

발목관절의 시각되먹임 운동 이후 기능적 전기자극이 만성 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 미치는 영향에 관한 융합적 연구

김동훈, 김경훈*
김천대학교 물리치료학과 교수

A Convergence Study on the effects of Ankle Joint Functional Electrical Stimulation after Visual feed-back Ankle training to Improve on Balance, Gait ability in Patient with Chronic Stroke

Dong-Hoon Kim, Kyung-Hun Kim*
Professor, Dept. of Physical Therapy, Gimcheon University

요약 본 연구의 목적은 시각적 되먹임 발목관절 운동 이후 기능적전기자극치료가 만성 뇌졸중 환자의 균형능력 및 보행능력에 대한 영향을 알아보기 위함이다. 선정기준에 따라 만성 뇌졸중 환자를 22명을 대상으로 두 군으로 실시하였다. VFAG군은 시각되먹임 발목관절운동 이후 기능적전기자극치료(n=11), CON군(n=11)은 보존적 물리치료를 시행하였다. 훈련은 1일 60분, 1주 5번, 총 8주간 시행하였다. 중재 전·후에 균형과 보행능력을 검사하였다. 훈련결과 VFAG군이 COP, LOS, BBS, FRT, 10m WT에서 CON군에 비해 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 그러므로 시각적 되먹임 발목관절 운동 이후 기능적전기자극치료의 융합은 뇌졸중 환자의 균형능력 및 보행능력의 향상을 위한 효과적인 중재로 임상에서 활용 될 수 있으며, 향후 뇌졸중 환자를 위한 융합중재개발이 요구된다.

주제어 : 융합, 시각적 되먹임, FES, 뇌졸중, 균형, 보행

Abstract This study was performed to evaluate the effects of Visual feed-back ankle training combined with Ankle joint Functional electrical stimulation on balance, gait ability on patient with Chronic Stroke. A total of 22 chronic stroke patients were divided into VFAG Group, CON group. Each group performed 60 minutes a day 5 times a week for 8 weeks. VFAG group revealed significant differences in balance and gait ability as compared to the CON groups($p<.05$). The exercises were conducted for 60 min per day, five, per week for eight weeks. Balance and gait ability were examined at 0 week and after 8 weeks of intervention. Our results showed that VFAG was more effective on balance ability and gait ability in chronic stroke patients. We suggest that this study will be able to be used as an clinical intervention data for recovering balance and gait ability in chronic stroke patients.

Key Words : Convergence, Visual feed-back, FES, Stroke, Balance, Gait

*Corresponding Author : Kyung-Hun Kim(huni040@naver.com)

Received February 25, 2020

Accepted May 20, 2020

Revised April 27, 2020

Published May 28, 2020

1. 서론

뇌졸중은 뇌 혈류가 차단됨으로써 발생하며, 뇌 세포에서는 산소 공급이 중단됨에 따라 세포가 죽기 시작하며, 세포의 죽음은 인지 능력과 근육 조절 같이 뇌 영역의 통제 부분의 능력을 상실하게 만든다[1]. 또한 뇌졸중 환자의 재활에서 가장 중요한 것은 가족의 지지로 나타났다[2].

뇌졸중 환자는 정상적인 사람들에 비하여 관절의 수동 또는 능동적 움직임에 영향을 받으며, 그 중 특히 발목 관절에서 근육의 경직과 약화 등으로 움직임 제한이 일어나 장시간에 걸쳐 발목 주변 근육과 결합조직 등에 역학적 변화가 나타나게 되고 이러한 변화는 다시 움직임의 저하를 만들게 된다[3].

이러한 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 증진을 위한 접근법에는 불안정 지지면 운동[4], 균형 능력 훈련[4], 이중과제 운동[6] 등의 많은 방법이 사용되고 있으며, 시각 되먹임 훈련이 균형능력 및 보행능력 증진을 위해 신경계 환자에게 많이 대두되고 있는데, 이러한 시각 되먹임 훈련은 적은 비용으로 치료사의 노동력과 시간을 줄이면서 치료를 수행 할 수 있는 장점이 있다.

시각 입력은 주위 환경과 연관하여 머리의 움직임과 자세에 대한 정보를 알려줌으로써 우리를 둘러싸고 있는 주변 환경에 대하여 수직적인 정보를 제공한다[7]. 시각 정보는 공간에서 환자들이 신체 전위와 정위를 정확히 인식할 수 있도록 도와주며[8], 전정감각, 고유수용성 감각 등의 약화 시 대체 될 수 있는 감각으로 효과는 외부에서 들어오는 비시각적 자극이 감소 시 더욱 강해지고, 시각, 전정기관, 체성감각은 균형에 주요한 요소로 알려져 있다[9,10]. 이 세개의 시스템 중 grace(2012)는 시각 시스템이 선 자세에서 균형을 유지하는데 가장 중요하게 작용한다고 하였다[11]. 만성 뇌졸중 환자의 시각 되먹임 치료는 시각 되먹임을 통해 신체 다양한 기능을 증진시키는 운동 이미지를 말하며[12], 다른 균형훈련에서는 제공하지 못하는 되먹임으로 훈련 중 실시간으로 자신의 움직임을 평가할 수 있는 장점 및 지나친 운동을 예방하는 등의 다양한 효과가 있다[13].

기능적전기자극(Functional Electrical Stimulation, FES)은 뇌졸중 발병 환자의 신체 기능 회복을 위해 임상에서 많이 사용되고 있으며, 마비 되거나 약화가 나타난 근육에 전기자극을 시행하여 근 수축을 유발, 근력강화, 근육 내성 유지, 근위축의 방지, 그리고 기능적 움직임의 재교육을 시킬 수 있다[14].

시각 되먹임 훈련 및 기능적 전기적 자극의 선행 연구를 살펴보면, Kim 등(2018)의 연구에서 거울치료를 시행한 이후 기능적 전기자극을 넙다리내갈래근 원위부 전 경골근에 병행하여 만성 뇌졸중 환자의 균형에 관한 연구를 하였으며[15], Kim 등(2015)은 총비골신경(common peroneal nerve)의 기능적 전기자극 이후 발목관절 근력운동을 통해 뇌졸중 환자의 균형능력 증진을 보고하였다[16]. Yavuzer 등(2008)의 연구에서 아급성 뇌졸중 환자들을 대상으로 손 기능 향상에 거울을 사용한 시각적 되먹임을 사용하여 유의한 향상을 확인하였다[8].

그러나, 시각 되먹임 훈련과 기능적 전기적 자극이 뇌졸중 환자의 기능 회복에 긍정적인 영향을 미친다는 연구가 여러 연구를 통해 입증 되고 있지만, 아직까지 균형과 관련된 연구는 부족한 실정이다. 시각 되먹임 훈련은 뇌졸중 환자의 마비측에 자발적인 근 수축을 실행시키는데 어려움이 있다는 단점이 있다. 또한 단순히 수동적 반복의 기능적 전기자극은 뇌졸중 환자의 재활에서 중요하게 여겨지는 운동 재학습의 효과가 저하된다고 보고되었다[16]. 따라서 이를 보완하는 중재 방법으로 시각 되먹임 훈련과 기능적 전기자극 중재가 고안되었다.

본 연구의 목적은 시각 되먹임 훈련과 기능적 전기 자극이 만성 뇌졸중 환자의 자세 균형능력과 보행의 변화에 미치는 영향을 알아보다 만성 뇌졸중 환자의 균형 능력 및 보행 기능 증진을 위한 중재에 참고자료를 제시하고자 한다.

본 연구의 구체적 가설은 시각적 되먹임을 통한 발목관절 운동이후 기능적 전기자극 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형능력 및 보행능력에 미치는 영향을 미칠 것이다.

2. 연구방법

2.1 연구설계

본 연구는 시각적 되먹임의 발목관절 운동 이후 기능적 전기자극 치료의 영향을 규명하기 위하여 유사실험연구의 비 동등성 대조군 전후설계로 시행하였다.

2.2 연구대상

경기도 S시에 위치한 B병원에 입원 및 외래로 내원한 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 실험을 진행하였다. 본 연구 참여에 동의한 자로 연구 목적에 대하여 충족되는 대상자 30명을 선정하여 실시하였고, 중도 탈락자를 제외

하였으며 최종 22명이 실험에 참여하였다. 연구에 참여한 대상자들은 연구 진행에 대해 충분하게 설명을 듣고 연구 진행에 동의 하였으며 선정 조건은 (1) 처음으로 뇌졸중 진단 이후 6개월 이상 경과된 환자, (2) 시각 및 청각적 장애가 없는 자, (3) Korean Version of Mini Status Examination (K-MMSE) 검사에서 24점 이상으로 인지적 손상이 없는 자, (4) 지지 없이 1분간 서있을 수 있는 자, (5) 지팡이와 보조기 도움 없이 보행이 가능한 자, (6) 대상자 본인 및 보호자가 연구의 목적을 충분히 이해하고 참여하는 것을 동의한 환자로 선정하였다. 제외 조건은 (1) 균형능력에 영향을 미치는 체성감각적 결손 환자. (3) 선 자세 균형에 영향을 주는 근 골격계 손상, 퇴행성 질환 환자로 하였다.

본 연구에 참여한 22명의 대상자를 두 군으로 무작위 분류하여 진행하였으며, 대상자의 일반적 특성에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(Table 2 참고).

2.3 연구의 절차

선행연구를 바탕으로 8주간 중재를 실시하였으며[17], 실험전과 8주간의 실험 후 모든 대상자들은 균형능력과 보행능력에 대하여 평가하였다. 연구 대상자는 시각피드백 훈련 발목 관절 FES군(VFAF group) 11명, 보존적 물리치료 훈련군(Control group) 11명으로 컴퓨터 프로그램을 사용하여 무작위로 배정하였으며, 하루 60분, 주 5회, 8주간 훈련을 실시하였다. 연구 전 서면을 통해 연구의 목적, 연구내용 및 방법, 비밀유지에 대해 충분히 설명하였으며, 참여자들이 원한다면 원하는 시기에 언제든지 연구 참여 철회가 가능하다고 충분히 설명 후 진행하였다. 재활 전문 물리치료사 6명이 연구내용을 설명하고 동의를 얻은 이후 진행하였으며, 연구 진행 전 대상자들에게 서면을 통해 연구내용, 방법, 연구 목적 및 연구 데이터 비밀유지에 대하여 충분히 설명을 시행 하였고, 만약 원한다면 원하는 시기에 언제든지 철회가 가능하다

Table 1. Ankle joint training program.

Training program	Time
1. Stable board standing exercise	
- Ankle joint strategic exercise that slowly raises and lowers the back of both feet	5min
- Ankle joint strategic exercise that slowly raises and lowers the front of both feet	5min
- Symmetrical alternating step ankle strategy	5min
2. Aero-step exercise	
- Ankle Joint Strategic standing exercise	5min
- The movement of the ankle joint strategic movement	10min

Table 2. General characteristics of subjects (N = 22).

	VFAF (n = 11)	CON (n = 11)	t	P
Age (years)	59.1 ± 14.22	62.18 ± 15.47	0.019	0.893
Height (cm)	162.06 ± 7.79	162.08 ± 8.75	0.093	0.764
Weight (kg)	63.72 ± 7.47	64.69 ± 11.11	1.612	0.219
MMSE-K (score)	26.27 ± 1.62	27.64 ± 2.42	0.097	0.097
Onset (year)	3.71 ± 2.02	4.12 ± 2.20	0.031	0.863
Gender			χ^2	
Male	7(63.6%)	7(63.6%)	0.000	1.000
Female	4(36.4%)	4(36.4%)		
Diagnosis				
Infarction	5(45.5%)	4(36.4%)	0.188	0.665
Hemorrhage	6(54.5%)	7(63.6%)		
Affected side				
Left	3(27.3%)	5(45.5%)	0.786	0.375
Right	8(72.7%)	6(54.5%)		

Data are presented as number (%) or mean ± standard deviation. VFAF: Visual Feed back ankle training and Ankle FES; CON: Control group; NS: Not significant.

고 공지 후 대상자로부터 참여 동의서를 받았다.

2.4 연구도구

균형과 보행 측정에 있어 낙상에 위험을 대비하여 보조 측정자가 상시 환자의 옆에서 안전을 위해 준비하고 있으며, 휴식 매트를 준비하여 대비하였다. 총 6명의 측정자가 측정하였으며, 버그균형척도와 기능적팔뚝기검사는 2명의 치료사가 팀을 이루어 측정하였고, 정적 균형능력과 10m 보행검사는 각각 1명의 측정자가 측정하였다.

2.4.1 정적균형능력(Biorecuc)

대상자의 선 자세의 정적 균형능력을 알아보기 위해 힘판에 선 자세에서 압력중심점(COP)의 총 이동 거리를 측정한다. 측정을 위해 Biorecuc (Analysis system by biofeedback, AP1153 biorescue., France)를 사용하였다. 총 COP의 이동거리 측정은 우선 대상자는 바로 선 자세에서 다리를 30°정도 벌리고 시선은 전방을 주시하게 한 뒤, 중심을 바로 잡고 1분간 서 있도록 하여 신체 중심점의 총 이동거리를 측정하였다. 이 평가에서 나온 COP수치는 작을수록 동요가 작다는 것을 의미하여 균형능력이 좋다는 것을 의미한다. 연구대상자들은 모두 3번의 측정 후 측정 값의 평균값을 선정하였다. 또한 LOS 측정은 측정 장비의 평가 프로그램을 이용하여 대상자를 앞뒤, 좌우, 대각선의 8개 방향으로 신체중심을 이동하여 이동 면적을 측정하게 한다. 대상자가 힘 판에 바르게 서서 자세를 유지하면 컴퓨터 화면에 무작위 방향으로 화살표 방향이 나타나고, 대상자는 이때 화살표 방향으로 신체중심을 이동시킨다. 이때 양발은 항상 힘 판에 위치하고 있어야 하며, 발이 떨어지는 경우에는 처음부터 다시 측정을 하였다. COP는 자세조절의 척도로 사용되며 압력중심점의 변인 측정은 지면반발력이 통합되며 이의 변화를 나타내는 것으로 지면과 발이 접촉하고 있는 모든 압력 점의 평균을 의미 한다고 하였다[19].

2.4.2 버그균형척도(berg balance scale, BBS)

대상자의 균형능력을 측정하기 위해 본 연구에서는 버그균형척도를 실시하였다. 버그균형척도는 모두 14개의 항목으로 구성되며 다양한 자세 변화의 3개영역으로 나누어 시행한다. 측정 항목 당 최소 0점에서 최고 4점을 적용하고 모두 14개 항목으로 구성되어 있으며 총합은 56점이다. 이 척도는 높은 수준의 측정자 내 신뢰도($r = .99$)와 측정자 간 신뢰도($r = .97$)로 되어있으며[20], 총 3회씩 측정하여 평균값을 기록하였다.

2.4.3 기능적팔뚝기검사(Functional Reach Test, FRT)

FRT는 대상자를 편안하게 선 자세에서 base of support를 안정적으로 유지하면서 팔을 전방으로 이동시켜 최대한 전방에 닿을 수 있는 거리를 측정하는 것이다. 보상움직임이나 균형을 잃으면 재측정 하였다. FRT는 간편하고, 경제적이며, 신뢰도가 높은 검사 도구로써 측정 대상자의 선 자세의 안정성 한계를 잘 측정할 수 있으며 대상자의 균형 장애를 찾거나 균형 수행력이 시간에 따른 변화를 측정하기 위하여 개발되었다. 검사자내 신뢰도는 $r = .98$ 이고, 검사자간 신뢰도는 $r = .99$ 이다[21].

2.4.4 10m 보행검사(10 m walk test, 10 m WT)

10m 보행검사는 일정한 거리의 두 지점의 직선거리를 테이프를 이용해 14 m를 연결하여 구성되며, 양쪽 끝의 2 m는 보행 시 가속과 감속을 위한 거리로 설정하였다[22]. 10m의 거리에 대하여 시간을 전자 초시계로 보행시간을 측정하고 거리와의 계산을 시행하여 속도를 구한 뒤 측정 변수로 사용하였다. 대상자가 균형을 잡지 못하거나 낙상에 위험이 있으면 안전을 위해 대기 중인 보조 측정자가 보조한 뒤 재측정 하였다. 3번 측정하여 모든 연구 대상자들의 보행 평균값을 구하였다.

Table 3. Comparison of the balance and gait ability between the two groups (N = 22).

Variables	VFAF (n = 11)		CON (n = 11)		P value
	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test	
COP (cm)	45.82 ± 7.60	40.18 ± 7.81***	46 ± 5.25	42.09 ± 5.70***	0.029†
LOS (cm)	4776.49 ± 4066.69	6823.63 ± 4387.02***	6067.95 ± 2666.25	6535.10 ± 2649.12**	0.002†
BBS (Score)	40.18 ± 7.81	45.82 ± 7.60***	41.36 ± 6.04	45.36 ± 5.61***	0.036†
FRT (cm)	20.55 ± 5.65	25.73 ± 5.37***	22.18 ± 6.23	26.27 ± 6.37***	0.035†
10m WT (Sec)	21.07 ± 7.73	16.8 ± 6.57***	21.17 ± 9.30	18.92 ± 8.86**	0.041†

*** $p < 0.000$. ** $p < 0.001$. †Significant difference compared with CON group. VFAF: Visual Feed back ankle training and Ankle Fes; CON: Control group; COP: Center of pressure; LOS: Limited of stability; BBS: Berg balance scale; FRT: Functional reach test; 10m WT: 10m Walk Test.

2.5 중재훈련프로그램

2.5.1 시각되먹임 훈련 발목 관절 FES군

선행 연구를 바탕으로 VFAB군은 30분간 시각되먹임 발목관절훈련을 시행 후 30분간 기능적 전기 자극을 시행하였다[15,18].

시각되먹임 발목관절 훈련은 30분으로 구성하였고, 발목관절 전락운동 시 시각되먹임 중재방법으로 이동식 전신 거울을 이용하였으며, 대상자의 안전을 위하여 중재자가 근접한 거리를 유지하였다. 발목관절 훈련 프로그램은 안정한 판에 서서 하는 운동과 Aero-step 위에서 하는 운동으로 구성되었으며, 발목관절 훈련 프로그램은 Table 1과 같다.

기능적 전기 자극은 기능적 전기자극 치료기 Microstim (Medel GmbH, Germant, 2008)을 사용하였으며, 대상자는 바로 누운 자세에서 환측 앞정강근, 가쪽변집근, 뒤너다리근, 넓다리내갈래근에 FES 전극을 부착하였다. 적용 시 직각파형, 펄스 폭 400 μ s, 자극 주파수는 40 Hz로 고정, 자극강도는 근육의 정확한 움직임을 유도해 내기 위해 치료사의 관찰을 통해 총비골신경에 30 ~ 70 mA으로 조절하였다. 전기 자극 상승과 하강의 시간은 0.3 sec로 하고 전기자극으로 인한 근 수축 및 피로도를 최소화하기 위해 주어진 전기 자극은 대상자에게 안정 시 역치 이하로 적용하였다[23].

2.5.2 보존적 치료군

보존적 치료 훈련군은 8 주간, 주 5회, 1일 2회, 30분씩 마비측 하지에 일반적인 수동 및 능동 관절운동, 뺨침운동과 함께 신경발달 물리치료와 같은 신경생리학적 치료법을 적용하였다.

2.6 자료분석

본 연구의 변수에 대한 모든 통계적 분석은 소프트웨어 프로그램 PASW Statistics 21.0을 사용하였다. 참여 대상자의 일반적 특성 중 마비 측, 성별, 뇌졸중 유형은 카이제곱 검정을 나이, 두 집단의 훈련 이전의 중속변수의 동질성은 독립표본 t-검정을 통해 검정하였다. 집단 내 중재 전·후의 차이는 대응표본 t-검정을 시행하였으며, 집단 간 변화량의 차이를 비교하기 위해서 독립표본 t-검정으로 분석하였다. 모든 통계학적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다.

3. 연구결과

3.1 균형능력 및 보행능력의 변화

균형능력 및 보행능력의 변화는 Table 3와 같이 VFAB과 CON군에서 중재 후 군내 유의한 차이가 나타났다($P < .05$). 군간 차이에서도 VFAB군에서 유의한 향상이 나타났다($P > .05$)(Table 3 참고).

4. 논의

본 연구는 시각되먹임 훈련과 발목관절 기능적 전기자극을 병행한 군(11명)과 보존적 치료군(11명)의 중재를 통해 만성 뇌졸중 환자의 균형능력과 보행능력에 미치는 영향을 알아보았다. 본 연구의 주요결과는 다음과 같다. 두 군 모두 군내의 증진이 있었으며 군간 비교에서는 VFAB군에서 통계학적으로 더 유의한 향상이 있었다.

시각되먹임과 FES에 대한 이전연구와 비교해보면 krishnan 등(2013)의 연구에서는 만성 뇌졸중 환자에게 전신 거울 앞에서 로봇 보행 훈련을 시행 후 TUG 변수가 향상되었음을 보고하여[24], 본 연구의 시각 되먹임 중재의 효과와 일치하였으며, Kim 등(2015)은 발목관절운동과 FES자극이 뇌졸중 환자의 균형에 유의한 증진이 나타났다고 하여[18], 본 연구와 FES 부착 부위는 상이하지만 하지 FES자극에 대한 효과를 보고하였다. 또한 Kim (2018) 등의 연구에서 거울치료와 FES를 통해 뇌졸중 환자의 균형능력과 보행능력이 증가하였다고 보고하여[15], 거울의 시각 자극 및 FES의 효과가 본 연구와 일치하였다. Park(2017) 등의 연구에서는 균형훈련과 테이핑을 통해 뇌졸중 환자의 균형이 향상을 나타내었다고 하였다[25]. 또한 불안정 판의 균형 훈련이 여성 대학생의 균형에 미치는 영향에서 균형능력의 향상으로 본 연구의 결과와 일치하였으나[26], Kim (2018)은 균형에 가상현실 사이버 멀미의 영향을 알아본 결과 COP변화량에서 유의하지 않은 결과가 나타났다고 보고하였다[27]. 본 연구에서도 시각되먹임 훈련과 발목관절 기능적 전기자극을 병행한 후 균형능력의 변화에서 두 군 모두 증진이 있었으며, VFAB군에서 더 유의한 향상이 나타났다. 뇌졸중 환자의 재활 접근에서 새로운 기술에 대해 학습하기보다 손상 이전의 학습된 운동기술에 대한 재학습하는 것이라고 볼 수 있기 때문에 훈련 과정에서 거울신경원을 근거로 하는 모방 운동을 사용한다[28]. 고유 감

각, 시각, 청각 등 다양한 감각이 사전에 학습되어 있는 신경네트워크로 운동 저하를 증진시키기 위한 새로운 접근 방법이다. 인지적인 활동의 운동이나 심상을 통한 학습 훈련, 동작 관찰을 통한 학습 훈련 등 과제에 대한 집중과 신체 동작을 이해 시 뇌의 전운동영역과 하두정엽의 피질 흥분성이 증가로 운동학습에 관여 한다는 근거들이 보고되고 있으며[29], 본 연구의 결과 역시 이러한 원인으로 나타났을 것으로 생각된다.

본 연구에서의 보행능력의 변화는 두 군 모두 군내에서 유의한 증가를 보였고, 구간 비교에서는 VFAG군에서 더 유의한 증진을 보였다. 이는 전신 거울을 통해 트레드밀 보행 훈련을 받은 실험군이 전신 거울이 없는 트레드밀 보행 훈련을 한 대조군보다 보행 속도에서 시간 및 거리 변수의 개선을 나타냈다고 한 연구와[30], 전신 거울 앞에서 로봇 보행 훈련을 받은 후 보행 속도, 6분 보행이 향상되었음을 보고한 연구와 일치하였다[24]. 본 연구의 시각 피드백에 결과를 지지하며 Aizawa 등(1991)은 시각적 피드백은 치료가 뇌의 신경 가소성을 기반으로 하였고[31], 이러한 시각적 피드백이 마비와 경련의 발달에 영향이 깊은 영역인 대뇌 피질 안의 1차 운동 피질의 활동에 대하여 안정화 시키며, 신경 매개성을 촉진하여 결과적으로 운동명령 실행 및 기능을 회복시킨다고 하였다[32]. 그리고 거울을 통한 시각 피드백 훈련은 거울 시각 시스템을 자극함으로써 발병 이후 운동 장애를 줄이기 위해 새로운 시각 정보를 이용하는 치료법이다[33]. Lee 등(2017)의 연구는 만성 뇌졸중 환자에게 전기자극을 병행 하면서 거울치료 훈련을 시행하여 가짜 치료와 비교한 결과, 실험군에서 보행속도, 보폭, 활보장 등이 대조군보다 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다고 하여 본 연구의 결과를 지지하였다[34]. Hebbian synapse는 상위운동 신경원 및 하위운동 신경원의 연결 부분으로 결실 재 조직화, 척수수준의 역행성 신경 전도성 증가와 함께 기능적 전기치료의 효과를 받침 하는 활동 의존적 인 결실 재조직화의 요소이다[35,36].

본 연구의 제한점으로는 대상자의 일상생활을 완전히 통제 할 수 없어 일상생활이 대상자의 종속 변수에 영향이 나타날 수 있음을 배제 할 수 없었다. 선정기준을 통해 기준을 충족하는 대상자를 통해서 본 연구를 실시하였으므로 결과를 모든 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 일반화하여 해석하는 것은 제한이 있다는 것이다. 앞으로는 발목훈련에 다양화, 대상자의 전기자극에 순응 및 적응성, 다양한 균형과 보행 평가 도구를 고려하는 것과 같은 다양한 추가적 연구가 필요하다고 사료된다.

5. 결론 및 제언

본 연구는 만성 뇌졸중 환자의 균형능력과 보행능력에 미치는 효과를 알아보기 위해 선행 연구를 바탕으로 시각적 피드백 훈련 이후 기능적 전기자극을 실시하였다. 그 결과 만성 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 긍정적 영향이 있음을 확인하였다. 만성 뇌졸중 환자에게 균형능력과 보행능력의 회복은 일상생활에서 매우 중요한 요소이다. 그러나 실제 임상에서 균형능력과 보행능력에 대하여 회복하는 것은 많은 장애가 있는 실정이다. 본 연구는 뇌졸중 환자에게 시각적 피드백 훈련 이후 기능적 전기자극을 실시하는 방법이 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력에 효과적이다. 또한 만성 뇌졸중 환자의 균형 및 보행 능력의 향상을 위한 증재 방법을 제시함으로써 오랜 시간의 치료가 요구되는 뇌졸중 환자 증재 방법에 의의가 있다.

이에 본 연구의 결과를 토대로 다음의 후속연구를 제안하는 바이다.

- 1) 만성 뇌졸중 환자에게 시각적 피드백 훈련 이후 기능적 전기자극이 균형 및 보행능력에 관련한 다양한 증재를 모색해야 할 것이다.
- 2) 시각적 피드백 훈련 이후 기능적 전기자극에 대한 증재 이후 지속적 효과를 입증하는데 연구가 필요하다.
- 3) 시각적 피드백 훈련 이후 기능적 전기자극의 증재 효과에서 균형 및 보행능력의 이외에 효과에 관한 연구가 필요하다.

REFERENCES

- [1] N. E. Mayo, S. Wood-Dauphinee, R. Côté, L. Durcan & J. Carlton. (2002). Activity, participation, and quality of life 6 months poststroke. *Archives Physical Medicine Rehabilitation*, 83(8), 1035-1042.
- [2] S. Y. Kim & I. H. Kim. (2018). Factors convergent influencing rehabilitation motivation among stroke patients. *Journal of Digital Convergence*, 15(9), 375-384.
- [3] S. G. Chung, E. VanRey, Z. Bai, E. J. Roth & L. Q. Zhang. (2004). Biomechanic changes in passive properties of hemiplegic ankles with spastic hypertonia. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, 85(10), 1638-1646.
- [4] D. H. Kim, J. Y. Ko & Y. K. Woo. (2013). Effects of dual task training with visual restriction and an unstable base on the balance and attention of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 25(12), 1579-1582. Doi : 10.1589/jpts.25.1579.

- [5] P. Lisiński, J. Huber, E. Gajewska & P. Szlapiński. (2012). The body balance training effect on improvement of motor functions in paretic extremities in patients after stroke. a randomized, single blinded trial. *Clinical Neurology Neurosurg*, 114(1), 31-36. Doi : 10.1016/j.clineuro.2011.09.002.
- [6] D. H. Kim & K. H. Kim. (2018). A Convergence study on the effects of functional electrical stimulation with mirror therapy on balance and gait ability in chronic stroke patients. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(10), 109-120.
- [7] A. Shumway-cook & M. H. Woolacott. (2006). *Motor control: Translating research into clinical practice* 3rd edition. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- [8] G. Yavuzer et al. (2008). Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(3), 393-398. Doi : 10.1016/j.apmr.2007.08.162.
- [9] H. O. Karnath. (1996). Optokinetic stimulation influences the disturbed perception of body orientation in spatial neglect. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 60(2), 217-220.
- [10] I. V. Bonan et al. (2004). Reliance on visual information after stroke. part II: Effectiveness of a balance rehabilitation program with visual cue deprivation after stroke: a randomized controlled trial. *Archives Physical Medicine Rehabilitation*, 85(2), 274-278.
- [11] M. Grace Gaerlan, P. T. Alpert, C. Cross, M. Louis & S. Kowalski. (2012). Postural balance in young adults: the role of visual, vestibular and somatosensory systems. *Journal of the American Academy of Nurse practitioners*, 24(6), 375-381. Doi : 10.1111/j.1745-7599.2012.00699.x.
- [12] P. Giroux & A. Sirigu. (2003). Illusory movements of the paralyzed limb restore motor cortex activity. *Neuroimage*, 20(suppl 1), 107-111.
- [13] S. W. Lee, K. J. Lee & C. H. Song. (2011). Effects of visual feedback-based balance training on balance in elderly fallers. *Journal of muscle and joint health*, 18(1), 16-27.
- [14] N. M. Kapadia et al. (2013). Functional electrical stimulation therapy for recovery of reaching and grasping in severe chronic pediatric stroke patient. *Journal of Child Neurology*, 29(4), 493-502. Doi : 10.1177/0883073813484088.
- [15] D. H. Kim & K. H. Kim. (2018). A Convergence Study on the effects of functional electrical stimulation with mirror therapy on balance and gait ability in chronic stroke patients. *Journal of Digital Convergence*, 9(10), 109-120.
- [16] J. Cauraugh, K. Light, S. Kim, M. Thigpen & A. Behrman. (2000). Chronic motor dysfunction after stroke: recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation. *Stroke*, 31(6), 1360-1364.
- [17] Y. Yang, Q. Zhao, Y. Zhang, Q. Wu, X. Jiang & G. Cheng. (2018). Effect of mirror therapy on recovery of stroke survivors: a systematic review and network Meta-analysis. *Neuroscience*, 390(15), 317. Doi : 10.1016/j.neuroscience.2018.06.044.
- [18] K. H. Kim, S. M. Lee, D. H. Kim & K. S. Kim. (2015). The Effects of ankle joint muscle strengthening and proprioceptive exercise programs accompanied by functional electrical stimulation on stroke patients' balance. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(9), 2971-975. Doi : 10.1589/jpts.27.2971.
- [19] M. L. Latash, S. S. Ferreira, S. A. Wieczorek & M. Duarte. (2003). Movement sway: changes in postural sway during voluntary shifts of the center of pressure. *Experimental brain research*, 150(3), 314-324.
- [20] K. O. Berg, S. L. Wood Dauphinee, J. I. Williams & B. Maki. (1992). Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Canadian Journal of Public Health*, 41(6), 304-311.
- [21] P. W. Duncan, D. K. Weiner, J. Chandler & S. Studenski. (1990). Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of gerontology*, 45(6), 192-197.
- [22] C. M. Dean, C. L. Richards & F. Malouin. (2000). Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Archives Physical Medicine Rehabilitation*, 81(4), 409-417.
- [23] R. K. Tong, M. F. Ng, L. S. Li & E. F. So. (2006). Gait training of patients after stroke using an electromechanical gait trainer combined with simultaneous functional electrical stimulation. *Physical Therapy*, 86(9), 1282-1294.
- [24] C. Krishnan, D. Kotsapouikis, Y. Y. Dhaher & W. Z. Rymer. (2013). Reducing robotic guidance during robot-assisted gait training improves gait function: a case report on a stroke survivor. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 94(6), 1202-1206.
- [25] S. J. Park, T. H. Kim, J. H. Go & P. S. Youn. (2017). The impact of convergence balance training and taping on spasticity and balance ability in patients with chronic stroke. *Journal of Digital Convergence*, 15(7), 297-306.
- [26] T. G. Nam & J. H. Lee. (2017). The effect of unstable plate on the ankle joint displacement and dynamic balance ability of female college students wearing high-heeled shoes. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(5), 31-38.
- [27] S. Y. Kim & I. Hong. Kim. (2018). Factors convergent Influencing rehabilitation motivation among stroke patients. *Journal of Digital Convergence*, 15(9), 375-384.
- [28] J. M. Kim, B. I. Yang & M. K. Lee. (2010). The effect of action observational physical training on manual

- dexterity in stroke patients. *Journal of Physical therapy korea*, 17(2), 17-24.
- [29] K. Zentgraf et al. (2005). Differential activation of pre-SMA and SMA proper during action observation: effects of instructions. *Neuroimage*, 1(26), 662-672.
- [30] Z. Pavare, I. Garuta, T. Ananjeva & A. Smolovs. (2015). Gait rehabilitation of post-stroke patients by treadmill gait training with visual feedback. *Gait and Posture*, 1(42), S69-S70.
- [31] H. Aizawa, M. Inase, H. Mushiake, K. Shima & J. Tanji. (1991). Reorganization of activity in the supplementary motor area associated with motor learning and functional recovery. *Experimental Brain Research*, 84(3), 668-671.
- [32] G. Bartur, H. Pratt, R. Dickstein, S. Frenkel-Toledo, A. Geva & N. Soroker. (2015). Electrophysiological manifestations of mirror visual feedback during manual movement. *Brain research*, 1606, 113-124.
Doi : 10.1016/j.brainres.2015.02.029.
- [33] H. Thieme, J. Mehrholz, M. Pohl, J. Behrens & C. Dohle. (2013). Mirror therapy for improving motor function after stroke. *Stroke*, 44(1), e1-2.
- [34] D. Lee, G. Lee & J. Jeong. (2016). Mirror therapy with neuromuscular electrical stimulation for improving motor function of stroke survivors: a pilot randomized clinical study. *Technology and health care*, 27(4), 503-511.
Doi : 10.3233/THC-161144.
- [35] J. Liepert, H. Bauder, W. H. Miltner, E. Taub & C. Weiller. (2000). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*, 31(6), 1210-1216.
- [36] C. K. Thomas, R. S. Johansson & B. Bigland-Ritchie. (2002). Incidence of F waves in single human thenar motor units. *Muscle Nerve*, 25(1), 77-82.

김 동 훈(Dong-Hoon Kim)

[정회원]



- 2015년 3월 ~ 현재 : 삼육대학교 물리치료전공 박사과정
- 2019년 9월 ~ 현재 : 김천대학교 물리치료학과 교수
- 관심분야 : 신경계 운동치료, 재활치료
- E-Mail : roopi00yo@naver.com

김 경 훈(Kyung-Hun Kim)

[정회원]



- 2017년 8월 : 삼육대학교 물리치료전공 (이학박사)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 김천대학교 물리치료학과 교수
- 관심분야 : 신경계 운동치료, 운동조절, 정형계물리치료
- E-Mail : huni040@naver.com