

## 대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science  
2021. 09. Vol. 28, No.2, pp. 65-74

### 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용한 중재가 만성기 뇌졸중 환자의 정적 균형, 체중 분포 및 발목 움직임에 미치는 영향

이동건

신세계요양병원

The effect of neuromuscular electrical stimulation combined with mirror therapy on static balance, weight support and ankle movement in chronic stroke patients

Dong Geon Lee, Ph.D., P.T.

*Shinsegae Geriatric Hospital, Changwon, Republic of Korea*

#### Abstract

**Background:** The purpose of this study was investigated of effect of neuromuscular electrical stimulation combined with mirror therapy on static balance, weight support and ankle movement incline with chronic stroke patients.

**Design:** Two-group pretest-posttest design.

**Methods:** Thirty chronic stroke patients participated in this study. The study design is a two-group pretest-posttest design. A total of 30 people participated in the study, and 15 people were each assigned to the experimental group and control group. Experimental group received neuromuscular electrical stimulation combined with mirror therapy 30 minutes, and conventional physical therapy 30 minutes. Control group received conventional physical therapy 30 minutes. Both groups were conducted 5 times a week for 4 weeks. static balance and weight support was measured by force plate and ankle movement incline was measured by goniometer.

**Results:** As a result of comparing the static balance, weight support and ankle movement incline change between experimental group and control group, statistically significant differences were found in all variables ( $p < .05$ ). In the evaluation before and after the intervention, there was a statistically significant difference in all variables in the experimental group ( $p < .05$ ), but there was no statistically significant difference in the control group ( $p > .05$ ).

**Conclusion:** Neuromuscular electrical stimulation combined with mirror therapy intervention improves static balance, increase paretic side weight support and ankle movement incline in chronic stroke patients. It could be an effective intervention for improve static balance, weight support and ankle movement for chronic stroke patients.

**Key words:** Ankle stability, kinesiology taping, squat exercise

© 2021 by the Korean Physical Therapy Science

교신저자: 이동건

주소: 창원시 마산회원구 내서읍 죽암로 89, 전화: 070-7368-6523, E-mail: donggun31@naver.com

## I. 서론

뇌졸중은 뇌로 흐르는 혈류의 방해 또는 혈관의 손상으로 발생하는 질환이다. 뇌졸중 환자들의 가장 흔한 특징은 편마비이며, 이로 인해 상지 및 하지의 기능 제한, 균형 및 보행 능력의 감소가 나타나게 된다(O'Sullivan 등, 2014). 또한, 편마비는 양측의 균형 있는 자세조절 문제를 일으켜, 손상된 측으로의 체중 지지의 어렵게 하여, 덜 손상된 측으로 지지가 증가하는 비대칭적인 체중 지지가 흔하게 나타나게 된다(Kim 등, 2020; Karthikbabu 등, 2016; Smith와 Baer, 1999).

신경근 전기자극(Neuromuscular electrical muscle stimulation; NMES)은 표면 전기자극(Transcutaneous electrical nerve stimulation; TENS), 기능적 전기자극(Functional electrical stimulation; FES)을 포함하는 기법으로, 기능적 과제 수행 시 근 활성을 만들어, 운동 활동의 수행력을 향상시키는 방법이다(Chae 등, 2008; Peckham과 Knutson, 2005). 이러한 신경근 전기자극은 뇌졸중 환자의 발목 처짐 등을 포함한 마비된 근육을 활성화시키고(Wilder 등, 2002), 상지 기능 증진(Tosun 등, 2017), 몸통의 안정화(Ko 등, 2016), 하지 기능 증진(Hong 등, 2018)과 보행 속도를 향상시킨다(Hausdorff와 Ring, 2008).

거울 치료는 환자의 마비측과 비마비측 중앙에 거울을 위치시키고, 거울을 통해 비마비측을 반영하여 보게 하는 방법으로(Dohle 등, 2009), 비마비측이 움직일 때, 마비측이 동일한 동작의 움직임을 수행하는 환상을 제공하고, 이러한 거울 치료는 통증을 완화시키고 감각과 운동의 회복을 위해 뇌의 신경 가소성의 변화를 촉진하는 저렴하면서도 접근성이 용이한 치료 방법이다(Deconinck 등, 2015). 특히 거울 치료는 뇌졸중 환자의 하지의 운동 회복과 운동 기능을 향상시키고(Lee 등, 2017), 균형 증진, 수동 발목 굽힘 각도 증가, 보행 속도를 향상시키면서(Li 등, 2018), 상지 기능을 향상시키고(Jan 등, 2019), 손 기능 역시 향상시킨다(Yavuzer 등, 2008).

이렇듯 선행 연구들에서는 거울치료를 단독으로 사용하는 것 뿐만 아니라, 신경근 전기자극을 다양한 중재와 함께 적용하여 뇌졸중 환자의 운동 기능, 균형, 그리고 보행 등에 대한 효과가 있는 것으로 나타났다. O'Sullivan 등(2014)에서는 뇌졸중 편마비 환자들에게서 양측의 자세 조절 문제를 해결하는 것이 매우 중요하다고 하였으며, 선행 연구들에서도 거울치료와 함께 신경근 전기자극을 실시하는 것이 뇌졸중 환자들에게 매우 효율적인 중재로 사용이 가능하다고 하였다(Thieme 등, 2018).

하지만, 선행 연구들에서 양측의 자세 조절 문제시 흔하게 나타나는 비대칭 체중지지에 대한 문제를 개선하기 위해, 거울치료와 함께 신경근 전기자극을 실시하였을 때, 마비측의 체중지지 변화를 알아본 선행 연구들은 많이 부족한 편이다. 따라서, 본 연구에서는 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용한 중재가 만성기 뇌졸중 환자의 마비측 체중지지 변화 및 동요 속도, 동요 거리, 그리고 발목 각도 경사에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 대상자

본 연구는 대한민국 창원시 소재 H 재활병원에 입원 중인 만성기 뇌졸중 환자를 병원 원내 게시판을 통하여 모집하였고, 만성기 뇌졸중 환자 총 34명이 모집되었다. 모집된 만성기 뇌졸중 환자들은 아래의 기준에 따라 선별되었다; 1) 뇌졸중 발병 후 6개월이 지나 의학적으로 안정된 만성기 뇌졸중 환자, 2) 뇌졸중으로 인해 하지의 편측 마비가 있는 자, 3) 마비측 발목 관절의 수동 발목 굽힘 및 능동 굽힘이 10° 이상인 자, 4) 독립적으로 최소

10미터 이상 보행이 가능한 자, 5) 간이 정신 상태 검사(MMSE) 점수가 21점 이상으로 인지에 문제가 없는 자, 6) 신경근 전기자극에 사용되는 전기치료용 패드 부착 시 피부에 문제가 없는 자, 7) 페이스메이커(pace maker) 등을 사용하지 않는 자, 8) 뇌졸중으로 인한 편마비를 제외한 근골격계적인 질환을 가지고 있지 않은 자. 본 연구에서는 모집된 34명의 만성기 뇌졸중 환자 중 4명이 본 연구의 기준에 적합하지 않아 제외되어, 총 30명이 본 연구에 참여하게 되었다. 참여한 대상자들은 본 연구의 목적 및 방법에 대한 설명을 들었으며, 모든 대상자들은 직접 동의서에 서면 승인을 하였다.

## 2. 연구 절차

본 연구는 사전사후 대조군 연구(two-group pretest-posttest design), 선별된 30명의 대상자들을 무작위로 실험군( $n=15$ ) 또는 대조군( $n=15$ )으로 배정하였다. 무작위 배정은 참가자들의 이름에 숫자를 지정한 후 난수표(Table of random number)를 이용하여 뽑는 순서대로 무작위 배정하였고, 본 연구에 참여한 대상자들과 평가자들은 모두 눈가림 되었다. 본 연구에 참여한 모든 대상자들은 첫 중재를 시작하기 전과 모든 중재가 끝난 후에 정적 균형(동요 속도, 동요 거리), 마비측 체중 지지, 발목 각도 경사가 평가되었다. 본 연구의 평가는 동일한 1명의 평가자에 의해 모든 평가가 수행되었다. 사전 평가 후 실험군과 대조군의 모든 대상자들은 일반적인 물리치료 30분과 작업 치료 30분을 포함하여, 하루 60분, 주 5일, 총 4주간 받았으며, 실험군은 추가적으로 반대측의 외부 스위치에 의해 조절되는 NMES와 함께 거울 치료 중재를 30분 동안 주 5일, 총 4주간 받았고, 마지막 중재 후 실험군과 대조군 모든 대상자들은 사후 평가를 받았다.

## 3. 중재

### 1) 신경근 전기자극과 거울 치료

본 연구에 참여한 실험군의 대상자들은 마비된 하지의 반대쪽 발에 위치한 발을 밟아서 작동을 조절하는 외부 스위치에 의해 조절되는 신경근 전기자극(NMES)과 함께 거울치료를 적용하였다. 대상자들을 최대한 몸통을 세운 자세를 유지하여 의자에 앉힌 후, 대상자들의 비마비측 다리가 거울의 표면에 반사되도록 양쪽 다리 사이에 거울을 수직으로 위치시켰다. 거울치료를 위해 사용된 거울은 50×70의 크기의 거울로, 삼각형 모양의 나무로 만들어진 박스에 부착하여 이용하였다. 신경근 전기자극 시 전극은 Sabut 등(2011)의 연구에서 부착한 방법과 같은 보행의 흔들기 동안 발의 바깥 들림과 발등 굽힘을 이끌어 내는 근육인 앞정강근 운동점 또는 종아리뼈 머리 위의 온종아리신경에 배치하였다(Sabut 등, 2011). 위의 운동점 및 지배 신경에 부착한 이유는 뇌졸중 환자의 하지 경직 패턴(발바닥 굽힘과 발목의 내측 들림)을 줄이기 위해서 위 부착점에 적용하였다(Nakagawa, 등 2020). 전기자극을 제공하는 방법으로는 비마비측 발목이 스위치에 눌리는 압력을 주고 있으면 전기가 끊어지고 비마비측 발목이 발목 굽힘을 하여 압력이 없어지면 전기가 통하게 되는 B접점 스위치(B connective point switch) 방식으로(Kim 등, 2014), 비마비측 발목이 발목 굽힘 시 전기가 공급되게 되고, 신경근 전기자극이 발생하여 마비측 신경에 전기자극이 들어와 함께 발목 굽힘이 되게 하였다(그림 1). 신경근 전기자극을 위해 Microstim(Medel GmbH, Germany), 외부스위치(external switch), 일회용 표면전극(5cm×5 cm)을 사용하였고, 전기자극의 주파수는 35 Hz, 펄스폭은 250 $\mu$ s, 강도는 관절이 완전히 발목 굽힘 될 수 있을 정도로 하였으며(Knutson 등, 2013), 통전시간(on-time)은 0.2초로 짧게 하여 비마비측 발이 발목 굽힘을 할 시 즉시 마비측에 자극이 들어가게 하였다(Lindquist 등, 2007). 본 연구의 중재 시 대상자들은 도움 없이 스스로 양측 발목을 굽히고 펴는 동작을 수행하였으며, 신경근 전기자극을 통한 발목의 움직임 시 비마비측 발목이 움직이는 모습을 보고 마비측 발목이 움직인다는 착각을

주기 위해 거울을 관찰하도록 하였다. 신경근 전기자극과 거울치료는 1회 30분 주 5회 총 4주간 적용하였다.



그림 1. 거울치료를 병행한 신경근 전기자극 중재 적용 모습

## 2) 일반적인 물리치료와 작업치료

일반적인 물리치료는 뇌졸중 환자의 회복을 이끌어내기 위해 촉진 기법 중 하나인 신경근 발달 치료와 근력증가, 균형 훈련, 보행 훈련 등을 적용하였고, 일반적인 작업치료는 손 재활, 일상생활 훈련 직업 재활 훈련 등을 적용하였다. 본 연구에서는 일반적인 물리치료 30분, 일반적인 작업치료 30분, 1회 60분, 주 5회, 총 4주간 적용하였다.

## 4. 측정도구

### 1) 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중지지

실험군과 대조군의 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중지지의 변화를 평가하기 위해 힘판(AMTI Force Plate, Advanced Mechanical Technology, Inc., U.S.A.)을 사용하였다. 힘판은 압력 중심(Center of Pressure; COP)을 평가하는 것에 대한 표준으로(Gold standard), 균형에 대한 동시 타당도를 테스트하는데 주로 사용된다(Golriz 등, 2012; Chesnin 등, 2000). 본 연구에서는 힘판을 사용하여 수집한 변수는 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중지지이며, 모든 대상자는 첫 중재 시작 전 1회, 마지막 중재가 끝난 후 1회 총 2번 측정하였으며, 총 3회 반복 측정하여 평균을 내었다. 평가 중 발생할 수 있는 비뚤림을 예방하기 위해 각 반복 측정 시 1분의 휴식을 가졌다.

### 2) 발목 각도 경사

관절가동범위는 Goniometer(Baseline, USA)를 이용하여 족관절의 배측굴곡-저측굴곡(dorsiflexion to plantar flexion range)을 측정하였다. 배측굴곡-저측굴곡의 관절가동범위(range of motion) 측정 시 goniometer의 축(axis)은 외측복사뼈(lateral malleolus)에, 고정자(stationary arm)는 비골(fibula)의 축으로부터 수평하게, 그리고 가동자(moving arm)는 다섯 번째 중족골(5th metatarsal bone)의 외측면과 평행하게 측정하였다(황정하 등, 2011).

실험군과 대조군의 발목 각도 경사를 평가하기 위해 각도계(Goniometer)를 사용하였다. 발목 각도 경사는 발목의 발바닥 굽힘 각도와 발목 굽힘 각도를 모두 합한 각도로, 발목에서의 자연스러운 관절 가동 범위를 확인하기 위해 평가되었다. 대상자들의 발목 각도 경사를 확인하기 위해 앉은 상태에서 수동 관절 가동 범위를 측정하였으

며, 3번 반복 측정하여 평균을 내었다. 모든 대상자들은 중재 시작 전 1회, 마지막 중재가 끝난 후 1회 총 2번 측정하였으며, 총 3회 반복 측정하여 평균을 내었다. 평가 중 발생할 수 있는 비뚤림을 예방하기 위해 각 반복 측정 시 1분의 휴식을 가졌다.

### 5. 자료 분석

본 연구에서는 통계 분석을 위해 SPSS 18.0을 사용하였다. 대상자의 일반적 및 의학적인 특성은 기술 통계를 실시하였고, 두 군 간의 동질성 검정을 위해 독립표본 t 검정을 실시하였다. 실험군과 대조군에서 중재 전·후의 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중지지, 발목 각도 경사를 비교하기 위해 짝 t 검정(Paired T test)을 하였고, 중재 후 실험군과 대조군 두 군간의 차이를 비교하기 위해 독립 t 검정(Independent T-test)을 하였다. 자료의 모든 통계적 유의수준은 0.05 이하로 하였다.

## III. 연구결과

### 1. 대상자들의 일반적인 특성 및 의학적인 특성

본 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성과 의학적인 특성은 다음과 같다. 성별로 실험군 남성 12명, 여성 3명, 대조군 남성 9명, 여성 6명이었으며, 뇌졸중 유형으로는 실험군 뇌경색 7명, 뇌출혈 8명, 대조군은 뇌경색 3명, 뇌출혈 12명이었고, 마비측은 실험군 좌측 9명, 우측 5명이고, 대조군은 좌측 4명, 우측 11명이었다. 대상자들의 평균 나이는 실험군 48.2세, 대조군 52.7세 이었고, 평균 신장은 실험군 168.3cm, 대조군 167.4cm이며, 평균 체중은 실험군 66.3kg, 대조군 67.2kg이었다<표 1>.

표 1. 대상자들의 일반적인 특성 및 의학적인 특성

변수	실험군(n=15)	대조군(n=15)	$\chi^2/t$
성별 (남/여)	12(80%) / 3(20%)	9(60%) / 6(40%)	1.429
뇌졸중 유형 (경색/뇌출혈)	7(47%) / 8(53%)	3(20%) / 12(80%)	2.400
마비측 (좌측/우측)	9(60%) / 6(40%)	4(27%) / 11(73%)	3.394
나이 (세)	48.20(9.01)	52.73(5.65)	-1.498
신장 (cm)	168.33(6.75)	167.40(6.77)	-0.104
체중 (kg)	66.33(12.78)	67.27(7.68)	-0.396
MMSE (점)	27.73(2.22)	27.13(2.03)	-0.680

빈도(퍼센트) 또는 평균(표준편차)

### 2. 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중지지

본 연구에서 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용한 중재에 따른 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중지지 의 변화에 대한 결과는 다음과 같다<표 2>.

실험군에서 사전 동요 속도는 2.82 cm/s, 사후 동요 속도는 2.23 cm/s로 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ( $p<.05$ ). 대조군에서 사전 동요 속도는 2.74 cm/s, 사후 동요 속도는 2.63 cm/s로 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ( $p>.05$ ). 마지막 중재 후 사후 평가에서 실험군과 대조군의 동요 속도는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ).

실험군에서 사전 동요 거리는 84.59 cm, 사후 동요 거리는 67.60 cm로 통계적으로 유의한 차이가 있었다

( $p<.05$ ). 대조군에서는 사전 동요 거리는 82.27 cm, 사후 동요 거리는 81.23 cm로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 마지막 중재 후 사후 평가에서 실험군과 대조군의 동요 거리는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ).

실험군에서 사전 마비측 체중 지지는 44.05 %, 사후 마비측 체중 지지는 50.27 %으로 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 대조군에서는 사전 마비측 체중 지지 45.56 %, 사후 마비측 체중 지지 45.98 %로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 마지막 중재 후 사후 평가에서 실험군과 대조군의 마비측 체중 지지는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ).

표 2. 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중지지

변수		실험군(n=15)	대조군(n=15)	t
동요 속도 (cm/s)	사전	2.82(1.02)	2.74( .60)	.252*
	사후	2.23( .32)	2.63( .58)	
	전후차	- .59( .73)	- .11( .22)	
	t	3.125**	1.976	
동요 거리 (cm)	사전	84.59(30.62)	82.27(18.11)	.253*
	사후	67.60(12.49)	81.23(18.39)	
	전후차	-16.98(19.47)	-1.04(4.37)	
	t	.3378**	.920	
마비측 체중지지 (%)	사전	44.05(3.56)	45.56(3.75)	3.779*
	사후	50.27(2.53)	45.98( .93)	
	전후차	6.22(3.99)	0.423(2.77)	
	t	-6.034**	- .591	

평균(표준편차), \* $p<.05$  그룹 간의 비교, \*\* $p<.05$  그룹내 사전 사후 비교

### 3. 발목 각도 경사

본 연구에서 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용한 중재에 따른 발목 각도 경사의 변화에 대한 결과는 다음과 같다<표 3>.

실험군에서 사전 발목 각도 경사는 29.87 °, 사후 발목 각도 경사는 39.13 °로 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 대조군에서 사전 발목 각도 경사는 21.33 °, 사후 발목 각도 경사는 19.20 °로 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 마지막 중재 후 사후 평가에서 실험군과 대조군의 발목 각도 경사는 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ).

표 3. 발목 배측 굴곡 각도 경사 비교

변수		실험군(n=15)	대조군(n=15)	t
발목 각도 경사 (°)	사전	29.87(12.14)	21.33(18.68)	1.483*
	사후	39.13(13.34)	19.20(15.43)	
	전후차	9.27(11.48)	-2.13(10.37)	
	t	-3.125**	.797	

평균(표준편차), \* $p<.05$  그룹 간의 비교, \*\* $p<.05$  그룹내 사전 사후 비교

## IV. 고찰

본 연구에서는 만성기 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용하는 중재를 적용하였을 때, 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중 지지, 발목의 각도 경사에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과, 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용한 실험군에서 일반적인 물리치료와 작업치료만을 적용한 대조군에 비해 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중 지지, 발목의 각도 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

Lee 등(2016)의 연구에서는 27명의 뇌졸중 환자를 대상으로 실험군은 일반적인 물리치료 중재와 함께 신경근 전기자극과 거울치료를 동시에 적용하는 중재를 적용하고, 대조군에는 일반적인 물리치료만을 적용하였다. 그 결과 실험군에서 근 긴장도의 감소와 근력 증가가 나타나면서, 동적 균형과 보행 능력이 향상되었다고 하였다(Lee 등, 2016). 본 연구는 근 긴장도, 근력, 보행 능력을 알아본 연구는 아니지만, Lee 등(2016)의 연구와 유사하게 균형 능력이 향상되고, 마비측 체중지지 비율이 증가하는 연구결과가 나타났다. Lee 등(2016)의 연구는 버그 균형 척도(Berg Balance Scale; BBS), 일어서서 걷기 검사(Timed Up and Go Test; TUG)를 사용하여 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용한 중재가 동적 균형 능력을 향상시킨다는 것을 밝혔었다. 본 연구에서는 힘판을 이용하여 제자리에 서 있을 때의 균형을 알아보는 정적 균형과 마비측 체중지지 비율을 알아보고, 그 결과 정적 균형을 알아보는 요소인 동요 속도, 동요 거리의 감소가 나타났으며 마비측 체중지지 비율의 상승이 나타났다. 거울치료를 거울을 통한 시각적 피드백을 통해서 반구 사이의 비정상적인 활성도를 감소시키고, 동측과 반대측의 대뇌 결절의 변화를 지원한다(Bartur 등, 2015; Nojima 등, 2012; Hamzei 등, 2012; Michielsen 등, 2011). 또한, 시각적 환상 또는 거울을 통한 시각적 피드백을 통해 양쪽 팔다리가 움직이는 효과적인 속임을 통해 운동 회복을 돕는 감각 운동 영역을 자극한다(Fritsch 등, 2014). 따라서 이러한 거울치료를 통한 시각적 환상 또는 거울을 통한 시각적 피드백은 신경근 전기자극을 통한 발목 움직임 훈련 시 뇌졸중 환자의 마비측 발목의 움직임에 대해 더욱 뇌의 감각 운동 영역을 자극하여 보다 발목의 움직임이 더욱 향상되었을 것이다. 또한, 발목 올림근의 약화는 균형 유지 능력을 크게 감소시키는데(Maki와 McIlroy, 1996), 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용하여 발목 움직임을 향상시키는 중재를 통해 뇌의 운동 영역과 감각 영역이 회복되면서 발목 올림근의 근력 역시 강화되었기 때문에, 균형이 향상되었을 것이다. 또한, 발목의 관절 가동범위는 균형과 연관이 있으며, 발목의 관절 가동범위 증가는 균형을 향상시킨다고 하였다(Mecagni 등, 2000). 본 연구에서도 발목의 종아리 신경에 신경근 전기자극을 주어 발목의 움직임을 유도하면서, 거울치료를 통해 마비측 발목의 움직임에 대한 환상을 제공한 피드백을 통해 발목의 움직임을 증가시켰기 때문에 균형이 향상되었을 것이다. 또한, 뇌졸중 환자는 균형이 감소되어 비마비측 체중지지가 증가하고 체중지지의 불균형으로 낙상의 위험성이 증가되지만(Tyson 등, 2006), 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용한 중재를 통해 발목의 움직임과 안정성이 증가되어 균형이 향상되어 마비측으로의 체중지지 비율이 증가하였을 것이다.

Wilder 등(2002)의 연구에서는 삽입하는 신경근 전기자극 기기를 뇌졸중으로 인한 편마비로 발목 처짐이 발생하는 종아리 신경을 자극할 수 있게 이식하였고, 그 결과 마비된 발목 근육이 활성화되면서, 발목 처짐의 개선이 나타났다고 하였고(Wilder 등, 2002), 또한 Thibaut 등(2017)의 연구에서도 편마비로 인해 발목 처짐이 있는 두 명의 뇌졸중 환자를 대상으로 신경근 전기자극 기기를 이식하여 종아리 신경을 자극할 수 있게 하였고, 그 결과 발목의 움직임이 증가하면서 보행이 개선되고, 손상된 운동 결절의 대사의 변화가 있었다고 하였다(Thibaut 등, 2017). 본 연구에서도 선행연구와 유사하게 발목의 움직임이 증가하여 발목 경사 각도가 개선이 되었다. 이는 신경근 전기자극이 종아리 신경을 자극하게 되어 척수를 타고 대뇌로 감각이 전달되어, 손상된 뇌의 운동 영역에

자극을 주게 되고, 자극을 전달받은 뇌의 운동 결실 영역이 지속적인 자극으로 회복 과정을 거치게 되어 발목 근육이 활성화되면서 발목의 움직임이 개선되었을 것이다. 본 연구에서는 침습적인 이식법이 아닌 종아리 신경 위의 피부에 부착하여 종아리 신경을 자극하여 발목의 움직임을 유도하였지만, Wilder 등(2002)과 Thibaut 등(2017)의 연구처럼, 신경근 전기자극으로 인해 종아리 신경이 자극되어 운동을 유도하여 마비된 발목 근육의 움직임이 발생하였고, 그 감각정보가 뇌로 전달되어 대뇌 결실의 운동 영역을 활성화하면서, 그 결과 발목 주변 근육의 움직임과 기능이 향상되어 발목 경사 각도가 상승되었을 것으로 생각된다.

본 연구의 결과에 따르면, 만성기 뇌졸중 환자에게 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용하는 중재를 적용하는 것이 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중 지지, 발목의 각도 경사의 개선에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다. 하지만, 본 연구에서는 거울치료와 신경근 전기자극의 중재를 적용할 때 실험군 참여 대상자에게 능동적으로 발등 들기를 하며 중재를 실시하도록 하였다(그림 1). 그러나, 이 결과 값을 수동 관절 가동범위를 측정도구를 사용하였다는 점은 본 연구의 제한점으로 볼 수 있다. 그리고, 본 연구에서는 만성기 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 한 연구로서, 표본이 부족하기 때문에 일반화의 어려움이 있다. 또한, 본 연구에서는 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중지지 등의 정적 균형, 발목의 움직임을 알아보는 발목 각도만을 알아보았기 때문에, 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용하는 중재가 발목의 근력을 증가시켰는지 알 수 없다. 끝으로, 본 연구에서는 중재가 끝난 후 평가를 종료하여 중재 전·후의 결과만을 알아보았을 뿐, 추적관찰을 통하여 중재 효과의 지속성을 알아보지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 이러한 제한점을 보완하여 보다 질 높은 연구를 통하여, 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용하는 중재에 대한 효과검증이 이루어져야 할 것이다.

## V. 결 론

본 연구에서는 만성기 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용하는 중재를 적용하였을 때, 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중 지지, 발목의 각도 경사에 미치는 영향을 알아보았고 그 결과, 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용한 실험군에서 일반적인 물리치료와 작업치료만을 적용한 대조군에 비해 보다 동요 속도, 동요 거리, 마비측 체중 지지, 발목의 각도 경사를 더욱 개선시키는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 신경근 전기자극과 거울치료를 함께 적용하는 중재는 정적 균형이 저하되거나, 마비측 체중지지, 발목의 움직임이 감소된 만성기 뇌졸중 환자의 정적 균형을 향상시키고, 마비측 체중지지와 발목의 움직임을 증가시키는 효과적인 중재 방안이 될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Bartur G, Pratt H, Dickstein R, et al. Electrophysiological manifestations of mirror visual feedback during manual movement. *Brain Res* 2015;1606:113-24.
- Chae J, Sheffler L, Knutson J. Neuromuscular electrical stimulation for motor restoration in hemiplegia. *Top Stroke Rehabil* 2008;15(5):412-26.
- Chesnin KJ, Selby-Silverstein L, Besser MP. Comparison of an in-shoe pressure measurement device to a force plate: concurrent validity of center of pressure measurements. *Gait Posture* 2000;12(2):128-33.
- Deconinck FJ, Smorenburg AR, Benham A, et al. Reflections on mirror therapy: a systematic review of the effect of



- mirror visual feedback on the brain. *Neurorehabil Neural Repair* 2015;29(4):349-61.
- Dohle C, Püllen J, Nakaten A, et al. Mirror therapy promotes recovery from severe hemiparesis: a randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2009;23(3):209-17.
- Fritzsche C, Wang J, Dos Santos LF, et al. Different effects of the mirror illusion on motor and somatosensory processing. *Restor Neurol Neurosci* 2014;32(2):269-80.
- Golriz S, Hebert JJ, Foreman KB, et al. The validity of a portable clinical force plate in assessment of static postural control: concurrent validity study. *Chiropr Man Therap.* 2012;20(1):15.
- Hamzei F, Lämpchen CH, Glauche V, et al. Functional plasticity induced by mirror training: the mirror as the element connecting both hands to one hemisphere. *Neurorehabil Neural Repair.* 2012;26(5):484-96.
- Hausdorff JM, Ring H. Effects of a new radio frequency-controlled neuroprosthesis on gait symmetry and rhythmicity in patients with chronic hemiparesis. *Am J Phys Med Rehabil* 2008;87(1):4-13.
- Hong Z, Sui M, Zhuang Z, et al. Effectiveness of Neuromuscular Electrical Stimulation on Lower Limbs of Patients With Hemiplegia After Chronic Stroke: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil* 2018;99(5):1011-22.e1.
- Hwang JH, Kim CH, Kim JK. Effects of ankle taping on range of motion, postural stability, and placebo effect before and after exercise. *Korean J Sport Sci* 2011;20(20):793-803.
- Jan S, Arsh A, Darain H, et al. A randomized control trial comparing the effects of motor relearning programme and mirror therapy for improving upper limb motor functions in stroke patients. *J Pak Med Assoc* 2019;69(9):1242-5.
- Karthikbabu S, Chakrapani M, Ganesan S, et al. Relationship between Pelvic Alignment and Weight-bearing Asymmetry in Community-dwelling Chronic Stroke Survivors. *J Neurosci Rural Pract* 2016;7(Suppl 1):S37-S40.
- Kim H, Lee G, Song C. Effect of functional electrical stimulation with mirror therapy on upper extremity motor function in poststroke patients. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2014;23(4):655-61.
- Kim SJ, Oh GB, Lee HJ. The effect of obstacle gait training on balance, gait and ADL of the stroke patient : pilot study. *J Korean Phys Ther Sci* 2020;27(2):1-12.
- Knutson JS, Hansen K, Nagy J, et al. Contralaterally controlled neuromuscular electrical stimulation for recovery of ankle dorsiflexion: a pilot randomized controlled trial in patients with chronic post-stroke hemiplegia. *Am J Phys Med Rehabil* 2013;92(8):656-65.
- Ko EJ, Chun MH, Kim DY, et al. The Additive Effects of Core Muscle Strengthening and Trunk NMES on Trunk Balance in Stroke Patients. *Ann Rehabil Med* 2016;40(1):142-51.
- Lee D, Lee G, Jeong J. Mirror Therapy with Neuromuscular Electrical Stimulation for improving motor function of stroke survivors: A pilot randomized clinical study. *Technol Health Care* 2016;24(4):503-11.
- Lee HJ, Kim YM, Lee DK. The effects of action observation training and mirror therapy on gait and balance in stroke patients. *J Phys Ther Sci* 2017;29(3):523-6.
- Li Y, Wei Q, Gou W, et al. Effects of mirror therapy on walking ability, balance and lower limb motor recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Rehabil* 2018;32(8):1007-21.
- Lindquist AR, Prado CL, Barros RM, et al. Gait training combining partial body-weight support, a treadmill, and functional electrical stimulation: effects on poststroke gait. *Phys Ther* 2007;87(9):1144-54.
- Maki BE, McIlroy WE. Postural control in the older adult. *Clin Geriatr Med* 1996;12(4):635-58.
- Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, et al. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64

- to 87 years: a correlational study. *Phys Ther* 2000;80(10):1004-11.
- Michielsen ME, Selles RW, van der Geest JN, et al. Motor recovery and cortical reorganization after mirror therapy in chronic stroke patients: a phase II randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2011;25(3):223-33.
- Nakagawa K, Bergquist AJ, Yamashita T, et al. Motor point stimulation primarily activates motor nerve. *Neurosci Lett* 2020;736:135246.
- Nojima I, Mima T, Koganemaru S, et al. Human motor plasticity induced by mirror visual feedback. *J Neurosci* 2012;32(4):1293-300.
- O'Sullivan Susan B, Thomas J Schmitz, George Fulk. *Physical rehabilitation* 7th edition. FA Davis; 2014.
- Peckham PH, Knutson JS. Functional electrical stimulation for neuromuscular applications. *Annu Rev Biomed Eng* 2005;7:327-60.
- Sabut SK, Sikdar C, Kumar R, et al. Functional electrical stimulation of dorsiflexor muscle: effects on dorsiflexor strength, plantarflexor spasticity, and motor recovery in stroke patients. *NeuroRehabilitation* 2011;29(4):393-400.
- Smith MT, Baer GD. Achievement of simple mobility milestones after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 1999;80(4):442-7.
- Thieme H, Morkisch N, Mehrholz J, et al. Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;7(7):CD008449.
- Thibaut A, Moissenet F, Di Perri C, et al. Brain plasticity after implanted peroneal nerve electrical stimulation to improve gait in chronic stroke patients: Two case reports. *NeuroRehabilitation* 2017;40(2):251-8.
- Tosun A, Türe S, Askin A, et al. Effects of low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation and neuromuscular electrical stimulation on upper extremity motor recovery in the early period after stroke: a preliminary study. *Top Stroke Rehabil* 2017;24(5):361-367.
- Tyson SF, Hanley M, Chillala J, et al. Balance disability after stroke. *Phys Ther* 2006;86(1):30-8.
- Wilder RP, Wind TC, Jones EV, et al. Functional electrical stimulation for a dropped foot. *J Long Term Eff Med Implants* 2002;12(3):149-59.
- Yavuzer G, Selles R, Sezer N, et al. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89(3):393-8.

[논문접수일(Date Received): 2021.07.14. / 논문수정일(Date Revised): 2021.08.03. / 논문게재승인일(Date Accepted): 2021.08.26.]

---