

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2020. 06. Vol.27, No.1, pp.18-25

동작관찰훈련이 양하지마비 뇌성마비 아동의 뇌활성에 미치는 영향

전혜림¹ · 정영아¹ · 이병희²

¹삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 · ²삼육대학교 물리치료학과

The effect of action observation training on brain activity in children with cerebral palsy

Hyelim Chun¹, M.Sc., P.T. · Young-a Jeong¹, M.Sc., P.T. · Byounghee Lee², Ph.D., P.T.

¹Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Sahmyook University

¹Dept. of Physical Therapy, Sahmyook University

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to investigate the improve on brain activity during action observation training for cerebral palsy of diplegia.

Design: Randomized controlled trial.

Methods: 18 subjects were divide into two groups: action observation training group and a control group. Action observation group practiced repeatedly the action with their motor skill and control group practiced conventional physical therapy. The subjects participated in eighteen 30-min sessions, 3 day a week, for 6week. To confirm the effects on brain activity were evaluated.

Results: The results show that the Mu-rhythm was statistically significant increase on the C3 of the action observation training group ($p < 0.05$).

Conclusion: The action observation training improves brain activity of a cerebral palsy with diplegia. These results suggest that the action observation training is feasible and beneficial for improving brain activation for the cerebral palsy with diplegia. In the future, I think we need to be actively utilized to the action observation training program in the clinical with the neuromuscular development treatment. And the study on the various the action observation training program that can improve the function of the children with cerebral palsy is thought necessary.

Key words: Action observation, Cerebral palsy, Diplegia, Brain activity

© 2020 by the Korean Physical Therapy Science

I. 서론

뇌성마비의 비진행적인 중추신경계의 결함은 단일 또는 여러 위치의 손상으로 운동 및 감각 이상뿐만 아니라 다른 관련된 장애 결과를 가져온다. 경직, 이상 운동증, 운동실조증, 근긴장 저하는 뇌성마비에서 볼 수 있는 근긴장도의 문제이다(Numanoğlu와 Günel, 2012). 상위 운동 신경원 병변의 장애 중 하나인 경직은 뇌성마비의 가장 일반적인 유형으로(Dietz와 Sinkjaer, 2007), 신전 반사의 과도한 흥분으로 인한 항진된 건 반사와 장력성 신전 반사의 속도 의존도가 증가하는 특징으로 하는 운동 장애이다(Katusic 등, 2013). 경직은 근육 기능의 변화로 인해 뇌성마비의 관절가동범위 제한(Mathewson 등, 2014)과 심한 족관절 구축이 나타나며(De Pavia-Mota 등, 2013), 비정상적인 자세, 움직임의 제한(Sommerfeld 등, 2004), 기능적인 활동 제한, 경련에 의한 수면 장애, 심한 경우에는 이동과 위생에 대한 부정적인 운동발달 지연에 영향을 미친다. 그러므로 뇌성마비 아동 재활의 가장 중요한 목표 중 하나는 경직을 줄이는 것이다(Katusic 등, 2013). 양하지 뇌성마비 아동의 경직을 개선을 목적으로 보툴리눔 독소 주사(botulinum toxin injection)(Degelaen 등, 2013), 체간의 선행적 자세조정(Girolami 등, 2011; Chung 등, 2019), 동적 발목-발 보조기(Näslund 등, 2007), 전신진동운동(Ahlborg 등, 2006) 체외 충격과 치료(GonKova 등, 2013), 동작관찰훈련(Dechaumout- Palacin 등, 2007; Buccino 등, 2012) 등이 있다.

동작관찰훈련은 실제로 운동을 실행할 때 다른 사람이 과제를 수행하는 것을 볼 때 흥분하는 특성을 가진 거울 신경세포(mirror neuron)의 활성을 이용하여 스포츠 선수, 일반인, 그리고 운동장애를 가진 환자에게도 운동 기술의 향상과 학습을 위해 적용되는 인지적 중재기법이다(Léonard와 Tremblay, 2007). 거울신경세포는 원숭이의 복측 전운동피질의 영역(F5 영역)에서 처음 발견되었고, 그 후 전 두정엽에서도 거울신경세포를 발견했다(Fogassi 등, 2005). 두정엽과 전운동피질의 거울신경세포는 시각적인 동작 관찰과 실제 수행에서 반응하는 영역에 밀접한 관계가 있다. 인간의 거울신경세포 영역은 운동앞이랑, 아래마루엽, 아랫이마엽이랑, 위쪽자엽고랑에 해당하여 실제 수행할 때와 마찬가지로 실제 수행 없이 동작을 관찰할 때도 활성화된다. 또한 거울신경세포 시스템은 단순한 동작을 관찰할 때 보다는 목적 있는 동작을 관찰할 때 더 활성화되며(Fogassi와 Luppino, 2005), 숙련된 동작일 수록 해당 뇌 영역이 더 활성화 되고, 알맞은 협응 패턴을 형성하여 운동학습에 도움을 준다(Breslin 등, 2005). 동작관찰훈련은 직접적으로 움직임을 관찰함으로써 언어적으로만 정보를 제공하는 것 보다 쉽게 인지할 수 있고(Hecht 등, 2001), 동작을 수행 할 때에 사용되는 신체의 공간적인 사지의 협응을 구체적으로 관찰하여 다른 사람의 움직임 모방을 본능적으로 이끌어 낼 수 있다(Weeks 등, 1996). 동작관찰훈련은 뇌졸중, 뇌손상과 같은 신경계 질환자의 재활훈련, 근골격계 손상환자의 수술 후 관절가동범위 증진을 위한 재활훈련, 운동선수들의 경기력 향상 위한 훈련으로 사용되고 있다(Kim과 Lee, 2013; Kim 등, 2019).

이에 본 연구에서는 뇌성마비아동의 관절가동범위 증가, 경직 감소로 운동발달에 효과가 있는 동작관찰훈련이 뇌 활성의 변화 즉, 거울 신경세포의 활성화에 미치는 효과를 검증함으로써 향후 양하지마비 뇌성마비 아동의 재활 증진에 기여하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구 대상자는 양하지마비 뇌성마비로 진단 받고 서울시 소재 K병원, E센터에서 물리치료를 받고 있는 아

동 30명을 대상으로 다음의 선별기준을 거쳐 선발하였다. 연구 대상자의 구체적 선정 기준은 양하지마비 뇌성마비 진단을 받은 5~11세 사이의 아동, 시각적 장애 및 시야 결손이 없는 아동, 연구자의 지시를 따를 수 있는 아동, 대동작기능분류시스템(Gross motor function classification system; GMFCS) 평가에서 level I~III 사이인 아동, 도수근력검사에서 발목관절 배측굴곡근, 척측굴곡근이 가+(poor+) 이상인 아동, 대상자에게 본 연구의 목적을 설명한 후 연구에 동의한 보호자의 아동으로 하였다. 제외 기준은 환측의 Modified Assessment Scale(MAS)이 2 이상인 아동, 최근 6개월 이내 경기(seizure)를 하거나 경약 복용 후에도 경기가 잡히지 않은 아동, 본 연구에 참가하기 6개월 전에 보툴리눔 주사를 맞은 아동으로 하였다.

연구에 동의한 30명의 대상자에게 치료 전 의사의 진료를 통하여 과거력, 기타 정형외과 혹은 신경학적 검사 등의 특성을 조사하였으며, GMFCS level III 미만의 아동 3명, 6개월 이내 경기를 한 아동 1명, 의사소통 장애 2명, 6개월 전에 보툴리눔 주사를 맞은 아동 2명을 제외한 총 22명을 선정하였다. 선정된 대상자 22명을 동작관찰훈련군과 대조군으로 각각 11명, 11명으로 나누었다. 동작관찰훈련 프로그램을 6주 동안 주 3회 30분 총 18회 실시하고 일반적인 물리치료를 6주 동안 주 5회 30분간 실시하였다. 훈련 전 1주일과 훈련 후 1week은 그룹에 상관없이 평가만 실시하여 총 6주간 실험을 진행하였다.

실험 진행 중 대상자의 경기 유발 및 개인적인 사유로 실험에 참여할 수 없거나 참여율이 80% 미만인 대상자는 최종 연구 대상에서 제외하였다. 동작관찰훈련군에서 경기 유발과 개인사유로 실험에 참여할 수 없는 아동 2명이 탈락하였으며, 대조군에서 개인적인 사유로 실험에 참여할 수 없는 아동 2명이 탈락하여 최종적으로 각각 9명씩, 총 18명이 최종 연구 대상에 포함되어 6주 동안 실험에 참여하였다.

모든 연구 대상자는 연구의 목적 및 세부사항, 언제든지 불이익 없이 연구 참여를 철회 할 수 있음을 설명한 후 부모 동의서를 서면으로 작성하여 제출하였으며, 본 연구는 삼육대학교 연구윤리심의위원회의 승인을 받고 시행되었다.

2. 실험 방법

본 연구의 참가자는 지정된 스케줄에 따라 프로그램에 참여하였다. 본 연구의 실험진행을 위한 연구 보조자 1명과 측정을 위한 연구 보조자 1명을 두어 연구를 진행하였다. 각 실험과 측정에 들어가기 전 장비사용법, 측정 방법, 훈련 프로그램 진행에 대한 교육 및 실습을 진행하여 실험 과정에서 생길 수 있는 오류를 최소화하도록 하였다.

1) 동작관찰훈련

본 연구에서 실시한 동작관찰훈련은 다음과 같다. 연구대상자는 팔걸이가 있는 의자에 앉은 편안한 상태에서 1 m앞에 설치된 42인치 화면을 통해 동영상을 시청하도록 하였으며, 동영상 시청을 하는 동안 참가자가 동영상의 내용을 따라하거나 움직이지 않도록 하였다. 동영상의 모델은 작은 체구의 정상 성인 여성의 동작으로 구성하였으며, 훈련프로그램은 내용의 난이도에 따라 4단계로 구성되어 있으며, 각 단계의 동영상은 1주일간 시청하도록 하였다. 치료사가 제시한 한 가지 과제 동영상을 시청하였으며, 과제를 수행할 경우 다음 단계로 넘어 갔으며, 난이도 수행이 어려울 경우 재훈련을 실시하였다. 1단계에서는 앉은 자세에서 균형 향상을 위한 동작으로 구성되어 있다. 2단계는 앉았다 일어서는 동작으로 구성되어 있으며, 3단계는 서있는 자세에서 균형 향상을 위한 동작으로 구성되어 있다. 4단계는 옆으로 걷는 동작으로 구성되어 있다. 시청시간은 15분이며, 5분 시청 후 동영상의 내용을 토대로 치료사와 5분간 신체 훈련을 실시하여 총 3회 반복 실시하였다. 동작관찰훈련의 효과를 높이기

위하여 동영상 시청은 소음이 없는 독립된 장소에서 지정된 시간에 실시하였고, 아동의 집중을 위하여 1분 간격으로 동영상에 집중할 수 있도록 지시하였으며, 실험 시작부터 끝날 때까지 동일한 연구자에 의해 시행되었다.

2) 일반적 물리치료

환자와 치료사 간의 1:1로 중추신경계발달치료를 말하며, 참가자는 병원의 치료스케줄에 따라 6주간 주 5회, 각 세션 당 30분씩 일반적 물리치료를 받았다. 운동프로그램은 바로 누운 자세에서 앉기, 앉은 자세로 이동하기, 앉고 일어서기, 정상 보행패턴 학습을 위한 자세훈련, 바로 선 자세에서 체중지지 및 체중이동훈련, 실내용 평지에서 보행 훈련 및 계단 보행 훈련 등을 포함하도록 하였다.

3. 측정방법

본 연구에서는 뇌파 측정을 위해 PolyG-1(Laxtha INC., Daejeon, Korea, 2011)을 사용하여 데이터를 수집하였다. 검사자는 측정에 필요한 전극 부착, 측정 장비 사용, 분석 프로그램의 적용 등에 대하여 뇌파 측정 전문가에게 교육을 받았으며 반복적으로 측정 과정을 훈련받고 실시하였다. 뇌파 측정은 외부 환경에 영향을 받지 않는 독립된 공간에서 실시하였다.

뇌파는 눈 깜박임, 안구 운동, 심전도, 근전도, 다리떨기, 혀의 운동, 딸꾹질과 같은 내부적인 요인과 온도, 조도, 장소, 소음, 냄새 등의 외부 환경적 요인에 의해 영향을 받을 수 있으므로 측정 시 소음이 발생하지 않고 일정한 조도와 온도가 유지될 수 있는 독립된 공간에서 측정하였으며, 대상자는 팔걸이가 있는 편안한 의자에 앉은 후 뇌파 측정 전 실험에 임하는 방법과 주의사항에 대한 설명을 들었고 대상자의 두피에 뇌파 전극을 부착한 후 정상적으로 측정되는지 여부를 확인하였다. 측정은 훈련 전·후 각각 실시하였으며, 훈련 프로그램 동영상 을 관찰하면서 1분 20초간 뇌파를 측정하였다. 측정하는 동안 잡파(artifact)의 혼입을 줄이기 위해 측정하는 동안 말을 하지 않고 움직임이 없는 상태로 있도록 하였다.

뇌파 전극 부착은 머리 표면의 4개 부위에서 단극유도(monopolar derivation) 방식으로 적용하였다. 전극의 부착 위치는 10~20 국제 전극배치법에 따라 차례로 좌측 중심부(central 3; C3), 우측 중심부(central 4; C4)에 총 4부위에 전극을 부착하였다. 기준전극(reference electrode)은 우측 귓볼 뒤, 접지전극(ground electrode)은 좌측 귓볼에 부착하였다. 사용된 전극은 금으로 도포된 접시형태의 디스크 전극이며, 접시전극에 뇌파전용 전극 폴(ElefixZ-401CE, Japan)을 묻혀 부착하였다. 또한 부착된 접시전극 위에 얇은 거즈를 덮어서 전극폴이 빨리 굳지 않고 머리표면에 잘 고정되도록 하였다.

뇌파자료 분석은 뇌파분석 시스템인 Telescan 2.98(Laxtha INC., Daejeon, Korea, 2011)을 이용하여 정량적 분석을 실시하였다. 뇌파분석방법은 측정된 뇌파의 파형을 보고 잡파의 유입여부를 확인하였고 측정된 뇌파 원 자료(raw data)의 전체 뇌파 중에서 뉴로피드백 시스템을 이용한 파형 관찰을 통해 처음과 마지막 10초를 제외한 60초를 분석에 사용하였다. 전체 뇌파 영역 중에서 눈 깜박임(2~4 Hz)이나 자세 불안정으로 생기는 머리 움직임(0.5~1 Hz)등의 잡음에 오염될 확률이 높은 델타파(0.5~5 Hz)는 제외하고 5~50 Hz 구간만을 추출하여 분석에 사용하였다. 원 자료를 주파수로 변화하기 위한 필터링 방법인 고속 푸리에 변환(Fast fourier transform; FFT)을 실시하였다. FFT는 주파수 공간에 주파수 성분별로 기여도를 나타내는 것으로 X축은 주파수를 나타내고 Y축은 파워값을 나타내며 특정 주파수에 따른 진폭량인 뇌전위 파워 스펙트럼(power spectral analysis)으로 나타내게 한다. 이때 산출되는 값은 절대 파워(absolute band power)로 신호의 진폭을 제공한 값이다. 상대 파워(relative band power)는 절대파워에 특정 주파수 대역의 절대 파워비율을 뜻하고 0에서 1사이 값을 가지며 백분율(0~100%)로 표시

하기도 한다. 이러한 상대 파워 분석은 피험자 별로 차이가 날 수 있는 두개골 두께 차이나 측정 당시 긴장도 차이 등의 개인 간 뇌파 차이를 보정하기 위하여 이용한다. 상대 파워 분석을 통해 산출한 주파수 중에서 연구 목적에 따라 상대 뮤 리듬(8~13 Hz/4~50 Hz)을 분석하였다.

4. 자료 분석

본 연구의 모든 작업과 통계는 SPSS ver. 21.0을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 전체 대상자는 Shapiro-Wilks 검정법을 이용하여 변수들의 정규성 검정을 실시한 결과, 모든 변수가 정규분포하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였고, 집단 간 차이를 알아보기 위해 독립표본 t검정을 실시하였다. 동작관찰훈련 전·후를 비교하기 위하여 대응표본 t검정을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자들의 일반적인 특성은 다음 <표 1>과 같으며, 연구 결과 동작관찰훈련과 대조군의 일반적 특성에 대하여 두 군 모두 동질한 것으로 나타났다. 연구 대상자는 총 18명으로 동작관찰훈련군은 남자 3명, 여자 6명, 대조군은 남자 5명, 여자 4명으로 집단별 성별에 유의한 차이는 없었다. 연령은 동작관찰훈련군 7.44세, 대조군 6.90세로 집단별 차이는 없었다. 신장은 동작관찰훈련군 122.60 cm, 대조군 123.24 cm, 체중은 동작관찰훈련군 23.01 kg, 대조군 27.73 kg로 집단별 유의한 차이는 없었다.

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성 (N=18)

항목	동작관찰훈련(n=9)	대조군(n=9)	$\chi^2 / t(p)$
성별 (명, %)			
남성	3 (33.3%)	5 (55%)	1.141(0.270)
여성	6 (66.7%)	4 (45%)	
연령 (세)	7.44 ± 1.88 ^a	6.90 ± 1.79	0.646(0.527)
신장 (cm)	122.60 ± 13.86	123.24 ± 14.18	-0.099(0.922)
체중 (kg)	23.01 ± 6.71	27.73 ± 10.19	-1.176(0.256)
GMFCS (I, II, III)	4 / 2 / 3	4 / 3 / 2	0.210(0.837)

^a평균±표준편차, GMFCS=Gross Motor Function Classification System

2. 상대 뮤 리듬의 채널별 변화

두 군간 중재 전·후 뮤 리듬의 변화는 <표 2>와 같다. 뮤 리듬에서 C3 채널의 평균은 동작관찰훈련이 훈련 전 0.0331에서 훈련 후 0.0199로 0.0133가 감소하여 유의한 차이가 있었고($p<0.05$), 대조군은 훈련 전 0.0267에서 훈련 후 0.0285로 0.0018증가하였으나 유의한 차이가 없었으며, 두 군간 전·후 변화량에서 유의한 차이를 보였다 ($p<0.05$). C4 채널의 평균은 동작관찰훈련이 훈련 전 0.0342에서 훈련 후 0.0258로 0.0084 감소하였으나 유의한 차이가 없었고, 대조군은 훈련 전 0.0258에서 훈련 후 0.0271로 0.0013증가하여 유의한 차이가 없었으며, 두 군간 전·후 변화량에서 유의한 차이가 없었다.

표 2. 훈련 방법에 따른 상대 뮤 리듬의 전·후 변화 (N=18)

	동작관찰훈련(<i>n</i> =9)	대조군(<i>n</i> =9)	<i>t</i> (<i>p</i>)
C3			
실험 전	0.0331 ± 0.0141 ^a	0.0267 ± 0.0126	
실험 후	0.0199 ± 0.0032	0.0285 ± 0.0060	
전·후차	0.0133 ± 0.0132	-0.0018 ± 0.0156	2.206(0.042)*
<i>t</i> (<i>p</i>)	3.005(0.017)*	-0.346(0.738)	
C4			
실험 전	0.0342 ± 0.0154	0.0258 ± 0.0102	
실험 후	0.0258 ± 0.0038	0.0271 ± 0.0123	
전·후차	0.0084 ± 0.0165	-0.0013 ± 0.0155	1.284(0.218)
<i>t</i> (<i>p</i>)	1.527(0.165)	-0.250(0.809)	

^a평균±표준편차, **p*<0.05, C3=central 3; C4=central 4 (우측 중심부 4)

IV. 고찰

본 연구의 목적은 양하지 뇌성마비 아동을 대상으로 동작관찰훈련이 뇌활성도에 미치는 효과를 확인하고자 하였다. 뇌파는 감각운동겉질 위의 두피에 전극을 부착하여 신경계의 신호가 전달하여 발생하는 전류의 흐름을 측정하고 기록하기 때문에 정신적 상태, 학습과 각성 및 수명과 관련된 뇌파신호를 예측할 수 있는 임상적인 진단 자료로 널리 사용된다. 본 연구에서는 동작관찰훈련을 통하여 뮤 리듬과 베타파의 변화를 파악하고자 하였다.

본 연구에서는 동작관찰훈련군의 훈련 내용을 단순한 근육 수축이나 관절 운동이 아닌 앉은 자세에서 균형 향상을 위한 동작, 앉았다 일어서는 동작, 서있는 자세에서 균형 향상을 위한 동작, 옆으로 걷는 동작의 대동작기능과 같은 목표 지향적이며 운동 수준 변화에 맞는 동작으로 구성하였다. 알파파에 속하는 범위를 가진 뮤 리듬(μ -rhythm)은 감각운동겉질(sensorimotor cortex)에 해당하는 부위인 CZ, C3, C4 영역에서 주로 관찰되며, 직접적인 운동을 수행하거나 다른 사람의 목표지향적인 운동을 관찰할 때 안정 시에 비하여 감소되는 것으로 알려져 있다(Muthukumaraswamy와 Johnson, 2004). Shmuelof와 Zohary(2005)는 뇌성마비 환자와 일반인을 대상으로 정지된 사진을 관찰할 때보다 움직이는 동작을 관찰할 때 뮤 리듬이 감소되었음을 통해 목표 지향적 동작관찰훈련이 기능적인 변화에 영향을 준다는 것을 지지하였다. Erbil 등(2007)은 20대의 성인 8명에게 비우세측 손목 신전 동작을 10초 동안 유지하는 동작과 한 번 손목 신전 동작을 실시하였을 경우, 손목 신전의 동작 후 뮤 리듬이 억제되고 베타파의 증가가 나타나게 되었다고 보고하였다.

본 연구에서 동작관찰훈련군은 상대 뮤 리듬이 C3영역에서 훈련 전 0.0331에서 훈련 후 0.0199로 유의한 차이가 나타났으며(*p*<0.05), C4영역에서 동작관찰훈련군이 훈련 전 0.0342에서 훈련 후 0.0258로 0.0084 감소하였으나 유의하지는 않았다. 두 군 간의 변화량을 통해 동작관찰훈련의 뮤 리듬이 유의하게 억제되는 양상이 나타났다(*p*<0.05). Kiefer 등(2014)은 새로운 운동 작업의 학습에 대한 부분적인 연습과 전반적인 연습의 차이를 알아내고자 실험하였는데, 그 결과 왼쪽 반구에서 알파파의 유의한 차이를 보였다. 이는 모든 참가자가 오른 손잡이였으며, 오른손의 근육 활성화가 왼쪽 반구에서 가장 활성화 되었다는 사실을 알 수 있었으며 본 연구에서의 좌측

중심부(C3)에서 유의한 감소를 보이는 결과를 지지한다.

양하지마비 아동은 근육 체계의 조절 기능 제한 및 감각 상실뿐만 아니라 지각 기능의 저하를 가지고 있어 인지 수준이 낮아 정상아동과는 달리 집중력이 낮은 양상을 보이고 있다(Chan과 Miller, 2014). 본 연구에서 양하지마비 아동의 인지 수준을 통한 낮은 집중력을 고려하지 못하여 경직에 있어 대조군과 비교하여 유의한 효과를 내지 못한 것으로 사료된다. 본 연구에서 5분 시청 후 신체 훈련을 실시하였으나 차후에는 집중력을 1분부터 점진적으로 늘리는 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 양하지 뇌성마비 아동을 대상으로 동작관찰훈련이 양하지 뇌성마비 아동의 뇌활성도에 미치는 효과를 알아보고자 실시하였다. 연구 방법으로 동작관찰훈련군과 대조군은 일반적 물리치료를 공통적으로 실시하였고 동작관찰훈련군은 동작관찰훈련을 추가적으로 실시하였다. 훈련 전·후 뇌활성도를 평가하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 뇌성마비아동의 뇌활성도 변화에서 동작관찰훈련군은 C3영역에서 뮤 리듬이 훈련 전·후 유의하게 증가하여, 뇌성마비아동의 뇌활성에 효과적이었다($p<0.05$). 본 연구를 통하여 동작관찰훈련이 뇌성마비아동의 뇌활성 변화에 효과가 있음을 확인하였다. 앞으로 동작관찰훈련에 대한 근거를 더 확립하고, 양하지마비 뇌성마비 아동의 뇌활성도를 향상시킬 수 있는 다양한 동작관찰훈련 프로그램에 대한 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- Ahlborg L, Andersson C, Julin, P. Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J Rehabil Med* 2006;38(5):302-8.
- Breslin G, Hodges NJ, Williams AM, et al. Modelling relative motion to facilitate intra-limb coordination. *Hum Mov Sci* 2005;24(3):446-63.
- Buccino G, Arisi D, Gough P, et al. Improve upper limb motor functions through action observation treatment: a pilot study in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol* 2012;54(9):822-8.
- Chan G, Miller F. Assessment and treatment of children with cerebral palsy. *Orthop Clin North Am* 2014;45(3):313-25.
- Chung EJ, Han SJ, Lee BH. The Effects of Cranio-Cervical Flexion based Trunk Stabilization Exercise on Gross Motor Function and Posture Alignment Change in Children with Spastic Cerebral Palsy. *J Korean Phys Ther Sci* 2019;26(2):61-73.
- De Pavia-Mota E, Neri-Gómez S, Reyes-Contreras G, et al. Percutaneous tenotomy and aponeurotomy (PTA) for knee flexor contracture in children with spastic cerebral palsy. *Acta Ortop Mex* 2013;27(2):109-13.
- Dechaumout-Palacin S, Marque P, De-Biossezon X, et al. Neural correlated of proprioceptive intergration in the contralesional hemisphere of very impaired patients shortly after a subcortical stroke: an fMRI study. *Neurorehabil Neural Repair* 2007;22(2):154-65.
- Degelaen M, de Borre L, Kerckhofs E, et al. Influence of botulinum toxin therapy on postural control and lower limb intersegmental coordination in children with spastic cerebral palsy. *Toxins(Basel)* 2013;5(1):93-105.
- Dietz Z, Sinkjaer T. Spastic movement disorder: impaired reflex function and altered muscle mechanics. *Lancet Neurol*

- 2007;6(8):725-33.
- Fogassi L, Ferrari PF, Gesierich B, et al. Parietal lobe: from action organization to intention understanding. *Science* 2005;308(5722):662-7.
- Fogassi L, Luppino G. Motor functions of the parietal lobe. *Curr Opin Neurobiol* 2005;15(6):626-31.
- GonKova MI, Ilieva EM, Ferriero G, et al. Effect of radial shock wave therapy on muscle spasticity in children with cerebral palsy. *Int J Rehabil Res* 2013;36(3):284-90.
- Hecht H, Vogt S, Prinz W. Motor learning enhances perceptual judgment: a case for action-perception transfer. *Psychol Res* 2001;65(1):3-14.
- Katusic A, Alimovic S, Mejaski-Bosnjak V. The effect of vibration therapy on spasticity and motor function on children with cerebral palsy: a randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation* 2013;32(1):1-8.
- Kiefer AW, Gualberto Cremades J, Myer GD. Train the Brain: Novel Electroencephalography Data Indicate Links between Motor Learning and brain. *J Nov Physiother* 2014;4(2):198.
- Kim JH, Kim EK, Lee BH. The Effects of the Otago Exercise Combined with Action Observation Training on Brain Activity of the Elderly. *J Korean Phys Ther Sci* 2019;26(3):1-7.
- Kim JH, Lee BH. Action observation training for functional activities after stroke: a pilot randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation* 2013;33(4):565-74.
- Léonard G, Tremblay F. Corticomotor facilitation associated with observation, imagery and imitation of hand actions: a comparative study in young and old adults. *Exp Brain Res* 2007;177(2):167-75.
- Mathewson MA, Chambers HG, Girard PJ, et al. Stiff muscle fibers in calf muscles of patients with cerebral palsy lead to high passive muscle stiffness. *J Orthop Res* 2014;32(12):1667-74.
- Muthukumaraswamy SD, Johnson BW, McNair NA. Mu rhythm modulation during observation of an object-directed grasp. *Brain Res Cogn Brain Res* 2004;19(2):195-201.
- Näslund A, Sundelin G, Hirschfeld H. Reach performance and postural adjustments during standing in children with severe spastic diplegia using dynamic ankle-foot orthoses. *J Rehabil Med* 2007;39(9):715-23.
- Numanoğlu A, Günel MK. Intraobserver reliability of modified Ashworth scale and modified Tardieu scale in the assessment of spasticity in children with cerebral palsy. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2012;46(3):196-200.
- Shmuelof L, Zohary E. Dissociation between ventral and dorsal fMRI activation during object and action recognition. *Neuron* 2005;47(3):457-70.
- Sommerfeld DK, Eek EU, Svensson AK, et al. Spasticity after stroke: its occurrence and association with motor impairments and activity limitations. *Stroke* 2004;35(1):134-9.
- Weeks DL, Hall AK, Anderson LP. A comparison of imitation strategies in observational learning of action patterns. *J Mot Behav* 1996;28(4):348-58.