

가상현실 프로그램이 경직성 뇌성마비 아동의 대동작 기능 및 균형에 미치는 영향

이효정 · 고지은[‡]

한국교통대학교 물리치료학과

Effects of Virtual Reality Based Exercise Program on Gross Motor Function and Balance of Children with Spastic Cerebral Palsy

Lee Hyojeong, PT, Ph.D · Go Jieun, PT[‡]

Dept. of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

Abstract

Purpose : The purpose of this study is to evaluate the effects of virtual reality based exercise program on gross motor function and balance of children with spastic cerebral palsy.

Method : Subjects of this study, among the children who received the diagnosis spastic cerebral palsy, for children total of 8 people have agreed to research. Experimental group 4 people, control group 4 people, was a total of 8 people. Group-specific arbitration method, was applied to Nintendo Wii Fit game (experimental group) and exercise program (control group). Each training courses 30 minutes for 4 weeks, examined the changes in Gross Motor Function Measure(GMFM) and Pediatrics Balance Scale(PBS) ability to examine a total of 4-week course effectively. The intervention were compared by measuring before and after.

Result : There were significant improvements in the subscales of the gross motor function and balance test of those who practiced with the Nintendo Wii Fit game, while the control group showed no significant changes.

Conclusion : Therefore, the virtual based on exercise is effective in improvement of to improve the gross motor function and balance in children with spastic cerebral palsy.

Key Words : gross motor function measure(GMFM), pediatrics balance scale(PBS), virtual reality based exercise program

[‡]교신저자 :

고지은 leehj@ut.ac.kr

I. 서론

대부분의 뇌성마비 아동은 비정상적인 근 긴장도 및 반사, 비정상 중추 자세조절기전, 감각운동 정보를 통합하는 작용의 손상 등으로 인하여 경직, 신체의 비대칭 및 흔들림, 관절의 변형 등의 신체적 이상이 나타난다(Gomley, 2001; Krigger, 2006; O'shea, 2008). 손상 부위의 신경마비로 서로 다른 근육 간의 협응과 감각기관과의 협응에 장애가 초래되고, 이로 인해 정상적인 움직임을 통한 자세유지가 어렵다(Pope 등, 1994; Gudjonsdottir & Mercer, 1997; Brogren 등, 2001). 특히 몸통 및 양측 하지의 무게중심을 체중지지면 위에 유지하는 능력 등이 감소하여 대칭적인 자세유지에 필요한 체중부하 이동이 어렵게 된다(Woollacott & Shumway-Cook, 2005). 이러한 영향으로 앉기, 서기, 보행 등과 같은 활동 시 자세조절 능력이 저하되고, 일상생활동작에 심각한 기능장애가 발생한다(Krigger, 2006; Woollacott 등, 1998). 뇌손상의 정도와 상관없이 거의 모든 뇌성마비 아동들에게 나타나는 대동작 기능 손상은 다른 아동들과의 상호작용하는 사회활동의 참여를 제한하여 삶의 질을 감소시키는 하나의 중요한 요인이다(Shikako-Thomas 등, 2012).

또한 균형의 문제는 뇌성마비 아동이 흔히 갖고 있는 문제점이다(Rosenbaum 등, 2003). 뇌성마비 아동들은 사지제어나 자세조절 능력이 매우 불안정하기 때문에(Winter 등, 1987; 허정식, 2000), 비정상적 반사 및 비정상적 근 긴장도 등으로 발생하는 신체의 비대칭, 비정상적 흔들림, 평형능력의 장애로 인해 기립이나 보행에 비정상적인 정형화 패턴을 보이게 되고(Bertoti와 Gross, 1988; 허정식, 2000에 재인용), 신체의 비대칭으로 인하여 환측 다리가 균형적인 체중지지면의 위치에 대하여 인식하지 못하는 감각 정보의 손상과 양측 엉덩관절 사이의 무게중심을 체중 지지면 위에 유지하는 능력의 감소 때문에 비정상적인 몸의 흔들림이 증가하게 되어 균형적인 서기 자세를 조절하기 어렵게 된다(Shumway-Cook & Horak, 1986). 또한 균형능력의 문제가 발생하면 상지의 보상적인 사용이 많아지면서 상지의 움직임이 제한되어 상지의 기능과 일상생활 수행 및 학습활동에 제한을 가져올 수 있으며(Koman 등, 2000), 연속적인 움직임 및 이동의 제한으로 사회적

역할과 지역사회 참여 등의 제한을 보인다(Yonetsu 등, 2009).

뇌성마비의 기존 치료법들은 개별 상해를 중심으로 치료하기보다 활동위주로 중재를 제공하기를 권장하는 최근 연구결과를 잘 반영하지 못하며(김원호와 박은영, 2013), 아동의 치료흥미를 유발하는 데 어려움이 있다(Harris & Reid, 2005; Ketelaar 등, 2001). 실제로 치료에 대한 환자의 흥미가 적은 경우와 스스로 효과에 대한 기대치가 낮은 경우는 치료의 예후가 좋지 않게 나타났다(Forkan 등, 2006). 단순히 반복적인 동작으로 구성된 재활운동의 방식은 환자의 흥미를 끌기에 부족하였고 환자의 움직임 과정에 대한 정확한 분석과 피드백 과정이 없기 때문에 잘못된 동작으로 계속 수행할 경우 오류의 누적으로 인해 훈련 효과가 감소된다는 지적이 있었다(Burdea, 2003; Flynn 등, 2007).

2000년대에 들어서며 컴퓨터의 발달로 현실적인 환경을 제공하는 가상현실(Virtual reality)이 환자의 재활치료에 사용되기 시작했다(Yang 등, 2008). 가상현실이란 컴퓨터로 어떤 특정한 환경이나 상황을 만들어서, 그것을 사용하는 사람이 마치 실제 주변 상황·환경과 상호작용을 하고 있는 것처럼 만들어 주는 인간과 컴퓨터 사이의 인터페이스로(Holden, 2005), 비디오 캡처 시스템(video capture system)을 적용하여 스크린에 자신의 모습이 표현되고 화면을 통해 나타나는 과제와 상호작용하여 문제를 해결하는 방식을 사용한다(Weiss 등, 2004).

재활영역에서의 가상현실 치료프로그램은 뇌손상으로 운동기능, 인지기능 장애로 실제 환경에 적응하지 못하는 환자에게 쌍방향으로 안전하게 적용될 수 있다(Rose 등, 1999). 또한 물체를 옮기고 조작하며 정해진 과제를 수행하는 등 가상의 노력을 통해 실제적인 반응을 보이게 되며(Weiss 등, 2004), 1990년대 후반부터 가상현실은 재활분야에서 다양한 환자들에 적용되어 기능을 증진시켜 왔다(Holden, 2005). 이러한 접근방법의 특징은 신경발달 촉진 및 비정상적인 반사 등의 억제력을 내용으로 하는 전통적인 중재방법의 감각통합적인 요소를 포함하고 있으면서 또 동시에 최근 행해지고 있는 근력운동이나 유산소운동 등의 적극적인 신체 움직임의 요소까지 치료목표에 포함하고 있다. 또한 가상현실 기반 활동은 상호작용적이고, 활동에 대한 충분한 동기력과 흥미유발, 안전한 환경 조성

등의 특징을 가지고 있고, 스스로 동기부여가 높아지는 효과가 있어 뇌성마비 아동의 중재프로그램으로 관심을 끌고 있다(Flynn 등, 2007; Reid, 2002).

최근 Sony의 EyeToy와 Nintendo의 Wii Fit 등의 사용하기 쉽고 경제적인 가상현실 기반 게임들이 치료적 도구로서 주목을 받기 시작했다(Deutsch 등, 2008). 위 게임들은 에너지 소비를 증진시키고, 신체적 건강을 향상시킴과 아울러 자세 조절에 있어 증진을 촉진시킨다(Graves 등, 2008; Lanningham-Foster 등, 2009; Lotan 등, 2009; Deutsch 등, 2008; Shin 등, 2010). 2008년 Nintendo company에서 출시한 Nintendo Wii Fit System을 이용한 게임은 시각과 청각 생체 피드백, 신체 활동, 손동작 촉진이 가능하며 즐겁고 능동적인 참여를 유도할 수 있는 기기로서 뇌졸중과 같은 신경계 질환에 효과적인 접근법으로 보고되고 있다(Shin 등, 2010).

이처럼 가상현실 기반의 운동프로그램 중재 효과에 관한 연구가 진행되고 있지만, 뇌성마비 아동에 적용하여 균형 및 보행에 관한 효과를 보기 위한 연구는 단일사례연구 이거나(김대환 등, 2013), 단일실험군 설계(Jelsma 등, 2013), 또는 눈-손 협응에 관한 연구(Shin 등, 2010) 등으로 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 상호작용적이고, 활동에 대한 충분한 동기력과 흥미유발, 안전한 환경 조성 등의 특징을 가진 가상현실기반 운동프로그램을 뇌성마비 아동에게 적용하여 대동작 기능 및 균형에서의 변화를 알아보고자 하였고 가상현실 프로그램의 효과를 임상가들에게 알리고, 지역사회 뇌성마비 아동들의 치료적 중재의 효율성을 높이는 데 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 C시에 위치한 아동발달센터를 다니는 아동 8명을 대상으로 하였고, 대상자 선정 기준은 다음과 같다. 뇌성마비진단을 받은 아동, 독립적으로 선 자세 유지 및 보행이 가능한 아동, 가상현실기반 운동프로그램에 필요한 시력 및 청력에 이상이 없는 아동, 가상현실기반 운동 프로그램을 이해할 수 있는 적절한 인지수준을 가진 아동,

아동 본인 및 보호자가 본 연구의 참여를 동의한 아동을 대상으로 선정했다.

또한 대상자 제외기준은 경기 약을 복용중인 아동, 항경련성 약물을 복용중인 아동, 실험 6개월 이내에 하지의 BOTOX 주사를 투여하였거나 정형외과적 수술을 받은 아동은 제외하였다. 선정기준에 근거한 경직성 뇌성마비 아동 8명을 대상으로 가상현실 프로그램을 적용한 실험군과 일반운동 프로그램을 적용한 대조군으로 나누어 배정하였고, 각 군의 대상자는 중재 전에 운동기능과 균형능력을 측정하였다. 측정은 평가자가 아동에게 구두로 지시를 하면 그 지시를 수행하는 정도를 확인하고 점수화 하였으며, 아동이 잘 이해하지 못할 경우 1회만 시범을 보여준 뒤 수행할 수 있도록 하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 뇌성마비 아동의 보행에 필요한 대동작 기능 및 균형능력을 향상시키기 위한 목적으로 총 4단계로 구성된 가상현실 프로그램을 개발하였으며 두 그룹 모두에 주 2회, 회기 당 30분씩 4주간 각각의 운동프로그램을 중재한 후 동일한 측정검사도구로 동일한 측정자가 사후검사를 실시한다. 그 효과를 검증하기 위한 것으로, 중재 전후 검사를 실시하여 변화량을 비교하였다.

1) 가상현실기반 운동프로그램군(실험군)

초기 10분 동안 준비운동으로 치료사에 의한 엉덩관절 및 발목관절의 가동운동 및 근육의 신장운동을 실시 한 후, 20분을 가상현실 기반 운동프로그램을 적용하여 회기 당 총 30분씩 주 2회 총 4주간 수행하였다.

가상현실기반 운동프로그램으로 Nintendo Wii Fit System의 게임 프로그램을 이용한다. Nintendo Wii Fit System은 이용자의 압력중심(center of pressure)과 체중의 분배를 측정하는 네 개의 센서와 힘판(force plate)이 포함된 균형판으로 구성되어 있다. 이러한 정보는 이용자가 선 자세에서 자신의 몸의 압력중심점을 움직임으로서 스노우보드, 스키, 헤딩 또는 외줄타기 등의 균형게임에서 활용된다. 화면을 통해 반영된 이용자의 모습을 보면서 위의 게임들을 수행하며, 자신의 체중을 앞뒤 그리고 좌우로 이

동하고 게임점수 충족을 위해 순서와 타이밍을 수정함으로써 가상현실 상황에 참여하게 된다. 실험군의 주차별 운동프로그램은 다음과 같다(부록 1).

2) 일반 운동프로그램군(대조군)

초기 10분 동안 준비운동으로 치료사에 의한 목, 몸통

의 정렬, 척추, 엉덩관절, 무릎관절 및 발목관절의 가동운동 및 근육의 신장운동을 실시 한 후, 20분 동안 일반 운동프로그램을 적용하여 회기 당 총 30분씩 주 2회 총 4주간 수행하였다. 대조군의 주차별 운동프로그램 방법은 다음과 같다(표 1).

표 1. 대조군의 주차별 운동프로그램 방법

운동자세	내 용
바로누운 자세 (10분)	몸통 굽힘, 펴, 회전근 강화운동 1) 목, 몸통, 상하지의 정렬 2) 척추 가동 운동 3) 상·하지의 관절 및 근육의 가동운동
앉은 자세 (10분)	앉은 자세에서의 정적, 동적 균형훈련 1) 몸통 근육의 촉진, 활성화 2) 근육의 동시수축 훈련
선 자세 (10분)	선 자세에서의 정적, 동적 균형 훈련 1) 항중력 근육 촉진, 대둔근, 중둔근, 하퇴삼두근 강화훈련 2) 골반과 하지의 분리된 움직임 연습

3. 연구도구

본 연구는 뇌성마비 아동의 대동작 기능 및 균형능력 증진을 위하여 가상현실기반 운동프로그램을 적용하고 그 효과를 검증하기 위한 무작위 임상 실험으로 실험군과 대조군 선정 후 동일한 측정자에 의해 사전검사를 실시한다. 두 그룹 모두에 주 2회, 회기 당 30분씩 4주간 각각의 운동프로그램을 증재한 후 동일한 측정검사도구로 동일한 측정자가 사후검사를 실시한다.

보행에 필요한 능력 중 대동작 기능에 대해서는 GMFM(대동작 기능 평가) 중 C, D, E 항목을 이용하여 평가하였고, 균형능력에 대해서는 PBS(소아균형척도)를 사용하여 평가하였다.

1) 대동작 기능 평가(Gross Motor Function Measure; GMFM)

본 연구에서는 GMFM-88을 이용하여 각 뇌성마비 아동의 대동작 기능을 측정하였다. 검사에 사용한 항목은 C, D, E 항목으로 각각 기기와 무릎서기, 서기, 걷기와 달리

기 및 뛰기 항목이다. 기기와 무릎서기 15문항 45점 만점, 서기 15문항 45점 만점, 걷기와 달리기 및 뛰기 18문항 54점 만점으로 구성되어 있으며, 각 항목의 점수는 해당하는 동작을 수행할 수 없는 경우 0점, 동작 과제 10% 이하를 수행하는 경우 1점, 동작 과제 10%-90% 사이를 수행할 때 2점, 해당하는 동작을 100% 완벽하게 수행할 때 3점을 부가하여 각각의 척도에서 계산하며(아동의 점수 / 최대점수×100), 전체 점수는 각 척도의 백분율을 더한 후 5로 나눈다(김선웅, 2008). 각각의 항목들은 점수가 높을수록 대동작 운동기능이 좋은 것을 의미한다.

이 검사는 준거참조 관찰평가로 각 항목은 자발적으로 행하는 동작을 관찰하고, 간단한 지시를 하거나 시범을 보여 아동이 따라할 수 있게끔 한 뒤 검사항목을 평가한다(성인영 등, 2002; Han & Chung, 2016). 이 검사는 뇌성마비 아동에게 적용하였을 때 0.91의 높은 타당도를 보였고(Palisano 등, 2000), 또한 검사자 간 신뢰도는 0.77, 검사재검사 신뢰도는 0.88이다(Nordmark 등, 1997).

2) 소아 균형 척도(Pediatric Balance Scale)

본 연구에서는 PBS를 이용하여 각 뇌성마비 아동의 균형능력을 측정하였다. 이 아동용 균형능력 평가도구는 학교, 집과 지역사회에서 독립적이고 안정적인 기능 활동의 수행이 가능한지 알아보기 위해 설계되었다. 총 14항목으로 구성되어 있으며, 앉은 자세에서 일어나기, 의자에서 의자로 이동하기, 한 다리로 서 있기, 제자리에서 360° 회전하기, 뒤돌아보기, 바닥에 있는 물건을 집어 올리기 등의 전체 14항목으로 구성되어 있다. 각각의 항목들은 점수가 높을수록 균형 기능이 좋은 것을 의미하는 0~4점 배점 방식의 5점 Likert 척도로 점수화 되어 있다. 이 검사는 6~10세의 뇌성마비 아동 31명을 대상으로 연구된 측정자간 상관계수 $r=.97$ 로 비교적 높은 신뢰도를 가진 것으로 보고되어있다(고명숙 등, 2008).

4. 자료처리

본 연구의 분석은 SPSS/windows(ver. 20.0) 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 카이제곱검정(chi-square test)과 독립표본 t검정을 통해 두 집단의 동질성 검정을 실시하였다. 연구의 결과 값은 Kolmogorov-smirnov 검사와 Shapiro-Wilk 검사를 통해 정규성 검정을 하였으며, 정규 분포를 따르지 않는다고 가정되어 비모수 통계 처리 방식인 Wilcoxon 부호 순위 검정(Wilcoxon signed ranks test)을 이용하여 집단 내 중재 방법에 따른 종속 변수의 전후 비교를 처리하였고, Mann-Whitney U 검정을 이용하여 집단간 운동 방법에 따른 종속변수의 변화량을 비교하였다. 모

든 통계적 유의수준 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

이 연구는 가상현실 프로그램의 적용에 따른 뇌성마비 아동의 대동작과 균형에 미치는 효과를 알아보기로 연구 목적에 따라 대동작 기능 및 균형 능력에 대한 변화를 분석 및 기술하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자는 8명으로, 남자 5명, 여자 3명으로 구성되었고 실험군 4명 대조군 4명으로 분류하였다. 대상 아동의 구체적인 특성은 표 2와 같다. 성별은 실험군에서 남자 2명, 여자 2명, 대조군에서 남자 3명 여자 1명으로 각 군별 성별에 유의한 차이가 없었다. 평균 연령은 실험군에서 13.60 ± 2.88 세, 대조군에서 14.00 ± 2.36 세로 각 군별 유의한 차이가 없었다. 키는 실험군에서 155.33 ± 22.03 cm, 대조군에서 157.00 ± 12.49 cm으로 각 군별 유의한 차이가 없었다. 몸무게는 실험군에서 43.60 ± 16.04 kg, 대조군에서 59.00 ± 30.61 kg으로 각 군별 유의한 차이가 없었다. 진단명은 실험군에서 편마비 2명, 양마비 2명, 대조군에서 편마비 2명, 양마비 2명으로 각 군별 유의한 차이가 없었다. 뇌성마비 기능분류 시스템에 따른 등급은 실험군에서 I 등급 2명, II등급 2명이었고, 대조군에서 I 등급 2명, II 등급 2명 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 동일한 집단으로 나타났다.

표 2. 연구대상자의 일반적 특성

		Experimental(n=4)	Control(n=4)	X ² or t	p
		M±SD	M±SD		
Sex	Male	2	3	1.20	.50
	Female	2	1		
	Age(year)	13.60±2.88*	14.0±2.36	-.11	.92
	Height(cm)	155.33±22.03	157.00±12.49	-.11	.92
	Weight(kg)	43.60±16.04	59.00±30.61	-.77	.49
Diagnosis	Hemiplegia	2	2	.00	.80
	Dieplegia	2	2		
GMFCS (grade)	I	2	2	.00	.80
	II	2	2		

*Mean±SD

2. 사전 동질성 검정

실험군과 대조군의 중재 전 종속변수의 연관성을 알아보기 위해 동질성검정을 실시하였다. GMFM-C에서는 실험군은 중재 전 평균값이 88.00±8.18(%), 대조군은 중재 전 평균값이 82.33± 20.23(%)으로 각 군에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. GMFM-D에서는 실험군은 중재 전 평균값이 70.00±22.86(%), 대조군은 중재 전 평균값이

72.33±21.22(%)으로 각 군에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. GMFM-E에서는 실험군은 중재 전 평균값이 61.33± 30.85(%), 대조군은 중재 전 평균값이 64.33±20.13(%)으로 각 군에서 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 소아 균형 척도에서는 실험군의 중재 전 평균값이 41.33±8.08(%), 대조군의 중재 전 평균값은 43.00±7.54(%)으로 각 군에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않아 동일한 집단으로 나타났다(표 3).

표 3. 사전 동질성검정 (단위: %)

		Experimental group (n=4) M±SD	Control group (n=4) M±SD	t	p
Gross Motor Function Measure	GMFM-C	88.00±8.18	82.33± 20.23	.00	1.00
	GMFM-D	70.00±22.86	72.33±21.22	-.44	0.65
	GMFM-E	61.33±30.85	64.33±20.13	-.00	1.00
Balance (score)	PBS	41.33±8.08	43.00±7.54	-.26	0.86

3. 대동작 기능의 변화

1) 기기와 무릎서기

사후점수에서 사전점수를 뺀 차이 값이 대조군보다 실험군에서 더 큰지 검증하기 위하여 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다. 검증결과, 실험군의 차이 값이 대조군의 차이 값보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다

(z=-1.964, p<.05). 각 집단의 사후점수가 사전점수 보다 유의하게 증가하였는지 검증하기 위하여 Wilcoxon 검증을 실시하였다. 검증결과, 실험군에서 사후점수는 사전점수보다 통계적으로 유의하게 증가하였지만(z=-8.660, p<.001), 대조군은 사전점수와 사후점수간에 유의한 차이가 없었다 (z=-1.342, p>.05)(표 4).

표 4. 대동작기능(기기와 무릎서기)의 비교 (단위: %)

		Experimental (n=4) M±SD	Control (n=4) M±SD	Mann-Whitney U 검증
GMFM -C	Pre	88.00±8.18	82.33±20.23	z=-1.964*
	Post	93.00±7.54	84.00±21.70	
	Post-Pre	5.00±1.00	1.66±1.52	
	Wilcoxon 검증	z=-8.660***	z=-1.342	

* p<0.05, *** p<.001

2) 서기

사후점수에서 사전점수를 뺀 차이 값이 대조군보다 실험군에서 더 큰지 검증하기 위하여 Mann-Whitney U 검증

을 실시하였다. 검증결과, 실험군의 차이 값이 대조군의 차이 값보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다 (z=-2.09, p<.05). 각 집단의 사후점수가 사전점수 보다 유

의하게 증가하였는지 검증하기 위하여 Wilcoxon 검증을 실시하였다. 검증결과, 실험군에서 사후점수는 사전점수보다 통계적으로 유의하게 증가하였지만($z=-7.56, p<.001$), 대

조군은 사전점수와 사후점수간에 유의한 차이가 없었다 ($z=-1.74, p>.05$)(표 5).

표 5. 대동작 기능(서기)의 비교

(단위: %)

		Experimental (n=4) M±SD	Control (n=4) M±SD	Mann-Whitney U 검증
GMFM-D	Pre	70.00±22.86	72.33±21.22	
	Post	76.66±24.21	75.33±21.22	
	Post-Pre	6.66±1.52	3.00±0.00	$z=-2.09^*$
	Wilcoxon 검증	$z=-7.56^{***}$	$z=-1.74$	

* $p<0.05$, *** $p<0.001$

3) 걷기와 달리기 및 뛰기

사후점수에서 사전점수를 뺀 차이 값이 대조군보다 실험군에서 더 큰지 검증하기 위하여 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다. 검증결과, 실험군의 차이 값이 대조군의 차이 값보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다 ($z=-1.96, p<.05$). 각 집단의 사후점수가 사전점수 보다 유

의하게 증가하였는지 검증하기 위하여 Wilcoxon 검증을 실시하였다. 검증결과, 실험군에서 사후점수는 사전점수보다 통계적으로 유의하게 증가하였지만($z=-14.00, p<.001$), 대조군은 사전점수와 사후점수간에 유의한 차이가 없었다 ($z=-1.34, p>.05$)(표 6).

표 6. 대동작 기능(걷기와 달리기 및 뛰기)의 비교

(단위: %)

		Experimental (n=4) M±SD	Control (n=4) M±SD	Mann-Whitney U 검증
GMFM-E	Pre	61.33±30.85	64.33±20.13	
	Post	66.00±31.43	65.33±20.74	
	Post-Pre	5.33±1.52	1.00±1.00	$z=-1.96^*$
	Wilcoxon 검증	$z=-14.00^{***}$	$z=-1.34$	

* $p<0.05$, *** $p<0.001$

3. 균형 능력의 변화

사후점수에서 사전점수를 뺀 차이 값이 대조군보다 실험군에서 더 큰지 검증하기 위하여 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다. 검증결과, 실험군의 차이 값이 대조군의 차이 값보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다

($z=-1.99, p<.05$). 각 집단의 사후점수가 사전점수 보다 유의하게 증가하였는지 검증하기 위하여 Wilcoxon 검증을 실시하였다. 검증결과, 실험군에서 사후점수는 사전점수보다 통계적으로 유의하게 증가하였지만($z=-17.00, p<.001$), 대조군은 사전점수와 사후점수간에 유의한 차이가 없었다 ($z=-1.60, p>.05$)(표 7).

표 7. 균형능력의 비교

(단위: %)

	Experimental (n=4) M±SD	Control (n=4) M±SD	Mann-Whitney U 검증
PBS	Pre 41.33±8.08	43.00±7.54	
	Post 47.00±8.54	45.00±7.00	
	Post-Pre 5.66±0.57	2.00±1.00	z=-1.99*
	Wilcoxon 검증 z=-17.00***	z=-1.60	

* p<0.05, *** p<.001

IV. 고찰

뇌성마비 아동에 대한 다양한 접근 방법 중 하나인 가상현실 운동프로그램은 가상환경을 이용해 치료받은 환자는 치료 과정을 즐기면서 과제를 수행할 수 있고, 치료에 대한 동기유발이 증대된다(Jack 등, 2001). 또한 환자 스스로 훈련과 학습을 할 수 있고, 환자 자신의 과제수행 결과를 점검할 수 있어서, 환자의 장애 정도에 따라 또는 환자의 회복 진행에 따라 개개인에 맞는 가상의 환경을 만들어 수준에 맞는 적합한 훈련을 할 수 있다(Flynn 등, 2007; Rizzo & Buckwalter, 1997; Schultheis & Rizzo, 2001). 이와 더불어, 가상현실은 뇌성마비 아동이 가상의 스포츠 시설이나 기구에 쉽게 접근할 수 있다는 점과 운동 상해를 예방할 수 있다는 점, 실제 사회에서 얻기 힘든 활발한 상호작용을 할 수 있다는 장점 등(Merians 등, 2002)으로 인해 그 효과가 기대된다.

이에 본 연구에서는 가상현실 운동프로그램을 적용하여 경직성 뇌성마비 아동의 대동작 기능과 보행 능력에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 뇌성마비 아동에 대한 대동작 기능(GMFM) 평가는 보행 능력과 서로 상관성이 있으며, 이는 뇌성마비 아동의 일반적인 운동 정도를 대표한다. 이 둘은 서로 상호 보완적이며, GMFM의 D(서기) 영역과 E(걸기와 달리기 및 뛰기) 영역은 이동에 대한 예측도로 사용할 수도 있을 정도로 타당도와 신뢰도가 높은 검사이다(Drouin 등, 1996).

본 연구 결과, 실험군에서 대동작 기능의 기기와 무릎서기 항목(GMFM-C)에서 사후점수는 사전점수보다 통계적으로 유의하게 증가하였고(z=-8.660, p<.001), 서기 항목(GMFM-D)에서는 사후점수는 사전점수보다 통계적으로

유의하게 증가하였다(z=-7.56, p<.001). 또한 걸기와 달리기 및 뛰기 항목(GMFM-E)에서는 사후점수는 사전점수보다 통계적으로 유의하게 증가하였다(z=-14.00, p<.001). 이에 반해 일반운동 프로그램을 적용한 대조군은 위의 세 항목에서 사전점수와 사후점수 간에 유의한 차이가 없었다. 또한 사후점수에서 사전점수를 뺀 차이 값이 대조군보다 실험군에서 더 큰지 검증하기 위하여 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다. 검증결과, 기기와 무릎서기 항목에서는 실험군의 차이 값이 대조군의 차이 값보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났고(z=-1.964, p<.05) 서기 항목에서도 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다(z=2.09, p<.05) 또한 걸기와 달리기 및 뛰기 항목에서 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다(z=-1.96, p<.05).

Cho 등(2016)은 18명의 뇌성마비 아동에게 가상현실 프로그램을 적용하여 대조군에 비해 실험군에서 대동작 기능의 평균 9.1의 유의한 증가를 보였다(p<.05). 또한 김대환 등(2013)에서는 뇌성마비 아동 1명에게 비디오 게임을 5주간 적용한 후 대동작 기능에서 5.1(%)의 증가를 보였다. 강유석(2011)은 뇌성마비 아동 14명을 대상으로 Wii fit 프로그램을 적용하여 대조군에 비해 실험군에서 운동 능력의 전·후 비교에서 평균 6.14로 유의한 증가를 보여 본 연구의 결과와 일치하는 결과를 보였다. 이는 가상현실 운동프로그램이 아동이 적극적으로 운동에 참여함으로써 기능적 활동 능력을 증진시켰다고 보며 활동 위주의 중재를 제공해야 한다는 김원호와 박은영(2013)의 주장을 뒷받침한다고 볼 수 있으며 뇌성마비 아동이 자신의 수준에 맞는 가상현실 게임을 통해 성취감을 느끼고 집중력을 키움으로 인해 다양한 운동 패턴과 신체 조절 능력을 경험하여 운동기능이 향상된 것으로 사료된다.

뇌성마비 아동이 독립적으로 서거나 걷는 것, 그 외의 다양한 운동 발달의 지연은 대부분 균형 조절 능력이 떨어지기 때문이며, 기립 자세를 유지하는데 있어 균형은 중요한 역할을 담당한다(David, 2003).

본 연구 결과 실험군에서 균형능력(PBS)의 사후점수는 사전점수보다 통계적으로 유의하게 증가하였지만 ($z=17.00, p<.001$), 대조군은 사전점수와 사후점수 간에 유의한 차이가 없었다($z=-1.60, p>.05$), 사후점수에서 사전점수를 뺀 차이 값이 대조군보다 실험군에서 더 큰지 검증하기 위하여 Mann-Whitney U 검증을 실시하였다. 검증결과, 실험군의 차이 값이 대조군의 차이 값보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다($z=-1.99, p<.05$).

AlSaif와 Alsenany(2015)는 단일군으로 14명의 뇌성마비 아동에게 게임을 적용하여 균형 능력에 유의한 증가를 보였다. 김대환 등(2013)에서는 뇌성마비 아동 1명에게 비디오 게임을 5주간 적용한 후 균형 능력에서 8(%)의 증가를 보였으며 강유석(2011)은 뇌성마비 아동 14명을 대상으로 Wii fit 프로그램을 적용하여 대조군에 비해 실험군에서 균형 능력의 평균 9.3의 유의한 증가를 보여줬고 Cho 등(2016)은 18명의 뇌성마비 아동에게 가상현실 프로그램을 적용하여 대조군에 비해 실험군에서 균형 능력(PBS)의 평균 3.3의 유의한 증가를 ($p<.05$) 보여 본 연구와 일치하는 결과를 보였다.

이는 가상현실 운동프로그램이 뇌성마비 아동에게 시각과 청각 자극을 다양하게 제공하여 균형 능력과 연관된 공간감각, 안뜰감각, 고유수용성 감각을 조절하며 통합할 수 있도록 하는 연습을 통해 균형 능력과 안정성 회복, 그리고 조절 능력이 향상된 것으로 사료된다. 비록 이 연구들은 모두 동일한 균형 능력 평가 도구를 사용한 것은 아니지만 다양한 기능적 평가 도구를 사용해 가상현실 및 게임 중재 후 대상자가 활동 시 신체 조절과 균형 능력이 향상되었음을 보고하였고, 이는 본 연구의 결과를 지지해 준다.

이와 같이 본 연구의 결과를 종합해 보면, 뇌성마비 아동에게 적용한 가상현실 운동프로그램은 목표 성취를 위한 주의집중력을 향상시켜 적극적으로 치료에 동참할 수 있도록 동기를 유발하는 치료 효과가 있다고 볼 수 있다. 가상현실은 연습의 강도와 긍정적인 피드백을 주는 훈련 환경을 만들어주며(Sveistrup 등, 2004; 김대환, 2013에서

재인용) 수행 능력을 증진시켜 준다고 하였다. 이에 본 연구에서도 뇌성마비 아동이 자신의 수준에 맞는 가상현실 게임을 통해 적극적으로 동참하여 성취감을 느끼고 집중력을 키움으로 인해 다양한 운동 패턴과 신체 조절 능력을 경험하여, 운동 기능과 균형 조절 능력의 향상에 영향을 미쳤다고 생각할 수 있다.

본 연구의 제한점 및 제언은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서는 소수의 경직성 뇌성마비아동 8명만을 대상으로 한 사례연구이기에 연구 결과를 일반화하기 어려워, 향후 연구에서 더 많은 대상자를 적용한 연구가 필요하다. 둘째, 본 연구에서는 뇌성마비 아동 중 가장 많은 경직형 뇌성마비 경증아동을 대상으로 진행하였지만 추후 연구에서는 다양한 유형과 다양한 수준의 뇌성마비 아동을 대상으로 적용할 필요가 있다. 셋째, 본 연구에서는 보행과 관련하여 대동작 기능과 균형 능력을 대상으로 아동의 운동 능력을 평가하였지만, 추후의 연구에서는 더 다양한 방식의, 실질적인 보행을 통한 평가나 일상생활과 연관되는 평가 방법을 통하여 변화의 수준을 측정해야 할 필요가 있다. 넷째, 본 연구에서는 균형 능력의 평가에 대해 기능적 평가 도구를 사용하였지만, 그 외에 표준화된 측정기계를 이용하여 측정할 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 경직성 뇌성마비 아동에게 가상현실 운동프로그램이 대동작 기능과 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 경직성 뇌성마비 아동 8명을 대상으로 4주 동안 실험군 4명에게 가상현실 운동프로그램을 적용하였고, 대조군인 4명에게 일반운동프로그램을 적용하였다.

대동작 기능의 기기와 무릎서기, 서기와 걷기와 달리기 및 뛰기 항목에서 실험군의 사후점수는 사전점수보다 증가하였고 위의 세 항목에서 실험군의 차이 값이 대조군의 차이 값보다 더 큰 것으로 나타났다. 균형은 실험군의 사후점수는 사전점수보다 증가하였고 실험군의 차이 값이 대조군의 차이 값보다 더 큰 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 4주간의 가상현실 운동프로그램의 적용은 경직성 뇌성마비 아동의 대동작 기능과

균형 능력의 향상에 유용하다고 할 수 있다. 현재 우리나라의 가상현실 운동프로그램은 뇌성마비 아동에게는 보편화 되지 못하였으며, 성인이 아닌 아동에 대한 연구는 더욱 미비한 실정이다. 앞으로 다양한 연구를 통해 가상현실 운동프로그램을 발전시켜 나간다면 뇌성마비 아동의 재활에 많은 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

강유석(2011). 비디오 게임을 이용한 가상현실 운동프로그램이 뇌성마비 학생의 기능성 운동능력, 시지각능력 및 균형능력에 미치는 영향. 한국운동재활학회지, 7(4), 79-89.

고명숙, 이남현, 이정아 등(2008). 한글판 아동 균형척도 (Pediatric Balance Scale)의 측정자간 신뢰도. 한국전문물리치료학회지, 15(1), 86-95.

김대환, 김미래, 류치승 등(2013). 가상현실 비디오게임 운동이 뇌성마비 아동의 균형과 대동작에 미치는 영향: 단일사례연구. 한국신경재활학회지, 3(1), 9-16.

김선웅(2008). 경직성 양마비아의 연령에 따른 QUEST와 GMFM의 상관관계. 용인대학교 재활보건과학대학원 석사학위 논문.

김원호, 박은영(2013). 뇌졸중 후 보행훈련: 위-아래 접근 중심으로. 한국신경재활학회지, 3(2), 21-27.

성인영, 조성찬, 이남현(2002). 정상 발달 어린이의 월령에 따른 대동작기능 평가. 대한재활의학회지, 26(4), 398-402.

허정식(2000). 뇌성마비 아동과 정상 아동의 보행 동작의 운동학적 분석. 한국스포츠리서치, 11(2), 127-138.

AlSaif AA, Alsenany S(2015). Effects of interactive games on motor performance in children with spastic cerebral palsy. J Phys Ther Sci, 27(6), 2001-2003.

Bertoti DB, Gross AL(1988). Evaluation of biofeedback seat insert for improving active sitting posture in children with cerebral palsy. Phys Ther, 68(7), 1109-1113.

Brogren E, Forssberg H, Hadders-Algra M(2001). Influence of two different sitting positions on postural adjustments

in children with spastic diplegia. Dev Med Child Neurol, 43(8), 534-546.

Burdea GC(2003). Virtual rehabilitation-benefits and challenges. Methods Inf Med, 42(5), 519-523.

Cho CH, Hwang W, Hwang S, et al(2016). Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy. Tohoku J Exp Med, 238(3), 213-218.

David JM(2003). 정형도수치료 진단학[Orthopedic physical assesment]. (대한정형도수치료학회 역). 서울, 현문사.

Deutsch JE, Borbely M, Filler J, et al(2008). Use of a low-cost, commercially available gaming console (Wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. Phys Ther, 88(10), 1196-1207.

Drouin LM, Malouin F, Richards CL, et al(1996). Corelation between the gross motor function measure and gait spatiotemporal measures in children with neurological impairment. Dev Med Child Neurol, 38(11), 1007-1019.

Flynn S, Palma P, Bender A(2007). Feasibility of using the Sony playstation 2 gaming platform for an individual poststroke: a case report. J Neurol Phys Ther, 31(4), 180-189.

Forkan R, Pumper B, Smyth N, et al(2006). Exercise adherence following physical therapy intervention in older adults with impaired balance. Phys Ther, 86(3), 401-410.

Gormley ME Jr(2001). Treatment of neuromuscular and musculoskeletal problems in cerebral palsy. Pediatr Rehabil, 4(1), 5-16.

Graves LE, Ridgers ND, Stratton G(2008). The contribution of upper limb and total body movement to adolescents' energy expenditure whilst playing Nintendo Wii. Eur J Appl Physiol, 104(4), 617-623.

Gudjonsdottir B, Mercer VS(1997). Hip and spine in children with cerebral palsy: Musculoskeletal development and clinical implications. Pediatr Phys Ther, 9(4), 179-185.

Han HK, Chung YJ(2016). Effects of task-oriented training for gross motor function measure, balance and gait function in persons with cerebral palsy. Korean Acad Phys Ther Rehabil Sci, 5(1), 9-14.

- Harris K, Reid D(2005). The influence of virtual reality play on children's motivation. *Can J Occup Ther*, 72(1), 21-29.
- Holden MK(2005). Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychol Behav*, 8(3), 187-211.
- Jack D, Boian R, Merians AS, et al(2001). Virtual reality-enhanced stroke rehabilitation. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 9(3), 308-318.
- Jelsma J, Pronk M, Ferguson G, et al(2013). The effect of the Nintendo Wii Fit on balance control and gross motor function of children with spastic hemiplegic cerebral palsy. *Dev Neurorehabil*, 16(1), 27-37.
- Ketelaar M, Vermeer A, Hart H, et al(2001). Effects of a functional therapy program on motor abilities of children with cerebral palsy. *Phys Ther*, 81(9), 1534-1545.
- Koman LA, Mooney JF 3rd, Smith BP, et al(2000). Botulinum toxin type a neuromuscular blockade in the treatment of lower extremity spasticity in cerebral palsy: A randomized, double-blind, placebo controlled trial. BOTOX Study Group. *J Pediatr Orthop*, 20(1), 108-115.
- Krigger KW(2006). Cerebral palsy: An overview. *Am Fam Physician*, 73(1), 91-100.
- Lanningham-Foster L, Foster RC, McCrady SK, et al(2009). Activity-promoting video games and increased energy expenditure. *J Pediatr*, 154(6), 819-823.
- Lotan M, Yalon-Chamovitz S, Weiss PL(2009). Improving physical fitness of individuals with intellectual and developmental disability through a virtual reality intervention program. *Res Dev Disabil*, 30(2), 229-239.
- Merians AS, Jack D, Boian R, et al(2002). Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Phys Ther*, 82(9), 898-915.
- Nordmark E, Hagglund G, Jarnlo GB(1997). Reliability of the gross motor function measure in cerebral palsy. *Scand J Rehabil Med*, 29(1), 25-28.
- O'Shea TM(2008). Diagnosis, treatment, and prevention of cerebral palsy in near-term/term infants. *Clin Obstet Gynecol*, 51(4), 816.
- Palisano RJ, Hanna SE, Rosenbaum PL, et al(2000). Validation of a model of gross motor function for children with cerebral palsy. *Phys Ther*, 80(10), 974-985.
- Pope PM, Bowes CE, Boothe E(1994). Postural control in sitting. The SAM system: Evaluation of use over three years. *Dev Med Child Neurol*, 36(3), 241-252.
- Reid DT(2002). Benefits of virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self-efficacy: a pilot study. *Pediatr Rehabil*, 5(3), 141-148.
- Rizzo AA, Buckwalter JG(1997). Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: the state of the art. *Stud Health Technol Inform*, 44, 123-145.
- Rose FD, Brooks BM, Attree EA, et al(1999). A preliminary investigation into the use of virtual environments in memory retraining after vascular brain injury: indication for future strategy?. *Disabil Rehabil*, 21(12), 548-554.
- Rosenbaum PL, Walter SD, Hanna SE, et al(2003) Prognosis for gross motor function in cerebral palsy: Creation of motor development curves. *Obstetrical & Gynecological Survey*, 58(3), 166-168.
- Schultheis MT, Rizzo AA(2001). The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabil Psychol*, 46(3), 296-311.
- Shikako-Thomas K, Dahan-Oliel N, Shevell M, et al(2012). Play and be happy? Leisure participation and quality of life in school-aged children with cerebral palsy. *Int J Pediatr*, 387280. doi: 10.1155/2012/387280.
- Shin WS, Lee DY, Lee SW(2010). The effects of rehabilitation exercise using a home video game (PS2) on gait ability of chronic stroke patients. *J Korea Acad Industr Coop Soc*, 11(1), 368-374.
- Shumway-Cook A, Horak FB(1986). Assessing influence sensory interaction on balance. *Phys Ther*, 66(10), 1548-1550.
- Sveistrup H, Thornton M, Bryanton C, et al(2004). Outcomes of intervention programs using flatscreen virtual reality. In *Engineering in Medicine and Biology Society, 26th Annual International Conference of the IEEE*, 2, 4856-4858.

- Weiss PL, Rand D, Katz N, et al(2004). Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *J Neuroeng Rehabil*, 1(1), 12.
- Winter TF Jr, Gage JR, Hicks R(1987). Gait patterns in spastic hemiplegia in children and young adults. *J Bone Joint Surg Am*, 69(3), 437-441.
- Woolacott MH, Burtner P, Jensen J, et al(1998). Development of postural response during standing in healthy children and children with spastic diplegia. *Neurosci Biobehav Rev*, 22(4), 583-589.
- Woolacott MH, Shumway-Cook A(2005). Postural dysfunction during standing and walking in children with cerebral palsy': what are the underlying problems and what new therapies might improve balance?. *Neural Plast*, 12(2-3), 211-219.
- Yang YR, Tsai MP, Chuang TY, et al(2008). Virtual reality-based training improves community ambulation in individuals with stroke: A randomized controlled trial. *Gait Posture*, 28(2), 201-206.
- Yonetsu R, Nitta O, Surya J(2009). Patternizing' standards of sit-to-stand movements with support in cerebral palsy. *NeuroRehabil*, 25(4), 289-296.

부록 1. 실험군의 주차별 운동프로그램 방법

가상현실기반 운동프로그램군(실험군)	
목적	척추, 골반, 양쪽 하지의 관절 가동운동 및 신장운동을 포함 한 항중력 펌 근육의 촉진
자세	1. 바로누운자세 2. crossed hook lying 자세 3. 옆으로 누운 자세
준비운동	1. 바로 누운 자세에서 양쪽 하지를 들어 올려 엉덩관절을 90도 이상 구부려 골반의 후방경사를 만든다. 위 자세에서 양 하지를 잡고 원을 그리듯 크게 돌리며 골반의 가동운동을 실시. 2. 바로누운자세에서 한쪽 발씩 발목을 잡고 원을 그리듯 돌리며 발목의 가동운동을 실시. 3. 바로누운 자세에서 무릎관절 펌, 발목을 배측굽힘하여 하지를 들어 올려 뒤쪽의 hamstring 및 calf muscle의 신장운동을 실시. 4. 바로누운 자세에서 양쪽 엉덩관절과 무릎관절을 90도룩 들어 올리고 유지하기.
적용	5. crossed hook lying 자세에서 아래쪽 다리 방향으로 무릎을 보낸 후 다시 가운데로 가져오게 한다. 점차 저항을 주며 강도를 늘린다. 양쪽 반복하여 실시. 6. 옆으로 누운 자세에서 spine의 styloid process를 하나씩 잡고 가동운동을 실시한다. 7. 옆으로 누운 자세에서 위로 올라온 쪽 골반을 뒤로 보낸 후 다시 앞으로 가져가게 한다. 8. 옆으로 누운 자세에서 위로 올라온 쪽 엉덩관절을 벌린다. 9. 옆으로 누운 자세에서 위로 올라온 쪽 엉덩관절을 벌림과 동시에 골반을 앞으로 보낸다. (편마비 아동의 경우 7-10동작은 약한 쪽만 실시)
목적	선 자세에서 좌, 우로의 무게중심 이동을 통한 균형의 향상
자세	1. balance board 위에 다리를 자연스럽게 벌리고 선 자세
1주차	1-1. 준비운동 후 crossed hook lying 자세에서 아래쪽 다리 방향으로 다리를 보낸 후 다시 가운데로 가져오게 한다. 점차 저항을 주며 강도를 늘린다. 양쪽 반복하여 실시한다.
적용	1-2. bridge 운동을 실시한다. 1-3. 옆으로 누운 자세에서 골반을 앞으로 보내어 roll to prone side 훈련을 실시한다. 2. Nintendo wii fit의 명상하기 프로그램을 통해 아동이 정적으로 앉은 자세를 유지하도록 한 후 시간을 체크한다.
목적	선 자세에서의 골반 움직임을 통한 동적 균형의 향상
자세	1. balance board 위에 선 자세에서 치료사가 아동의 몸통과 골반을 잡고 움직임을 보조한다.
2주차	1. Nintendo wii fit의 홀라후프 돌리기 프로그램을 수행하며 양쪽 발을 바닥에 붙인 상태로 골반을 크게 돌리도록 하고 치료사가 골반의 움직임을 보조한다. 고개의 과도한 펌 및 상지와 상부몸통에서의 과도한 보상작용이 나타나지 않도록 지도하여 골반의 움직임에 집중하며, 양쪽 모두 실시한다. 2. 아동이 점차적으로 적응함에 따라 치료사의 보조를 줄여나가며 게임의 난이도를 올린다.
목적	발목에서의 무게중심의 이동을 통한 발목전략의 향상
자세	1. balance board 위에 선 자세에서 치료사가 아동의 발뒤꿈치가 바닥에서 떨어지지 않도록 보조한다.
3주차	1. Nintendo wii fit의 segway challenge 프로그램을 통하여 고정된 발목 위에서의 무게중심의 이동을 훈련하며, 특히 calf muscle의 원심성 수축에 집중한다. 고개의 과도한 펌 및 상지와 상부몸통에서의 과도한 보상작용이 나타나지 않도록 지도한다. 2. 아동이 점차적으로 적응함에 따라 치료사의 보조를 줄여나가며 게임의 난이도를 올린다.
목적	선 자세에서 골반의 움직임을 통한 동적 균형 및 타이밍의 향상
자세	1. balance board 위에 선 자세에서 치료사가 아동의 몸통 및 골반의 움직임을 보조한다.
4주차	1-1. 스키점프, 펭귄시소 프로그램을 통하여 선자세 에서의 무게중심의 이동 및 움직임의 타이밍을 훈련한다. 1-2. 외출타기 프로그램을 통하여 동적안정성이 요구되는 상황(보행) 에서의 균형유지 및 움직임의 타이밍을 학습한다. 1-3. 게임을 하는 동안 고개의 과도한 펌 및 상지와 상부몸통에서의 과도한 보상작용이 나타나지 않도록 지도한다. 2. 아동이 점차적으로 적응함에 따라 치료사의 보조를 줄여나가며 게임의 난이도를 올린다.