보바스 개념에 기초한 슬링 운동이 양하지 뇌성마비 균형에 미치는 영향: 단일사례연구

이은주
경성대학교 이과대학 물리치료학과

The Effects of Sling Exercise Based with Bobath Concept on the Balance of Spastic Diplegia Cerebral Palsy: Case Report

Eun-Ju Lee
Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Kyungsung University

Purpose This study is to investigate the effect of sling exercise on the balance capacity of spastic diplegia cerebral palsy patient based on Bobath concept. ***Methods*** A single subject experiment was designed targeting an 8-year old child with the rigid bilateral cerebral palsy. The static balance test used the 30 second Rombug test of BT4, and the dynamic balance test used the timed up and go test. ***Results*** In the 30-second Rombug test of BT4, the child had a smaller median outcome than baseline and withdrawal period. In the TUG test, the walking speed in the intervention period was improved comparing to the baseline and withdrawal period. ***Conclusion*** The sling exercise based on the Bobath concept has been proved that it is an effective intervention to improve the static and dynamic balance capacity of patients with rigid bilateral cerebral palsy.

Key words Spastic diplegia, Sling exercise, Muscle strengthening, Bobath concept, Balance

Corresponding author Eun ju Lee (nkdreamju@ks.ac.kr)

Received date 12 September 2018
Revised date 08 October 2018
Accepted date 10 October 2018

I. 서 론

뇌성마비는 발달 중인 뇌 손상으로 인한 감각·운동 장애 증후군으로 비정상적인 근 긴장도가 나타나고 근위부 근육은 동시 수축이 유발되지 않아 올바른 자세 유지가 어렵다.[1] 특히 경직성 양하지 뇌성마비는 서기와 보행 시 과도한 골반 전방 경사, 고관절 굴곡 구축, 요추 전만, 두부 전방 자세 등 비정상적인 신체 정렬과 신체의 무게중심이 전방으로 쏠리게 되는 현상이 나타나는데,[2] 이런 신체 정렬은 큰볼기근의 근 활성 모멘트 팔을 감소시키고 넙다리곧은근의 길이와 장력 관계에서 불충분을 야기해 항중력 신전근들의 근력을 약화시킨다.[3] 또한 신체가 전방으로 넘어지는 것을 막기 위해 후방에 위치한 넙다리뒤근과 장딴지근은 과 활성화되어 경직이 증가되며 근 길이는 단축되고 균형능력은 더욱 떨어진다.[4] 균형이란 일상생활활동의 기능적인 수행에 있어 매우 중요한 요소로 신체의 중력중심이 체중 지지 기저 면내에 유지하며 중력에 대항하여서도 넘어지지 않게 조절하는 능력이다.[5] 균형은 자세를 유지할 때 신체가 움직이지 않게 하는 정적 균형과 움직이는 동안 평형을 유지하는 동적 균형으로 나누어지는데 신체의 중심을 기저면내에 유지하고 다시 돌아오도록 하기 위해서는 반드시 근 활성과 근력 생산이 요구된다.[6] 균형 능력 향상을 위해서 정적 상태에서의 운동과 동적 상태에서의 운동을 하는데 동적 상태에서의 운동이 근 활성을 더욱 일으키어 균형감각과 자세유지 능력을 증가시킨다고 하였다.[7-8] 즉, 고정된 지면과 같은 환경보다는 치료용 공 위나 슬링과 같은 상태에서 운동을 수행하는 것이 대뇌의 운동기관에 자극을 주고 고유수용기를 자극하여 균형감각과 균형 유지 능력을 극대화한다는 것이다.[9]

슬링 운동은 매달려 있는 줄을 통한 다양한 축 변화를 이용하여 관절의 가동성과 신장, 근지구력 증가 및 이완, 체간 안정화의 효과를 얻어낼 수 있어 근육 강화 운동에 효과적인 치료방법으로 능동적으로 환자가 치료에 참여할 수 있는 중재 방법이다.[10] 뇌성마비에게도 슬링 운동을 적용하였을 때 체간 근육 활동이 증진되어 체간을 안정화시켰다 하였다.[11] 그러나 근력 강화 운동 시 발생할 수 있는 과도한 노력과 흔들리는 줄로 인한 불안정한 지면을 제공할 수밖에 없는 슬링 운동은

http:dx.doi.org/10.17817/2018.10.08.111307

뇌성마비에게 두려움을 증가시켜 비정상적인 근 긴장도와 조절되지 않는 반사의 출현을 야기하고 변형, 통증 등 뇌성마비의 상태를 악화시킬 수 있는 위험이 있다.[5),6),12)] 슬링 운동은 근력 강화와 균형능력 향상에 탁월한 중재방법이지만 뇌성마비 적용에는 위험성이 있어 슬링 운동을 뇌성마비에게 적용할 때는 세심한 주의가 필요하다. 즉, 슬링 운동으로 인해 발생될 수 있는 문제점을 최소한으로 낮추며 동시에 슬링 운동의 긍정적인 효과를 가져 올 수 있도록 뇌성마비의 임상적 특징을 완전히 이해하고 접근하여야 한다.

보바스 개념은 중추신경계 손상으로 인한 제한된 일상생활 능력을 가진 뇌성마비나 뇌졸중 환자 등을 위한 평가, 치료, 관리를 위한 문제 해결식 치료 접근 방법으로 비정상적인 근 긴장도와 움직임은 억제하고 정상 동작은 촉진하는 것을 목적으로 한다.[13)] 슬링 운동을 보바스 개념에 기초하여 시행하면 근력운동의 양과 강도는 뇌성마비 특성과 능력에 맞게 조절하며 뇌성마비의 비정상적인 근 긴장도는 억제시킬 수 있어 뇌성마비에게 더욱 안전하고 효과적인 중재 방법이 될 수 있을 것이다.

이에 본 연구는 보바스 치료 개념을 기초로 한 슬링 운동을 경직성 양하지 뇌성마비에게 시행하여 슬링 운동이 뇌성마비의 정적·동적 균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구 대상은 만 8세의 경직형 하지 뇌성마비 아동이다. 아동은 재태 연령 27주, 출생체중 1.06kg으로 태어났고 출생 후 1분 아프가 점수는 3점, 5분 아프가 점수는 5점, 뇌출혈 4단계, 뇌실 주위 백질 연화증, 수두증 등의 진단과 뇌실복강션트(ventriculo-peritoneal shunt, V-P shunt) 시술을 받았었다. 일상생활에서 사물을 조작하는 아동의 손 기능은 손기능 분류체계(Manual ability classification system; MACS) 2단계로 대부분의 사물을 조작할 수는 있으나 속도는 떨어지며 서투르다. 운동기능은 대근육 운동 분류시스템(Gross motor function classification system, GMFCS) 2단계로 실내나 바닥이 평평한 실외에서는 단거리 이동이 가능하지만 제한적이다. 아동은 소아 의식 척도(Rancho Los Amigos) 8단계에 해당되어 시각이나 청각에 문제가 없고 자유롭게 의사소통이 가능하며 근 긴장도는 대부분의 하지 관절 전 가동 범위에서 저항이 느껴지는 애쉬워스 경직 척도(Modified Ashworth scale, MAS) 2단계에 속한다. 아동의 자세 특징은 서기에서 과도한 골반 전방 경사, 고관절 굴곡, 무릎 과신전, 발목 저측굴곡이 나타나고 몸의 무게 중심은 체중지지면 전방으로 쏠리며 과도한 요추의 전만이 나타난다. 보행 시에는 한쪽다리 지지기에 체간을 바로 세우는 정위 반응이 나타나지 못하고 체중지지 쪽으로 체간이 과도하게 측굴되는 양상을 보인다.

2. 실험방법

1) 연구절차

본 연구는 단일 피험자 실험설계를 사용하였으며 기초선-중재-유지-중재 단계로 수행되었다. 연구기간은 총 10주 기간이었고 기초선과 유지 기간은 각각 2주, 중재기간은 각각 3주로 배정하였다. 전 연구기간 내내 보바스 기본과정과 심화과정을 이수한 물리치료 15년 경력의 물리치료사가 뇌성마비 아동에게 기초선과 유지기에는 전통적인 매트와 테이블에서 근력운동을 실시하였고 중재기에는 슬링 운동 도구(red cord, Norway)를 이용하여 근력운동을 실시하였다. 평가는 기초선 2주 후, 중재 3주 후, 유지 2주 후, 중재 3주 후 총 4번 실시하였다. 본 연구에서 아동과 보호자는 연구에 관한 충분한 설명을 들은 후 자발적으로 동의하여 연구에 참여하였다.

2) 슬링 운동 중재

본 연구에서 사용된 슬링 운동은 선행연구와 문헌을 보바스 치료 관점에서 수정 보완하여 아동의 특성과 능력에 맞추어 주의 깊게 적용하였다.[14-15)] 중재 프로그램은 주 3회, 1시간씩, 총 18회 실시하였으며 준비운동, 본 운동, 정리운동으로 구성하였다(Table 1). 중재 시에는 발가락 꾸부림, 주먹을 꽉 지는 원위부 고정상태, 신체를 분절적으로 움직이기 어려움, 비대칭적인 자세, 입술과 혀가 뒤로 당겨짐 등의 2차적인 보상 경직이 나타나지 않는 범위 내의 강도로만 운동을 실시하였으며 중재 중간 아동이 피로를 호소하거나 보상 경직이 나타나면 즉시 중재를 중단하고 휴식을 취하게 하였다.

3) 측정 방법

(1) 전문 균형 평가 및 훈련 시스템

정적 균형능력을 알아보기 위하여 전문 균형 평가 및 훈련 시스템(BT4-Hur Lab, Finland)의 롬버그 테스트(Romberg test) 30초를 사용하였다. 측정은 맨발 상태와 보조기를 착용한 상태에서 각각 2회 측정하여 더 좋은 값을 채택 하였다. 눈을 뜨고 균형능력을 측정할 때에는 벽면에 표시된 한 점을 응시하도록 시선의 위치를 통제하였고 측정 사이에는 5분간의 휴식시간을 두었다. 정적 균형능력에 사용한 결과 값으로는 압력 중심점이 움직인 범위로 수치가 클수록 균형능력이 저하됨을 의미하는 C90 area(mm^2)와 압력 중심점이 움직인 거리로 수치가 클수록 균형 능력이 저하됨을 의미하는 Trace length(mm), 일정한 측정시간 동안에 움직인 Trace length(mm)를 측정시간으로 나눈 값으로 수치가 클수록 자

Table 1. Intervention program

Exercise Type	Exercise Goal		Exercise Contents	Precaution	Break Time
Warm -up	Flexibility Exercise & Normal Posture alignment	Pelvic posterior tilting	In the supine position, the lumbar vertebrae are pressed to the floor and the navel is pulled up to the head.		
		Eccentric contraction of rectus femoris	In the Ely test Position, the hip joint that has bending build-up is pressed to the floor.		
Exercise	Strengthening abdominal and pelvic muscles in sling exercise	Supine position	Preventing the compensatory dorsiflexion on the distal part of upper limbs, arms are stretched and fixed beside ears, and the navel is pulled up to the head to induce the rear inclination of pelvis.	The head should be in the chin-tuck position. A symmetrical position should be maintained.	1min. between exercises
			Rectilinear exercise of lower limbs is repeated in the positions of rear pelvic inclination and 90 degree flexion position of hip joint	The exercise should be within the strength not to induce distal fixation as the secondary compensation stiffness.	
			In the position eliminating the gravity of lower limbs, the child is let observe lower limbs and experience various movements.	The intervention should be stopped when the fatigue appears and the break should be given.	
		Prone position	In the position of Prone on elbow, the pelvis is lifted to maintain the trunk in a straight line, and then the anal sphincter tightening exercise and abdominal drawing exercise are executed.		
		Vibratory stimulation	In each position, the activation of core stabilization muscle is induced by providing vibratory stimulation in various strengths and speeds.		
Warm -down	Relaxation and fatigue recover	Sitting position	Breathing exercise, Stretching	Vibratory stimulation	

세 및 균형 조절 능력이 떨어져 낙상의 위험이 높다는 것을 의미하는 Sway average velocity(mm/s)를 사용하였다.

(2) 일어서서 걷기 검사

일어서서 걷기 검사(Timed up and go test, TUG)는 신체 장애가 있거나 없는 아동들의 기본적인 운동성과 균형을 빠르게 평가할 수 있는 검사 도구이다. TUG 검사는 팔걸이가 있는 의자에서 앉아 “시작”이라는 신호에 따라 의자에서 일어나서 3m 지점까지 걸어간 후 방향을 전환하여 되돌아와서 의자에 앉기까지의 시간을 측정하는 방법으로 자세 조절의 선행적 또는 예측적 측면을 알 수 있다. TUG를 완수하는데 걸리는 평균 시간은 5-9세의 아동들이 5.1±0.08초이다. 측정은 초 시계를 사용하였고, 2회 측정하여 더 좋은 값을 측정값으로 하였다. 본 검사의 측정자 내 신뢰도는 r=0.99, 측정자 간 신뢰도는 r=0.98이다[16].

Table 2. Comparison of Static balance

	Type of foot	Visual condition	Baseline	Intervention	Withdrawal	Intervention
Trace length (Unit: mm)	AFO	Open	1152.54	572.24	797.61	428.51
		Close	1273.52	848.49	916.60	516.50
	Barefoot	Open	1708.13	703.99	804.03	555.72
		Close	1905.34	655.94	1251.41	639.72
C90 area (Unit: mm^2)	AFO	Open	2432.64	333.16	1455.34	163.54
		Close	4144.47	711.74	1837.03	343.88
	Barefoot	Open	4375.78	1003.83	961.51	817.67
		Close	5699.47	1012.65	2292.16	839.86
Velocity (Unit: mm/s)	AFO	Open	38.40	19.07	25.57	14.28
		Close	42.43	28.28	30.55	17.22
	Barefoot	Open	56.94	23.47	26.80	18.52
		Close	63.52	21.86	41.71	21.32

AFO: ankle foot orthoses

(3) 분석방법

정적 균형능력을 알아보기 위한 BT4-HUR Balnce System (Finland)의 Romberg 30초 검사 결과는 각 기간별 추세를 표로 제시하였다(Table 2). 동적 균형능력을 알아보기 위한 TUG 검사 결과는 마이크로소프트 오피스 Excel 2010과 파워포인트를 사용하여 각 기간별 추세를 그래프로 나타내었다 (Figure 2).

Figure 1. Intervention program

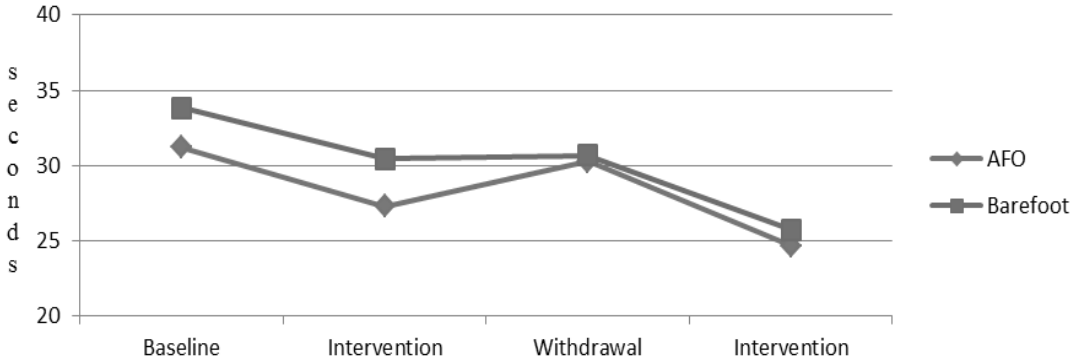

Figure 2. Comparison of dynamic balance

Ⅲ. 결 과

1. 정적 균형능력의 변화

보조기 착용 유무, 시각정보의 각각 변수들이 정적 균형능력과 관계가 있음을 알 수 있다. 맨발보다 보조기를 착용했을 때, 시각정보를 제공하지 않았을 때 보다는 제공하였을 때 Trace length는 짧아지며, C90 area가 좁아지고, Velocity는 감소하여 속도가 느려짐을 알 수 있었고, 중재가 끝난 후 Trace length, C90 area, Velocity 의 모든 값이 중재가 없었던 기초선과 유지기에 비해 감소함으로써 슬링 운동 중재가 정적 균형에 긍정적인 영향을 미침을 알 수 있었다. 또한, 1차 중재 후 슬링 운동을 중단한 2주간의 유지기에도 Trace length, C90 area, Velocity 값이 기초선과 비교하였을 때 감소함으로써 슬링 운동으로 인한 균형 능력 향상이 중재가 끝난 일정 시점까지도 지속되고 있음을 확인 할 수 있었다.

2. 동적 균형능력의 변화

TUG 검사 결과는 단하지 보조기 착용 시 31.18초, 27.25초, 30.27초, 24.65초 맨발 33.38초, 30.43초, 30.65초, 25.69초로 아동은 기초선과 유지기에 비해 중재기에 둘 다 수행 속도가 단축되어 동적 균형능력이 향상되었음을 알 수 있었다. 또한 1차 중재 후 유지기에도 기초선에 비해서 수행 속도가 감소됨으로써 1차 중재의 효과가 일정 시점까지 지속되고 있음을 확인할 수 있었다.

Ⅳ. 고 찰

뇌성마비의 모든 주요 근육은 건강한 또래 집단에 비해 약하며 운동능력이 제한적인 뇌성마비일수록 근력은 더 약해진다고 하였다.[17] 본 연구에서는 슬링 운동을 이용하여 체간 안정성과 관계된 근력 강화 운동을 뇌성마비에게 시행하였고 그 결과, 정적·동적 균형 능력이 향상되었음을 확인 할 수 있었다. 체간 안정화 근육들은 허리, 골반, 복부의 20여 개의 근육들로 이루어며,[18] 척추를 선택적이고 분절적으로 조절하여 팔·다리 동작을 자유롭게 하고 신체의 중력중심이 체중 지지기저 면 내에서 유지하게 하여 사람의 자세 유지와 기능적 움직임 수행에 있어 매우 중요한 역할을 한다.[19] 뇌성마비에 관한 자세 안정성에 대한 선행 연구들을 살펴 보면 등척성 근력 강화운동이나 탄성밴드를 이용한 체간 근력 강화 운동이 뇌성마비의 대동작 운동기능, 근력, 보행속도, 균형능력을 향상시켰다고 하였는데[20-22] 이는 슬링을 이용한 체간 안정화 근력 강화 운동이 뇌성마비의 정적·동적 균형능력을 향상 시켰던 본 연구의 결과와도 일치된다.

김용순(2000)은 뇌성마비에게 누운 자세에서 일어나기, 다리 들고 버티기, 무릎을 가슴까지 구부리기, 쪼그렸다 일어서기 등의 체간 근력 강화운동을 시행하였으나 서기와 앉기 자세에서는 큰 변화가 없었다고 하여 본 연구의 결과와 상반된다.[23] 이는 위 연구의 체간 근력 강화 운동 프로그램이 고정된 지면에서 실시하는 정적 안정 상태에서의 운동이었고 본 연구에서는 슬링 운동이 근 활성에 더욱 효과적인 동적 안정 상태에서의 운동이었기 때문에 서기와 걷기 같은 균형 능력에 효과적이었을 것이라고 사료된다.[24-25] 체간의 안정성과 고관절 신전근 강화를 위하여 적용되는 교각(bridging)운동 경우에도 슬링을 이용하여 실시했을 때가 지면에서 실시했을 때보다 체간의 안정성에 중요한 역할을 하는 척추심부근의 근활성도와 고유수용성 감각을 더 증가되었다고 하였다.[7] 이는 슬링의 불안정한 지지면이 근활성도를 더욱 증가시키며 근육의 안정성과 균형능력에 영향을 주기 때문이라 하였다.[23),26] 슬링을 이용한 체간 안정화 운동이 뇌성마비 족저압에 미치는 영향에 관한 연구에서는 뇌성마비의 정적 족저압과 동적 족저압에 슬링 운동이 긍정적인 영향을 미쳤고 운동능력과 균형능력도 더욱 향상시켰다고 보고 하였다.[6),27]

본 연구의 대상자인 뇌성마비 아동은 서있는 자세에서 앞쪽 복부 근육은 정상보다 약하고 느슨해져 있고 고관절 굴곡근과 등쪽 체간 근육들은 상대적으로 긴장하고 짧아져 골반 전방 경사 증가와 과도한 요추 만곡이 관찰되었는데 이러한 부적절한 자세와 정렬에서는 올바른 근력운동이 이루어지기 어렵다.[28] 근력 강화운동은 뇌성마비의 경직을 증가 시키지 않는다는 연구도 있지만,[29] 잘못된 자세에서 과도한 노력으로 행하는 근력 강화 운동은 뇌 손상 환자에게 경직을 증가하게 하고 근육과 관절이 구축되게 하며 운동 기능을 저하시킬 수 있는 위험요인으로 인식되고 있다.[30] 즉, 비대칭적인 자세에서 과도한 노력을 동반한 잘못된 근력운동은 발가락 꾸부림, 주먹 꽉짐, 혀 뒤로 당김 등 뇌성마비의 비정상적인 근 긴장도를 증가시키고 자세변형 및 통증을 초래하는 위험이 된다.[31] 이에 본 연구에서는 슬링에서 대칭적이고 바른 자세정렬로 정확한 근력 강화 운동을 시행하기 위한 준비운동으로 안정적인 지면의 바로 누운 자세에서 배꼽을 복벽 안쪽으로 당기며 동시에 증가된 요추 만곡 척추를 바닥에 붙이며 골반 후방 경사를 유도하는 수정된 복부드로잉-인 기법을 시행하였다.[32] 이 운동은 정상보다 길어져 있는 앞쪽 체간 근육은 구심성 수축으로 강화시키고, 짧아져 있는 뒤쪽 체간 근육은 원심성으로 수축 시켜 뇌성마비 아동의 자세를 대칭적이게 한다(Figure 1). 또한 엘라이 테스트(Ely test) 자세를 취한 엎드린 상태에서 증가된 고관절 굴곡 부위를 능동적으로 바닥에 닿도록 하여 고관절 굴곡근은 원심성 수축으로 근육의 길이를 늘이며 강화하고 큰볼기근은 구심성 수축으로 강화시켜 중심부의 올

바른 자세 정렬을 더욱 촉진하였다(Figure 1). 이와 같은 척추와 골반의 올바른 자세 정렬은 본 운동시 척추 심부근의 동시 수축과 보다 정확한 고유수용성 감각정보를 받아들일 수 있게 하여 뇌성마비의 자세긴장도와 안정성을 개선하고 균형 능력을 향상시킬 수 있게 한다.[19)]

척추 심부근은 신체의 갑작스러운 동요나 예상하지 못한 척추의 하중에 반응하는데,[33)] 척추 심부근이 위치한 요·천추 분절의 압박력을 높이고 체간을 고정하는데는 진동이 도움 된다고 하였다.[34)] 진동이 있는 훈련과 진동이 없는 훈련을 비교한 연구에서 진동을 사용하였을 때가 체간의 근 활성도가 더 높게 나타났다고 하였고,[35)] 지속적이고 약한 주파수로 적용되는 수동적 진동자극은 근 지구력을 향상시킨다고 하였다.[36-37)] 이에 본 연구에서도 슬링 운동을 시행할 때 수동적인 진동자극도 함께 주었는데 그 결과 정적 균형 능력과 동적 균형 능력이 향상되어 진동자극이 척추 안정화 근육의 근 활성도와 지구력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

뇌성마비는 근 긴장도는 증가되어 있어도 근력은 약화되어 있어 지상에서의 정확한 항중력 동작과 활동 경험이 부족하다. 본 연구의 대상인 뇌성마비 아동도 항중력 서기 자세에 사용되는 큰 볼기근과 넙다리 네갈래근 등의 하지의 근육들이 도수근력검사 2등급 이하로 중력에 대항하는 동작이 나타나지 않았다. 뇌성마비에게는 중력을 제거한 상태에서[6),10)] 운동을 할 수 있는 수중치료를 실시하기도 하는데,[38-39)] 슬링 운동도 지상에서 중력을 제거한 상태로 운동을 할 수 있는 장점이 있다.[40)] 이에 중력을 제거한 상태에서 실시한 본 연구의 슬링 운동은 뇌성마비 아동에게 항중력 방향으로 동작을 쉽게 경험할 수 있게 하고 반복적인 연습도 가능하게 하여 뇌성마비의 체간 안정화 근력을 빠르게 강화시킬 수 있는 중재방법이라 할 수 있었다.

본 연구의 결과를 볼 때 본 연구에서 보바스 개념에 기초한 슬링 운동은 양하지 뇌성마비의 정적 균형능력 향상과 동적 균형능력 향상에 효과적이고 효율적인 중재방법임을 알 수 이었다. 그러나 본 연구가 단일사례를 대상으로 한 연구결과라 모든 뇌성마비에게 일반화 시키기에는 제한이 있다. 따라서 추후 다양하고 많은 뇌성마비 환자를 대상으로 하는 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

References

1. Bickley C, Linton J, Sullivan E et al. Comparison of Simultaneous Static Standing Balance Data on a Pressure Mat and Force Plate in Typical Children and in Children with Cerebral Palsy. Gait Posture. 2018.
2. Couillandre A, Maton B, Brenière Y. Voluntary toe-walking gait initiation: electromyographical and biomechanical aspects. Experimental brain research 2002;147(3):313-321.
3. Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system-e-book: foundations for rehabilitation. : Elsevier Health Sciences; 2013.
4. Park ES, Park CI, Lee HJ et al. The effect of electrical stimulation on the trunk control in young children with spastic diplegic cerebral palsy. J Korean Med Sci 2001;16(3):347-350.
5. Eun NR, Chang WN, Song BK. Effects of Trunk Control on Sitting Posture and Standing Balance - by Adults Bobath Concept. J Korean Soc Neur Ther. 2015;19(3):47-58.
6. Yeom JN, Lim CG. Change of static and dynamic foot pressure after trunk stabilization exercises in children with spastic diplegic cerebral palsy. J Kor Phys Ther 2014;26(4):274-279.
7. Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. Chiropractic & osteopathy 2005;13(1):14.
8. Taube W, Gruber M, Beck S et al. Cortical and spinal adaptations induced by balance training: correlation between stance stability and corticospinal activation. Acta Physiologica 2007;189(4):347-358.
9. O'sullivan PB, Phyty GDM, Twomey LT et al. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. Spine 1997;22(24):2959-2967.
10. Kim SY, Kwon JH. Lumbar stabilization exercises using the sling system. The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy. 2001;7(2):23-38.
11. Lee MS, Choi JD. The Effects of Task Oriented Training with Suspension Device on Trunk Stability and Gross Motor Function of Children with Spastic Diplegia Cerebral Palsy. J Korean Soc Phys Med, 2013; 8(4):637-645
12. 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):652-657.
13. Chang WN, Kim JH, Hwang BY. Effect of Trunk Facilitation based on the Bobath Concept on Trunk Alignment and Weight Distribution in Patients with Stroke. J Korean Soc Neur Ther. 2017;21(3):1-7.
14. Song GB, Heo JY. The effects of bridge exercise with abdominal drawing-in on balance in patients with stroke.

J Kor Phys Ther. 2016;28(1):1-7.
15. Kim SY, Kim SY, Jang HJ. Effects of Manual Postural Correction on the Trunk and Hip Muscle Activities During Bridging Exercises. Phys Ther Korea 2014;21(3):38-44
16. Podsiadlo D, Richardson S. The timed “Up & Go”: a test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr Soc 1991;39(2):142-148.
17. Givon U. Muscle weakness in cerebral palsy. Acta Orthop Traumatol Turc 2009 Mar-Apr;43(2):87-93.
18. Kim SB·Quetae Park. Effects of various bridge exercises using the sling on the core muscle activation. KINESIOLOGY, 2016, 18(4): 63-69.
19. Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG et al. The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. Man Ther 2007;12(3):271-279.
20. Eek MN, Tranberg R, Zügner R et al. Muscle strength training to improve gait function in children with cerebral palsy. Developmental Medicine & Child Neurology 2008;50(10):759-764.
21. McBurney H, Taylor NF, Dodd KJ et al. A qualitative analysis of the benefits of strength training for young people with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 2003;45(10):658-663.
22. Lee EJ, Park RJ, Ro HY. The Effects of Thera-Band for the Gross Motor Function and Balance of Children with Cerebral Palsy. Journal of Adapted Physical Activity & Exercise 2009;17(4):249-267.
23. Kim YS. Effects of Trunk Muscles Strength Training Program on Gross Motor Function of Children with Spastic Cerebral Palsy. Seoul: Dankook University. Dissertation of Master’s Degree. 2000.
24. Richardson C, Jull G, Toppenberg R et al. Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: A pilot study. Aust J Physiother 1992;38(2):105-112.
25. Cochrane D. The sports performance application of vibration exercise for warm-up, flexibility and sprint speed. European Journal of Sport Science 2013;13(3): 256-271.
26. Park SJ, Shin YA, Hong SM. Effects of Sling Exercise on Functional Balance, Walk Power and Independence in Chronic Stroke Patients. Journal of Sport and Leisure Studies 2012;49(2):737-748.
27. Ko SE, Kim YH, Lee SW. The Effects of Trunk Stabilization Exercises using a Sling on Motor Development and Balance in Infant with Development Disability. Healthcare and Nursing-Advanced Science and Technology Letters 2016;132:161-166.
28. Bobath K, Bobath B. The neuro-developmental treatment in management of the motor disorders of cerebral palsy. Local: David 1984:79-87.
29. 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. Danguk University Graduate School 2006.
30. Dodd KJ, Taylor NF, Damiano DL. A systematic review of the effectiveness of strength-training programs for people with cerebral palsy. Arch Phys Med Rehabil 2002;83(8):1157-1164.
31. Prosser LA, Lee SC, Barbe MF et al. Trunk and hip muscle activity in early walkers with and without cerebral palsy-a frequency analysis. Journal of Electromyography and Kinesiology 2010;20(5):851-859.
32. Kisner C, Colby LA, Borstad J. Therapeutic exercise: foundations and techniques. : Fa Davis; 2017.
33. Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: core concepts and current literature, Part 1. American journal of physical medicine & rehabilitation 2005;84(6): 473-480.
34. Abdollahi M, Nikkhoo M, Ashouri S et al. A model for flexi-bar to evaluate intervertebral disc and muscle forces in exercises. Med Eng Phys 2016;38(10):1076-1082.
35. Gonçalves M, Marques NR, Hallal CZ et al. Electromyographic activity of trunk muscles during exercises with flexible and non-flexible poles. Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation 2011;24(4): 209-214.
36. Bosco C, Colli R, Introini E et al. Adaptive respsonses of human skeletal muscle to vibration exposure. Clinical physiology. 1999;19(2):183.
37. Cho WS, Park CB, Lim JH. The Effect of Trunk Strengthening Exercise using Oscillation on Trunk Muscle Thickness and Balance. J Korean Soc Phys Med 2017;12(2):91-101.
38. Lee JH. The effects of strengthening trunk muscles using water exercises on sitting postures and muscle tone in lower extremities for the children with cerebral palsy. Dankook University Dissertation of Master Degree 2006.
39. Kim BO, Lee HJ. Effects of Aquatic Exercise Therapy

on Motor Function and Balance in Children with Spastic Cerebral Palsy. Journal of Special Education & Rehabilitation Science 2015;54(1):75-94.

40. Gong WT. Effects of bridge exercises with a sling and vibrations on abdominal muscle thickness in healthy adults. Journal of back and musculoskeletal rehabilitation 2015;28(4):645-649.1. Broeks JG, Lankhorst GJ, Rumping K, et al. The long-term outcome of arm function after stroke: Results of a follow-up study. Disabil Rehabil. 1999;21(8):357-64