이가 있는 Xtep swing(반석스포츠, 경기도, 대한민국)이다(Fig. 1. C). 본 운동의 세번째 동작은 부분체중지지 하에 선 자세에서 스텝핑하기다. 대상자는 부분체중지지 상

Table 1. Exercise description

A warm-up exercise (10 minutes)	Stretching exercise in the whole body
The main movement (25 minutes)	Sit to stand exercise 10 times in 3 sets, 90 seconds rest between sets
	Stepping exercise in a sitting position 30 times in 3 sets, 90 seconds rest between sets
	Stepping exercise in a standing position 20 times in 3 sets, 90 seconds rest between sets
A wrap-up exercise (5 minutes)	Range of motion exercise for relaxation

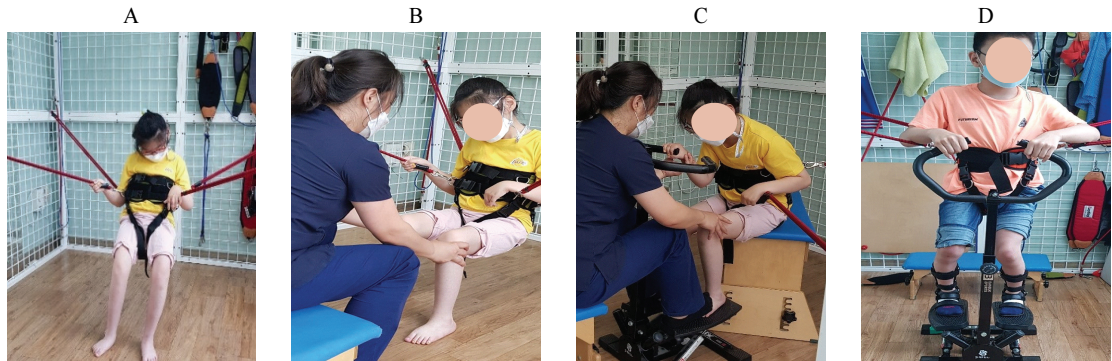


Fig. 1. (A) Partial body weight support system in the Newton box, (B) Sit to stand exercise in the Newton box, (C) Stepping exercise on the bench in the Newton box, (D) Stepping exercise in the Newton box.

테에서 스텝퍼 위에 서서 손잡이를 잡고 좌우로 체중 이동을 하면서 스텝퍼를 밟는다. 20번씩 3세트, 세트 간 90초씩 휴식하였다. 이때 이용하는 장비는 (2)과 같은 장비이다(Fig. 1. D).

4. 측정 방법

1) 근육군별 근력 측정

뇌성마비 아동의 근육군별 근력은 이동식 역동계 (Jtech commander posertrack muscle dynamometer MMT, Jtech medical, Midvale, USA)를 이용해 측정하였다[10, 11, 15]. 정확한 근력값을 측정하기 위해 대상자에게 측정 동작에 대해 여러 번 움직임을 알려주고 측정하였다.

근육군별 측정방법은 다음과 같다.

(1) 고관절 굴곡근

① 검사자세 : 대상자는 옆으로 누운 자세에서 슬링으로 체간이 안정되도록 고정하고, 측정하는 쪽 하지의 하퇴를 슬링에 걸어서 하지의 무게를 제거하였다(Fig. 2. A).

② 고정 및 측정부위 : 측정자는 대상자의 고관절과 슬관절 모두 편안하게 편 자세를 유지한 상태에서 한 손은 고관절 근위부를 고정하고, 다른 한 손은 대퇴골 앞쪽 원위부인 무릎 위쪽에 역동계 센서를 위치시킨다.

③ 측정절차 : 측정자는 대상자에게 무릎을 가슴 가

까이 당기라고 지시한 후 고관절 굴곡에 저항하면서 고관절 굴곡근의 등척성 근력을 측정한다.

(2) 고관절 신전근

① 검사자세 : 대상자는 옆으로 누운 자세에서 슬링으로 체간이 안정되도록 고정하고, 측정하는 쪽 하지의 하퇴를 슬링에 걸어서 하퇴의 무게를 제거하였다(Fig. 2. A).

② 고정 및 측정부위 : 측정자는 대상자의 고관절과 슬관절 모두 90° 굴곡을 유지한 상태에서 한 손은 고관절 근위부를 고정하고, 다른 한 손은 대퇴골 뒤쪽 원위부인 무릎 위쪽에 역동계 센서를 위치시킨다.

③ 측정절차 : 측정자는 대상자에게 다리를 펴라고 지시한 후 고관절을 신전에 저항하면서 고관절 신전근의 등척성 근력을 측정한다.

(3) 하지 신전근

① 검사자세 : 대상자는 옆으로 누운 자세에서 슬링으로 체간이 안정되도록 고정하고, 측정하는 쪽 하지의 하퇴를 슬링에 걸어서 하지의 무게를 제거하였다(Fig. 2. A).

② 고정 및 측정부위 : 측정자는 대상자의 고관절과 슬관절 모두 90° 굴곡을 유지한 상태에서 한 손은 고관절 근위부를 고정하고, 다른 한 손은 발바닥 중간발에 역동계 센서를 위치시킨다.

③ 측정절차 : 측정자는 대상자에게 다리를 펴라고

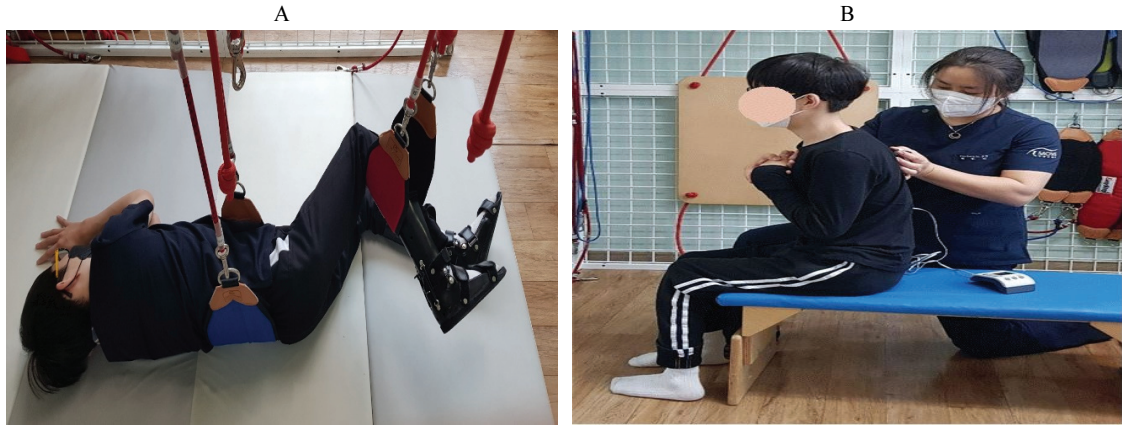


Fig. 2. (A) Measuring posture for hip flexor, hip extensor, lower extremity extensor strength, (B) Measuring posture for trunk extensor strength.

지시한 후 하지를 신전하는 만큼 저항하면서 하지 신전근의 등척성 근력을 측정한다.

(4) 몸통 신전근

① 검사자세 : 대상자를 고관절과 슬관절 굴곡 90°, 발목관절 중립을 유지할 수 있는 벤치에 앉힌다. 이때 스스로 앉은 자세를 유지하기 어려운 GMFCS 5 단계 대상자들은 부분체중부하를 제공하지 않고 체간의 안정성만 제공할 수 있는 단계로 뉴튼벨트를 착용시켜 앉은 자세를 유지하였다.

② 고정 및 측정부위 : 측정자의 한 손은 대상자의 두 손을 가슴에 모아 잡고, 다른 한 손은 흉추 4번 높이에 센서를 위치시킨다. (Fig. 2. B)

③ 측정절차 : 측정자는 대상자에게 등을 뒤로 밀라고 지시한 후 대상자가 뒤로 미는 만큼 저항하면서 몸통 신전근의 등척성 근력을 측정한다.

2) 한국판 대동작기능평가

본 연구에서는 대동작기능의 정량화를 위해 한국판 대동작기능평가(Korean-Gross motor function measure-88)를 활용하였다. 한국판 대동작기능평가는 표준화된 관찰식 평가도구로써 뇌성마비 아동의 시간경과에 따른 대동작기능의 변화를 평가하기 위해 고안 및 인증된 평가도구이다. 한국판 대동작기능평가는 2013년 번역되어 발간되었으며, 검사자 간 신뢰도는 급내 상관계수

.97-.99, 타당도는 .76-.88이다[26].

한국판 대동작기능평가는 놀기와 뒤집기 영역, 앉기 영역, 네발기기와 무릎서기 영역, 서기 영역, 걷기, 달리기, 뛰기 영역으로 구성되어 있으며, 모두 88개 항목을 포함하고 있다. 점수는 0점에서 3점을 부여하며, 0점은 전혀 수행을 못하는 경우, 1점은 과제를 10% 미만으로 수행한 경우, 2점은 과제를 10~100% 미만으로 수행한 경우, 3점은 과제를 100% 수행한 경우 부여된다. 영역별 점수를 체크하여 퍼센트로 환산하여 사용한다[5].

3) 균형능력평가

균형 능력은 조기임상균형평가(Early Clinical Assessment of Balance)를 사용하여 측정하였다. 이 평가도구는 Movement Assessment of Infants[27]와 Pediatric Balance Scale[28]의 항목을 사용하여 만든 측정 도구이다[29]. 조기임상균형평가는 국문으로 번역된 것이 없고, 타당도 연구에서 GMFM-66 B&C와 상관계수 .97로 대동작기능평가에 높은 타당도를 가지고 있고[29], 검사자간, 검사자내 신뢰도도 급내상관계수가 .98이상으로 높은 신뢰도를 가진 평가도구이다[30].

Part I 영역은 고개와 몸통의 자세 조절, Part II 영역은 앉은 자세와 선 자세의 자세 조절을 평가한다. Part I 영역은 7가지 항목이 있고, 아이의 능력을 가장 잘 표현한 점수에 체크를 한다. 0에서 3점의 점수를 체크할 수 있고, 좌, 우 양쪽을 평가할 수 있는 항목에 대해서

좌, 우 점수를 합하여 점수를 매긴다. Part 2 영역은 6가지 항목이 있고, 항목마다 부여된 점수가 달라 아이의 능력을 가장 잘 표현한 점수를 체크한다. Part I은 최대 36점, Part II는 최대 64점, 총 점수는 100점이다.

5. 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료는 IBM SPSS 21.0 version (SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 사용하여 분석하고, 유의수준(α)은 .05로 설정하였다. 사피로-윌크검정(Shapiro-Wilk test)를 사용하여 정규성을 검정하였다. 정규성 검정 결과에 따라, 근육군별 근력에 대한 전·후 비교는 대응표본 t 검정(Paired t-test)을 하였고, 대동작운동기능과 균형능력평가에 대한 전·후 비교는 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed-rank test)을 하였다.

III. 연구결과

1. 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 Table 2과 같다. 총 10명의 대상자가 참여하였고, 남자 7명(70%), 여자 3명(30%)이었으며, 연령은 만 5세부터 15세로 평균연령이 12세 $\pm$ 3.3세였다. 뇌성마비 대동작기능분류시스템 기

준에 따라 3단계가 5명(50%), 4단계가 3명(30%), 5단계가 2명(20%)이었다. 유럽 뇌성마비 감시(Surveillance of Cerebral palsy in Europe)에 의한 뇌성마비 분류에 따라 경직형 양쪽마비가 9명(90%), 운동실조형이 1명(10%)이었다.

2. 근육군별 근력 측정

근육군별 중재 전과 후의 변화는 Table 3에 제시되어 있다. 오른쪽 고관절 굴곡근의 근력은 중재 전 7.31 ± 3.92 (N)에서 중재 후 11.48 ± 6.09 (N)으로 통계적으로 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 오른쪽 고관절 신전근의 근력은 중재 전 12.93 ± 5.54 (N)에서 중재 후 18.55 ± 5.58 (N)으로 통계적으로 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 오른쪽 하지 신전근의 근력은 중재 전 16.69 ± 5.58 (N)에서 중재 후 21.93 ± 5.09 (N)으로 통계적으로 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 왼쪽 고관절 굴곡근의 근력은 중재 전 7.30 ± 4.51 (N)에서 중재 후 11.06 ± 5.22 (N)으로 통계적으로 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 왼쪽 고관절 신전근의 근력은 중재 전 11.61 ± 5.40 (N)에서 중재 후 16.63 ± 4.06 (N)으로 통계적으로 유의한 증가가 나타났다($p < .05$). 왼쪽 하지 신전근의 근력은 중재 전 16.00 ± 5.30 (N)에서 중재 후 21.64 ± 5.93 (N)으로 통계적으로 유의한 증가가 나타났다($p < .05$).

Table 2. General characteristics of the subjects

ID	Gender	GMFCS		Type of affected body parts	Age (Mean: 12 years, SD: 3.3)
	M (n = 6, 60%) / F (n = 4, 40%)	3 (n = 4, 40%) / 4 (n = 3, 30%) / 5 (n = 3, 30%)		SB (n = 9, 90%) / A (n = 1, 10%)	
1	M	5		SB	14
2	F	5		SB	10
3	M	4		SB	14
4	M	4		SB	14
5	M	4		SB	14
6	F	3		SB	15
7	M	3		SB	14
8	M	3		SB	12
9	F	3		SB	8
10	M	3		A	5

M: male, F: female, GMFCS: Gross Motor Function Classification System, 3: GMFCS Level 3, 4: GMFCS Level 4, 5: GMFCS Level 5, SB: Spastic bilateral, A: Ataxic

Table 3. Comparisons of muscle strength change between pre-intervention and post-intervention (n = 10)

Variables (N)	Pre-intervention (Mean $\pm$ SD)	Post-intervention (Mean $\pm$ SD)	Difference (Mean $\pm$ SD)	p
Rt hip flexor	7.31 $\pm$ 3.92	11.48 $\pm$ 6.09	4.17 $\pm$ 5.16	.031*
Rt hip extensor	12.93 $\pm$ 5.54	18.55 $\pm$ 5.58	5.62 $\pm$ 4.57	.004*
Rt lower limb extensor	16.69 $\pm$ 5.58	21.93 $\pm$ 5.09	5.24 $\pm$ 5.43	.014*
Lt hip flexor	7.30 $\pm$ 4.51	11.06 $\pm$ 5.22	3.76 $\pm$ 2.40	.001*
Lt hip extensor	11.61 $\pm$ 5.40	16.63 $\pm$ 4.06	5.02 $\pm$ 5.99	.026*
Lt lower limb extensor	16.00 $\pm$ 5.30	21.64 $\pm$ 5.93	5.64 $\pm$ 7.34	.038*
Trunk extensor	16.02 $\pm$ 6.56	20.78 $\pm$ 6.44	4.76 $\pm$ 5.14	.017*

*p < .05

.05). 왼쪽 하지 신전근의 근력은 중재 전 16.00 $\pm$ 5.30(N)에서 중재 후 21.64 $\pm$ 5.93(N)으로 통계적으로 유의한 증가가 나타났다(p < .05). 몸통 신전근의 근력은 중재 전 16.02 $\pm$ 6.56(N)에서 중재 후 20.78 $\pm$ 6.44(N)으로 통계적으로 유의한 증가가 나타났다(p < .05).

3. 대동작운동기능 평가

대동작운동기능의 변화는 Table 4에 제시되어 있다. 대동작 영역별로 A영역(눕기와 뒤집기)의 점수는 중재 전과 후의 평균값이 88.04 $\pm$ 20.64(%)로 동일했다(p > .05). B영역(앉기)의 점수는 중재 전 평균값이 73.83 $\pm$ 31.07(%)에서 중재 후 평균값이 74.33 $\pm$ 31.46(%)였다(p > .05). C영역(네발기기와 무릎서기)의 점수는 중재 전 평균값이 56.67 $\pm$ 29.51(%)에서 중재 후 평균값이 56.91 $\pm$ 29.66(%)였다(p > .05). D영역(서기)의 점수는 중재 전 평균값이 11.03 $\pm$ 11.08(%)에서 중재 후 평균값이 12.05 $\pm$ 10.95(%)였다(p > .05). E영역(걸기, 달리기, 뛰

기)의 점수는 중재 전 평균값이 6.95 $\pm$ 7.05(%)에서 중재 후 평균값이 8.06 $\pm$ 7.69(%)였다(p > .05). 대동작운동기능의 총 점수는 중재 전 평균값은 47.30 $\pm$ 18.04(%)에서 중재 후 평균값은 47.88 $\pm$ 18.37(%)로 증가가 나타났다(p > .05). 중재 후 A영역(눕기와 뒤집기)을 제외한 모든 영역과 대동작운동기능 총 점수에서 증가는 있었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

4. 균형능력 평가

균형능력 변화는 Table 5에 제시되어 있다. 머리와 몸통의 자세조절을 확인하는 ECAB Part 1의 중재 전 평균값이 24.20 $\pm$ 9.69(점)에서 중재 후 평균값이 24.50 $\pm$ 9.96(점)이었다. 앉기와 서기에서 자세조절을 확인하는 ECAB Part 2의 중재 전 평균값이 5.55 $\pm$ 3.00(점)에서 중재 후 평균값이 5.85 $\pm$ 3.27(점)이었다. 균형능력 총 점수는 중재 전 평균 값이 29.75 $\pm$ 12.47(점)에서 중재 후 평균값이 30.35 $\pm$ 13.00(점)이었다. 균형능력 측정에

Table 4. Comparisons of gross motor function change between pre-intervention and post-intervention (n = 10)

Variables (%)	Pre-intervention (Mean $\pm$ SD)	Post-intervention (Mean $\pm$ SD)	Difference (Mean $\pm$ SD)	p
A. Lying & rolling	88.04 $\pm$ 20.64	88.04 $\pm$ 20.64	0 $\pm$ 0	1.00
B. Sitting	73.83 $\pm$ 31.07	74.33 $\pm$ 31.46	.50 $\pm$ 1.58	.317
C. Crawling & kneeling	56.67 $\pm$ 29.51	56.91 $\pm$ 29.66	.24 $\pm$ 0.75	.317
D. Standing	11.03 $\pm$ 11.08	12.05 $\pm$ 10.95	1.03 $\pm$ 3.24	.317
E. Walking & running & jumping	6.95 $\pm$ 7.05	8.06 $\pm$ 7.69	1.11 $\pm$ 2.43	.180
GMFM	47.30 $\pm$ 18.04	47.88 $\pm$ 18.37	.58 $\pm$ 1.11	.109

Table 5. Comparisons of balance change between pre-intervention and post-intervention

(n = 10)

Variables (Score)	Pre-intervention (Mean $\pm$ SD)	Post-intervention (Mean $\pm$ SD)	Difference (Mean $\pm$ SD)	p
ECAB Part 1	24.20 $\pm$ 9.69	24.50 $\pm$ 9.96	.30 $\pm$.67	.180
ECAB Part 2		5.85 $\pm$ 3.27	.30 $\pm$.63	.157
ECAB		30.35 $\pm$ 13.00	.60 $\pm$.81	.066

ECAB: early clinical assessment of balance, ECAB Part 1: head and trunk postural control, ECAB Part 2: sitting and standing postural control-

서도 각 영역과 총 점수에서 증가는 있었지만 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

IV. 고 찰

본 연구는 부분체중지지 기능적 하지근력운동이 보행이 어려운 뇌성마비 아동의 근력, 대동작 기능, 균형에 미치는 효과를 알아보기 위하여 실시하였다. 6주 동안 부분체중지지 환경에서 기능적 하지근력운동을 실시하였다. 운동 프로그램 종료 후 뇌성마비 아동의 근육군별 근력이 유의하게 향상된 것을 확인하였다. 대동작기능과 균형에서는 중재 후 대동작 기능과 균형의 향상이 있었지만 유의한 변화를 보이지 않았다.

부분체중지지 기능적 하지근력운동 후 근육군별 근력이 증가하였다. 근력운동에 관한 많은 선행 연구에서는 보행이 가능한 뇌성마비 아동을 대상으로 하지근력운동을 적용한 후 근력향상과 보행능력, 대동작기능의 향상을 보고하였다[4, 6-16]. 본 연구에서는 보행이 어려운 뇌성마비 아동을 대상으로 기능적 하지근력운동을 중재하였고, 근력 향상을 확인하였다. 선행연구의 대상자는 근력운동을 중재함에 어려움이 없는 GMFCS 1-3단계 아동이었는데 본 연구의 대상자는 서기와 걷기에서 독립적으로 자세를 조절하고 움직임을 원활하게 하지 못하는 GMFCS 3-5단계 아동이었다. GMFCS 3-5단계 아동들에게 보조도구 없이 기립자세와 보행 훈련 같은 기능적인 동작을 중재하는 것은 많은 어려움이 따르는데 본 연구에서는 GMFCS 3-5 단계 아동의 근력향상을 확인하여 본 연구에서 적용한 부분체중지지 환경과 운동 프로그램이 GMFCS 3-5 단계 아동에게 효과

적이었음을 확인하였다. 또한 선행 연구에 사용된 부분체중지지 환경을 비교해보면 선행연구에서는 머리 위 두 점에서 체중을 들어주는 방식이었고[21-25], 본 연구에서는 뉴튼박스를 이용해 머리 위 대각선 네 점에서 체중을 들어주는 방식으로 안정성을 높였다. 독립적으로 보행과 기립을 할 수 없는 대상자에게 안전하게 하지를 움직일 수 있는 환경을 만들어 줄 수 있어 근력향상의 결과를 이끌었을 것으로 보인다.

중재 후 대동작기능 평가와 균형 평가에서 점수가 향상되었지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 근력운동 후 운동기능의 향상을 보인 선행연구[4, 6-16]는 중재 횟수가 주 3~4회, 중재 기간이 8~12주였다. GMFCS4단계 아동 1명을 대상으로 기능적 근력운동을 한 사례연구[18]에서는 60분-90분씩 주4회, 10주간 기능적인 운동을 하였는데 11가지의 동작을 매회 5, 6가지 동작으로 구성하여 교대로 반복 훈련하여 근력, 대동작 기능, 균형 보행의 개선을 확인하였다. 본 연구는 주 2회, 6주의 중재로 근력향상이 운동기능의 향상으로 이어지기에 중재 횟수와 기간이 짧았을 것으로 보인다. 본 연구의 대상자는 GMFCS 3-5단계의 이동으로 GMFCS 단계별로 기대되는 기능 수준이 다르다[31]. 대상자 맞춤형 중재가 적용되지 않은 부분 또한 대동작기능과 균형에서 유의한 차이를 확인하지 못한 이유일 것으로 보인다.

GMFCS 4단계 아동에게 기능적인 근력운동을 한 사례연구[18]를 살펴보면 상지를 지지한 상태에서 다양한 기능적인 근력운동을 하였고, 상지를 지지할 수 있는 위커를 사용한 상태에서 중재 후 평가를 하여 운동기능의 향상을 확인하였다. GMFCS 3, 4 단계 아동들에게 근력과 속도를 결합한 파워트레이닝을 시킨 선행 연구

[19]에서도 개인 맞춤형 보행보조도구들을 사용하여 훈련을 시켰고 중재 후 평가도 보행보조도구를 사용하여 이동능력의 향상을 확인하였다. 본 연구의 중재가 부분체중지지 환경에서 기능적 하지근력운동이므로 부분체중지지 환경에서 기능적인 하지 활동을 평가할 수 있는 적절한 평가도구를 사용했다면 운동 기능에서의 의미 있는 향상을 확인할 수 있었을 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 적정 표본수를 확보하지 못하였고, 대조군과 비교 없는 단일 그룹 연구로 수행되었다. 대동작기능과 균형의 유의한 향상을 확인하기에 짧은 중재 횟수와 기간이었다. 대상자의 기능수준 범주가 넓었다. 평가도구의 선택에서도 GMFCS 3-5단계 아동의 기능을 평가함에 있어 대동작 기능 평가는 양적인 평가도구로 중재효과를 입증할 도구로 한계가 있었다. 뇌성마비 아동의 우세다리와 비우세 다리의 구분을 하지 않고 근력 측정이 진행된 점 또한 본 연구의 제한점이다.

V. 결 론

본 연구는 보행이 어려운 뇌성마비 아동에게 뉴턴박스를 이용한 부분체중지지 기능적 하지근력운동 프로그램의 근력 향상 효과를 확인하였다. 이에 본 연구의 결과를 토대로 보행이 어려운 뇌성마비 아동의 근력 개선을 위하여 뉴턴박스를 이용한 부분체중지지 기능적 하지근력운동을 제안한다.

References

- [1] 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.
- [2] Park ES, Park C, Lee HJ, et al. The characteristics of sit-to-stand transfer in young children with spastic cerebral palsy based on kinematic and kinetic data. *Gait Posture.* 2003;17(1):43-9.
- [3] Dallmeijer AJ, Baker R, Dodd KJ, et al. Association between isometric muscle strength and gait joint kinetics in adolescents and young adults with cerebral palsy. *Gait Posture.* 2011;33(3):326-32.
- [4] Dodd KJ, Taylor NF, Graham HK. A randomized clinical trial of strength training in young people with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2003;45(10):652-7.
- [5] 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):214-23.
- [6] Franki I, Desloovere K, De Cat J, et al. The evidence-base for basic physical therapy techniques targeting lower limb function in children with cerebral palsy: a systematic review using the International Classification of Functioning, Disability and Health as a conceptual framework. *J Rehabil Med.* 2012;44(5):385-95.
- [7] Lee JH, Sung IY, Yoo JY. Therapeutic effects of strengthening exercise on gait function of cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* 2008;30(19):1439-44
- [8] Scholtes VA, Becher JG, Comuth A, et al. Effectiveness of functional progressive resistance exercise strength training on muscle strength and mobility in children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *Dev Med Child Neurol.* 2010;52(6):107-13.
- [9] Damiano DL, Abel MF. Functional outcomes of strength training in spastic cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(2):119-25.
- [10] Blundell SW, Shepherd RB, Dean CM, et al. Functional strength training in cerebral palsy: a pilot study of a group circuit training class for children aged 4-8 years. *Clin Rehabil.* 2003;17(1):48-57
- [11] Morton JF, Brownlee M, McFadyen AK. The effects of progressive resistance training for children with cerebral palsy. *Clin Rehabil.* 2005;19(3):283-9.
- [12] Engsberg JR, Ross SA, Collins DR. Increasing ankle strength to improve gait and function in children with cerebral palsy: a pilot study. *Pediatr Phys Ther.*

- 2006;18(4):266-75.
- [13] Kim JH, Ko JY, Jung JW. The effect of activity-focused lower extremity strengthening exercise in children with cerebral palsy. *J Korean Acad Ther.* 2015;7(2):36-44.
- [14] Aviram R, Harries N, Namourah I, et al. Effects of a group circuit progressive resistance training program compared with a treadmill training program for adolescents with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil.* 2017;20(6):347-54.
- [15] Cho HJ, Lee BH. Effect of functional progressive resistance exercise on lower extremity structure, muscle tone, dynamic balance and functional ability in children with spastic cerebral palsy. *Children (Basel).* 2020;7(8):85.
- [16] Kara Kara O, Livanelioglu A, Yardımcı BN, et al. The effects of functional progressive strength and power training in children with unilateral cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther.* 2019;31(3):286-95.
- [17] Valadão P, Piitulainen H, Haapala EA, et al. Exercise intervention protocol in children and young adults with cerebral palsy: the effects of strength, flexibility and gait training on physical performance, neuromuscular mechanisms and cardiometabolic risk factors (EXECP). *BMC Sports Sci Med Rehabil.* 2021;13(1):17.
- [18] Dos Santos AN, Costa CS, Golineleo MT, et al. Functional strength training in child with cerebral palsy GMFCS IV: case report. *Dev Neurorehabil.* 2013;16(5):308-14.
- [19] Smati S, Pouliot-Laforte A, Chevalier M, et al. Effect of power training on locomotion capacities in children with cerebral palsy with GMFCS level III-IV. *Disabil Rehabil.* 2023;45(14):2329-35.
- [20] Damiano DL, DeJong SL. A systematic review of the effectiveness of Treadmill training and body weight support in pediatric rehabilitation. *J Neurol Phys Ther.* 2009;33(1):27-44.
- [21] Novak I, Morgan C, Fahey M, et al. State of the evidence traffic lights 2019: systematic review of interventions for preventing and treating children with cerebral palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2020;20(2):3.
- [22] Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT, et al. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke.* 1995;26(6):976-81.
- [23] Behrman AL, Harkema SJ. Locomotor training after human spinal cord injury: a series of case studies. *Phys Ther.* 2000;80(7):688-700.
- [24] Richards CL, Malouin F, Dumas F, et al. Early and intensive treadmill locomotor training for young children with cerebral palsy: a feasibility study. *Pediatr Phys Ther.* 1997;9(4):158-165.
- [25] Schindl MR, Forstner C, Kern H, et al. Treadmill training with partial body weight support in nonambulatory patients with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(3):301-6.
- [26] Ko J, Kim M. Inter-rater Reliability of the K-GMFM-88 and the GMPM for Children with Cerebral Palsy. *Ann Rehabil Med.* 2012;36(2):233-9.
- [27] Chandler LS, Andrews MS, Swanson MW. *Movement Assessment of Infants: A manual.* Washington, Rolling bay, 1980.
- [28] Franjoine MR, Gunther JS, Taylor MJ. Pediatric balance scale: a modified version of the berg balance scale for the school-age child with mild to moderate motor impairment. *Pediatr Phys Ther.* 2003;15(2):114-28.
- [29] McCoy SW, Bartlett DJ, Yocum A, et al. Development and validity of the early clinical assessment of balance for young children with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil.* 2014;17(6):375-83.
- [30] Ranall KE, Bartlett DJ, McCoy SW. Measuring postural stability in young children with cerebral palsy: a comparison of 2 instruments. *Pediatr Phys Ther.* 2014;26(3):332-7.
- [31] Hanna SE, Rosenbaum PL, Bartlett DJ, et al. Stability and decline in gross motor function among children and youth with cerebral palsy aged 2 to 21 years. *Dev Med Child Neurol.* 2009;51(4):295-302.