

동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극치료가 뇌졸중환자의 균형과 보행에 미치는 영향

강권영[†] · 김태윤

원광보건대학교 물리치료과

Effects of A Combined Functional Electrical Stimulation with Action Observation Training for Balance and Gait Performance in Stroke Patients

Kwon-Young Kang, PT, PhD[†] · Tae-Yoon Kim, PT, PhD

Dept. of Physical Therapy, Wonkwang Health Science University

Received: April 6, 2016 / Revised: April 19, 2016 / Accepted: May 11, 2016

© 2016 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study is to evaluate the functional effects of action observation plus functional electrical stimulation (FES) treatment on the weight distribution indexes (heel and toe; right and left), stability indexes, gait velocities, and stride lengths of stroke patients.

METHODS: The subjects, who were all more than six months post stroke, were randomly divided into two groups of ten each: an experimental group and a control group. TETRAX (Tetraz Interactive Balance System) and GAITRite (GAITRite™ computerized gait analysis system) were measured at baseline, six weeks after treatment. Participants in both the groups received functional electrical stimulation treatment, but the experimental group was provided with additional action observation. Independent t-tests were used

to compare the differences between the groups, and repeated measured two-way ANOVA was used to compare the interaction between the groups.

RESULTS: The result of the interactions between the groups and the periods showed significant increases in the weight distribution indexes (heel and toe; right and left), stability indexes, gait velocities and stride lengths ($p < 0.05$). However, a comparison between the groups showed no significance in the weight distribution indexes (heel and toe), stability indexes, and stride lengths ($p > 0.05$).

CONCLUSION: Action observation plus functional electrical stimulation treatment should be considered as a therapeutic method for physical therapy for stroke patients to improve the weight distribution indexes, stability indexes, gait velocities, and stride lengths.

Key Words: Action observation, Balance, Gait, Stroke

[†]Corresponding Author : k2y@wu.ac.kr

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

뇌졸중환자들은 앉거나 서는 능력, 균형이 무너졌을 때 회복하는 능력, 그리고 스스로 기능적인 움직임을 할 때 안전하게 균형을 유지하는 능력에 장애가 있으며 (Di fabio와 Badke, 1990), 보행형태는 에너지 소모가 많고, 속도를 느리게 할 뿐만 아니라, 경직을 증가시키기도 한다(Burrige 등, 1997).

이러한 이유로 뇌졸중환자의 균형과 보행에 관한 재활프로그램 중 기능적 전기자극치료는 뇌졸중환자에게 처방되며, 치료기기의 발달로 근력강화와 근 재교육으로 보행의 향상을 가져왔다(Aoyagi와 Tsubahara, 2004). 이것은 반복적인 근 수축을 통한 근력의 향상이 신경학적 회복을 촉진시킨 것으로 나타났으며, 운동기술을 습득하는 대뇌겉질을 재구성하여 뇌 가역성의 향상을 보였다(Yan 등, 2005), 신경학적 기능회복으로 근력과 감각 및 균형조절의 개선으로 보행 효율성의 향상을 보였다(Yang 등, 2009). 뇌 가역성은 구조적, 기능적 변화를 통해 재구성 되는 것으로 습관과 학습 그리고 기억이 포함되며, 이것은 능동적인 근 수축에 반응을 한다(Kim, 2011).

그러나 현재 임상에서 일반적으로 사용되는 기능적 전기자극치료의 방법은 제한된 공간인 휠체어에서 수동적이고 반복적인 움직임만이 일어나기 때문에 환자들의 집중력이 떨어지는 모습을 자주 볼 수 있으며, 집중력의 저하는 동기부여와 물리치료에 대한 환자의 참여도가 제약으로 실질적인 대뇌겉질의 자극을 기대하기 어려운 면이 있다. 또한, 뇌졸중환자의 기능향상 요소는 환자의 능동적 참여를 통한 운동프로그램이 기능적 수행동작의 효율성을 높일 수 있다는 연구보고가 있다(Yoon 등, 2005). 현재 임상에서 적용되는 기능적 전기자극치료의 보완방법으로 다양한 감각자극과 능동적 근 수축을 유도하기 위한 방법적 개선이 필요 할 것으로 생각된다.

뇌 가역성의 향상은 다양한 감각자극과 반복적이고 집중적인 학습을 통해 이루어지는 것으로 이러한 방법 중 하나가 거울신경시스템에 근거한 동작관찰 신체훈련이다. 동작관찰 신체훈련은 동작을 관찰하고 관찰한

동작을 반복하는 방법이다(Lee와 Kim, 2011). 거울신경시스템은 움직임을 실제로 하거나 관찰할 때도 대뇌 겉질을 활성화 시킨다(Rizzolatti 등, 1996). 다양한 운동 프로그램은 손상 받은 뇌의 자극으로 마비된 사지에 적용되고 동작관찰 신체훈련 역시 동작 수행 시 활성화되는 뇌 영역을 자극하여 손상된 뇌 영역의 재조직화에 도움이 될 수 있다(Jackson 등, 2001). 또한 동작관찰 신체훈련은 시각적 관찰과 목적 있는 움직임 그리고 운동상상의 과정을 모두 포함하는 광범위한 신경네트워크가 포함된다(buccino 등, 2006). 따라서 뇌졸중환자의 소실된 신경학적 기능을 회복시킬 수 있는 기능적 전기자극치료의 효과를 극대화하기 위해서 다양한 감각적 자극과 이전에 학습되어 있던 운동기능을 회복시키기 위해 동작관찰 신체훈련을 병행하는 것이 더욱 효과적일 것으로 생각되며, 궁극적으로 뇌의 가역성을 변화시킬 수 있는 새로운 방법으로 시도 될 수 있을 것이다. 현재 일반인과 운동선수들을 대상으로 동작관찰 신체훈련의 연구가 시도 되었으며 (Atienza 등, 1998; Roure 등, 1999), 결과적으로 주목할 만한 성과를 보이고 있으나 다양한 연구를 통해 일반화의 필요성이 있다고 생각된다.

따라서 이 연구에서는 기능적 전기자극치료의 효과를 극대화하기 위해 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극치료가 뇌졸중환자의 균형과 보행에 미치는 효과를 알아보려고 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

이 연구의 대상은 C 대학병원에서 뇌 손상으로 진단 받고 2015년 1월부터 2015년 3월까지 입원중인 뇌졸중환자 20명을 선정하였으며, 신뢰할 수 있는 통계학적 유의성을 얻기 위해 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극 군 10명과 기능적 전기자극 군 10명으로 무선 할당하였다. 연구대상자의 선정조건은 발병기간으로부터 6개월이 넘고 24개월 이하인 뇌졸중환자로 도수근력검사(MMT)에서 불가(Trace)이상 양(Fair)이

Table 1. Differences of general characteristics between two groups

		Experimental group (n=10)	Control group (n=10)	p
Age (year)		69.80±2.22 ^a	68.77±2.96	0.86
Gender	male	6	5	0.94
	female	4	5	0.94
Height (cm)		164.22±5.18	162.50±7.34	0.11
Weight (kg)		70.11±2.61	68.90±4.77	0.76
Onset duration (month)		19.30±2.10	21.10±3.93	0.84
MMSE-K (score)		25.18±2.58	25.93±1.17	0.29
Affected side	Rt.	5	6	0.88
	Lt.	5	4	0.88

^a mean±SD

하이며, Modified Ashworth 척도(MAS) 값이 0~2단계의 경직을 보이는 자(Yang 등, 2009), 의사소통이 가능한 자로 한국형간이정신상태검사(MMSE-K)에서 24점 이상을 받은 자(Tombaugh와 McIntyre, 1992), 보조장비 없이 15 m 이상 보행이 가능한 자로 선정하였다(Table 1).

2. 실험절차

이 연구는 실제 실험에 들어가기 전 대상자들에게 균형과 보행에 대한 관계를 설명하고, 실험목적과 방법에 대해 환자와 보호자의 동의를 받았다. 대상자 모두 입원환자로 일반적인 물리치료 처방인 중추신경계 발달치료, 보행훈련 및 기능적 전기자극치료를 받는 자이다. 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극 군은 Han (2012)의 연구를 참고하여 기능적 전기자극치료를 받는 15분 동안 독립된 공간에서 운동 멀미감(motion sickness)과 사이버씨크니스(cyber sickness)를 고려하여 편안히 앉은 자세에서 눈높이와 평행하게 보행훈련 동영상 시청하게 하였고(Joseph, 2000), 기능적 전기자극 군은 동영상 시청 없이 흰색 화면만 보면서 기능적 전기자극치료를 15분 간 시행한 후, 실제 보행훈련으로 두군 모두 평지보행, 경사로보행 및 계단보행훈련을 20분 간 동일한 치료사에 의해 실시하였다.

기능적 전기자극치료기는 Microstim (Microstim, MedelGBH, Germany)을 이용하여 활동전극은 깊은 종아리신경을 선택적으로 자극 할 수 있도록 부착하였고,

기준 전극은 앞정강근에 배치시켜 깊은 종아리신경의 신경지배를 받는 발목관절 및 발가락의 근육들이 선택적으로 자극되도록 하였다. 전기자극에 대한 근육의 가시적 수축이 유발되는 환자가 견딜 수 있는 강도로 적용하였고, 자극조건으로 파형은 대칭 이상파로 펄스 폭 150 μ s, 주파수 25 Hz로 하였다(Lindquist 등, 2007; Yang 등, 2009).

보행훈련 동영상은 일반적인 속도로 걷는 모습을 정중앙 앞쪽과 뒤쪽, 오른쪽과 왼쪽에서 카메라의 줌 기능(zooming)을 사용하여 줌 인(zoom in)과 줌 아웃(zoom out)으로 발목관절의 움직임을 부각시켜 촬영하였고, 수평을 유지하고 회전을 제어할 수 있도록 삼각대 헤드의 틸트 조절레버를 이용해 위와 아래로 움직이지 않도록 고정하였다. 동영상에 나오는 보행자는 시각적 혼란을 최소화 할 수 있는 단색의 반바지를 입은 성인으로 의식적인 움직임을 제한하기 위해 반복하여 촬영하였으며, 자세히 관찰하기 위해 편집과정에서 각각의 촬영 방향에서 1.5배 저속을 첨가하였다. 촬영내용은 평지보행, 경사로보행 및 계단보행으로 각각 구성하였다. 실험 전 보조진행자에게 진행과정을 설명하였고 동영상을 시청하는 동안 집중하기 위해 제한된 공간을 제공하면서 보조진행자가 지속적으로 모니터링을 하며 주의를 주었다. 중재기간은 6주 간 주 5회에 걸쳐 훈련을 실시하고 기능평가는 TETRAX와 GAITRite를 이용하여 실험 전 측정을 실시하고 훈련 종료 후 동일한

방법으로 균형기능인 체중지지도와 안정성지수를 측정하고 보행기능인 보행속도와 걸음거리를 측정하였다. 연구자에 의한 오염변인을 최소화 위해 실험대상자의 치료와 측정은 각기 다른 연구자에 의해서 실험기간 동안 실시되었다.

3. 실험도구

1) TETRAX

체중지지도와 안정성지수를 알아보기 위해 균형 진단과 바이오 피드백 훈련 시스템인 TETRAX (TETRAX, Sunlight Inc., ISRAEL)를 사용 하였다. 넓이 83 cm, 폭 69 cm, 높이 105 cm인 플랫폼으로 체중지지도는 오른발 앞쪽과 뒤쪽, 왼발 앞쪽과 뒤쪽에 각각 4개의 힘 판에 실린 체중을 의미하며 한 개의 힘 판에 체중의 25%가 실리면 체중을 잘 분포시킨 것이라는 개념으로 계산한 것이며 이 연구에서의 전·후, 좌·우는 발바닥 앞쪽과 뒤꿈치, 오른발과 왼발을 의미하여 각각 50%에 가까울수록 향상된 값을 가진다. 안정성지수는 자세의 흔들림을 측정하는 것으로 흔들림의 영역, 길이, 속도와 중력 중심의 이동 양상을 포괄적으로 측정하여 환자의 전체적 안정성을 나타내며, 점수가 적을 수록 향상된 값을 가진다.

2) GAITRite

보행속도와 걸음거리를 알아보기 위해 보행특성을 측정 할 수 있는 GAITRite (GAITRite, CIR system Inc., USA)를 이용하여 측정하였다. 보행분석기의 구성은 길이 5 m, 폭 61 cm, 높이 0.6 cm인 보행 판으로 16128개의 센서가 1.27cm 마다 수직으로 배열되어 시·공간적 변수에 대한 정보를 제공하여 보행속도, 분속 수, 보행 주기의 시간적 특성과 걸음거리의 공간적 특성을 수집

할 수 있다. 이 연구에서는 보행 판에서 정확한 결과 값을 얻기 위해 3 m 전방에서 보행의 시작을 지시하여 가장 편안한 속도로 보행 판을 걷게 하고 보행 판을 지나 3m 되는 지점을 표시하여 정지 하도록 하여 가속과 감속 구간을 설정하였다. 측정하는데 의식하지 않도록 측정 전 연습 후 3회 반복 측정하여 그 평균 값을 사용하였다.

4. 분석방법

이 연구의 자료는 Window용 SPSS (ver. 18.0) 통계프로그램을 사용하여 대상자들의 일반적 특성은 빈도분석을 사용하였다. Shapiro-wilk 검정방법을 통해 변수들의 정규성 검정을 하였고, 정규분포가정을 모두 만족하여 모수 검정을 실시하였다. 체중지지도와 안정성지수 및 보행속도와 걸음거리의 상호작용을 알아보기 위하여 반복측정 분산분석을 이용하였다. 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 검정하였다.

III. 연구 결과

1. 균형기능의 전·후 변화

1) 좌·우 체중지지 비교

실험 전·후 비교에서 기능적 전기자극 군은 약간의 감소를 보였고, 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극 군에서 크게 증가를 보여 두 군 간 변화량은 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 중재방법에 따른 결과 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석을 실시한 결과 기간과 그룹 간의 상호작용 효과가 있었다($p<0.05$) (Table 2, Table 3).

Table 2. Comparison of difference weight distribution(right·left) in both groups (%)

group	pre	post
Experimental group	35.18±8.75 [§]	43.85±3.77
Control group	34.52±4.03	34.20±3.23
t(p)		20.23(0.00*)

[§]mean±SD, * $p<0.05$

Table 3. Comparison of change in weight distribution(right · left) between the groups

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Time	153.55	1	153.55	8.03	0.01*
Group	303.88	1	303.88	6.69	0.02*
Time * Group	179.73	1	179.73	7.19	0.02*
Error	344.39	18	19.13		

*p<0.05

2) 전 · 후 체중지지 비교

실험 전 · 후 비교에서 기능적 전기자극 군 보다 동작 관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극 군에서 크게 증가를 보여 두 군 간 변화량은 유의한 차이가 있었고 (p<0.05), 중재방법에 따른 결과 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석을 실시한 결과 기간과 그룹 간 상호 작용 효과도 있었다(p<0.05)(Table 4, Table 5).

3) 안정성지수 비교

실험 전 · 후 비교에서 기능적 전기자극 군 보다 동작 관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극 군에서 크게 감소를 보여 두 군 간 변화량은 유의한 차이가 있었고 (p<0.05), 중재방법에 따른 결과 차이를 알아보기 위해

반복측정 분산분석을 실시한 결과 기간과 그룹 간 상호 작용 효과도 있었다(p<0.05)(Table 6, Table 7).

2. 보행기능의 전 · 후 변화

1) 보행속도 비교

실험 전 · 후 비교에서 기능적 전기자극 군과 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극 군 모두에서 증가를 보여 두 군 간 변화량은 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05), 그러나, 중재방법에 따른 결과 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석을 실시한 결과 기간과 그룹 간 상호작용 효과는 있었다(p<0.05)(Table 8, Table 9).

Table 4. Comparison of difference weight distribution(heel · toe) in both groups (%)

group	pre	post
Experimental group	41.30±5.85 [§]	45.63±3.58
Control group	42.04±8.34	42.20±10.16
t (p)		10.70 (0.00*)

[§]mean±SD, *p<0.05

Table 5. Comparison of change in weight distribution(heel · toe) between the groups

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Time	276.31	1	276.31	17.69	0.00*
Group	4.88	1	4.88	0.05	0.82
Time * Group	260.25	1	260.25	16.66	0.00*
Error	281.18	18	15.62		

*p<0.05

Table 6. Comparison of difference stability index in both groups (%)

group	pre	post
Experimental group	11.61±6.12 [§]	7.45±5.48
Control group	10.84±2.04	10.82±1.89
t (p)		-10.98 (0.00*)

[§]mean±SD, *p<0.05

Table 7. Comparison of change in stability index between the groups

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Time	59.59	1	59.59	5.27	0.03*
Group	1.59	1	1.59	0.06	0.81
Time * Group	58.71	1	58.71	5.20	0.04*
Error	203.38	18	11.30		

*p<0.05

Table 8. Comparison of difference gait velocity in both groups (m/s)

group	pre	post
Experimental group	0.38 ± 0.01 [§]	0.59 ± 0.02
Control group	0.38 ± 0.05	0.41 ± 0.01
t (p)		0.49 (0.63)

[§]mean±SD

Table 9. Comparison of change in gait velocity between the groups

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Time	0.11	1	0.11	144.00	0.00*
Group	0.08	1	0.08	82.38	0.00*
Time * Group	0.08	1	0.08	81.00	0.00*
Error	0.02	18	0.00		

*p<0.05

2) 걸음거리 비교

실험 전 · 후 비교에서 기능적 전기자극 군과 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극 군 모두에서 증가를 보여 두 군 간 변화량은 유의한 차이를 보이지

않았다(p>0.05), 그러나, 중재방법에 따른 결과 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석을 실시한 결과 시간과 그룹 간 상호작용 효과는 있었다(p<0.05)(Table 10, Table 11).

Table 10. Comparison of difference stride length in both groups (m)

group	pre	post
Experimental group	0.91 ± 0.12 [§]	0.98 ± 0.12
Control group	0.93 ± 0.15	0.94 ± 0.12
t (p)		0.15 (0.88)

[§]mean±SD

Table 11. Comparison of change in stride length between the groups

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	p
Time	0.03	1	0.01	14.05	0.00*
Group	0.03	1	0.03	1.05	0.32
Time * Group	0.01	1	0.01	5.38	0.01*
Error	0.04	18	0.01		

*p<0.05

IV. 고 찰

기능적 전기자극치료는 신경전달물질의 활성화와 척수내 억제성 기전의 활성화로 경직의 개선효과에 도움이 되고(Davis 등, 2008), 무릎관절과 발목관절의 근력증가와 신경학적 기능회복으로 근력, 감각, 균형 등이 개선되어 이차적으로 보행의 향상이 나타난다(Yang 등, 2009). 기능적 전기자극치료는 종아리신경에 적용함으로써 발등쪽 굽힘과 안쪽 번짐을 개선시켜준다(Popovic와 keller, 2005)는 연구를 바탕으로 이 연구에서도 발등쪽 굽힘근을 자극하기 위해 앞정강근에 전극을 배치시켰다. 뇌졸중환자에게는 감각저하가 일어나고 이로 인한 체중지지의 균형이 떨어지게 된다. 결국 체중지지가 저하된 뇌졸중환자는 안정성과 보행속도에 영향을 미친다(Nichols, 1997). 이 연구의 결과 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극치료는 감각적 요소와 운동학습에 작용하여 뇌졸중환자의 정적 균형능력인 전·후 체중지지와 좌·우 체중지지에 영향을 미쳤고, 동적 균형능력인 안정성을 향상시켜 결과적으로 체중심의 연속적인 움직임인 보행속도와 걸음거리를 증가시켰다고 할 수 있겠다.

현재 임상에서 사용하는 수동적인 기능적 전기자극

치료는 운동학습의 효과를 입증하기에 어려움이 있었다. 또한 만성 뇌졸중환자의 경직 유발 시 경직 감소의 치료적 중재로 기능적 전기자극치료와 일반적인 운동 치료를 비교한 연구는 미흡하고, 전기자극에 의한 근육의 수축뿐만 아니라 대항근의 억제를 유발하여 수의적 수축을 방해한다는 보고도 있다(Cho, 2011). 또한 기능적 전기자극치료와 병행한 운동치료는 경직 정도가 점차 감소하다가 다시 증가하는 양상이 관찰되며 관절가동범위 또한 같은 양상을 보였다고 하여 기능적 전기자극치료의 효과 기전은 논의의 대상으로 남아있다고 하였다(Cho, 2011). 하지 대퇴부의 최대비의 변화율 평가에서도 큰 차이가 없었으며, 대퇴돌레의 증가가 일부 환자에게만 나타나거나(Bremner 등, 1992) 나타나지 않았다는 연구도 있다(Jin 등, 1995). 이를 보완해 줄 수 있는 능동적 프로그램이나 새로운 치료방법의 필요성이 대두되고 있는 상황에서 이러한 제한점을 해결할 수 있는 치료방법으로 운동학습이 되지 않았거나 잊어버렸어도 지속적인 관찰을 통해 동작을 모방할 수 있도록 하는 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극치료의 효과를 입증하고자 하였다. 동작관찰 신체훈련은 대뇌결절의 운동영역을 자극함으로써 정적 균형과 동적 균형에 모두 유의한 향상을 보였다(Lee와 Lee,

2010). 이 연구에서도 체중지지와 안정성의 향상으로 정적 균형과 보행속도와 걸음거리의 향상으로 동적 균형에 영향을 미쳤다. 또한, Choi와 Park(2009)의 연구에서도 실제훈련과 운동심상을 병행한 집단이 균형능력과 기능적 활동개선에 효과를 보였고, 동작관찰 신체훈련은 운동시스템을 동원시켜(Jenannerod, 2001) 뇌졸중환자의 기능향상(kang, 2013)과 운동기능 회복에 도움을 줄 수 있다고 하였다(Lotze와 Cohen, 2006).

이와 같은 이론적 기반을 바탕으로 뇌의 가역성에 변화를 줄 수 있는 기능적 전기자극치료의 반복적인 움직임은 운동학습으로 접근되고, 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극치료는 다양한 감각자극과 함께 능동적 움직임을 유발시켜 대뇌결절의 자극을 강화시켜 기능적 훈련의 반복효과를 극대화 시킨 것으로 볼 수 있다. 상상훈련을 통한 운동학습은 fMRI나 경두개 자기자극 실험을 통해 효과가 입증되었다(Ziemann, 2004; Olsson 등, 2008). 그러나 뇌졸중환자가 정상인에 비해 대뇌결절의 활성화가 덜 이루어지며(Park 등, 2009), 특정한 뇌 영역의 손상은 운동능력뿐만 아니라 심상능력까지 감소시킨다(Johnson, 2000). 뇌 손상으로 인한 인지적 문제는 수동적 관찰은 가능하나 관찰을 통한 이미지 재생으로 뇌의 활성화를 유발 시키지 못하며, 심상훈련이 제대로 수행되었는지에 대한 정확한 평가가 어렵다는(Dijkerman 등, 2004) 연구결과도 찾아볼 수 있었다. 그래서 이 연구에서는 인지검사를 통해 대상자를 선정하였고, 제한된 공간에서 보조 진행자에 의해 지속적인 모니터링과 주의를 통해 최대한 집중할 수 있는 상황을 유도하였다.

이 연구의 제한점은 성별에 따라 같은 행위를 관찰할 때 감정과 이해의 정도가 달라서 뇌 활성화에 차이를 보인다고 하였으나(Lee 등, 2010) 이를 구분하지 못한 아쉬움이 있었고, 직접적인 거울신경의 활성을 규명하지 못하고 간접 규명만으로 이루어져 있어 이후 연구에서는 이 연구의 제한점을 충분히 고려한 연구가 필요할 것이다.

실제로 동작실행을 연습하기 전 다양한 시청각 자료를 이용한 운동프로그램이 개발된다면 선행학습과 개별학습인 홈 프로그램으로 이어질 수 있을 것으로 생각

되며, 또한 치료실에서 시간적인 제약을 최소화 할 수 있어 치료의 극대화를 이룰 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결론

이 연구는 뇌졸중환자의 전·후 체중지지와 좌·우 체중지지, 안정성지수, 보행속도와 걸음거리의 증가를 위해 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극치료를 적용하여 뇌졸중환자의 기능향상을 위한 보다 효과적인 운동방법을 제시하고자 하였다. 동작관찰 신체훈련은 일반적인 기능적 전기자극치료의 효과인 기능적 훈련의 반복효과를 위해 능동적이고 반복적인 운동학습으로 근력의 향상과 함께 목적 있는 움직임을 관찰하고 상상하여 다양한 감각자극으로 대뇌결절에 영향을 미쳐 뇌의 가역성에 변화를 줄 수 있었다는 결과를 얻었다.

결론적으로 뇌졸중환자의 전·후 체중지지와 좌·우 체중지지, 안정성지수, 보행속도와 걸음거리의 향상을 위해 동작관찰 신체훈련을 병행한 기능적 전기자극치료가 기간과 그룹 간 상호작용에 보다 효과적인 것으로 나타났다($p < 0.05$). 앞으로는 더욱 다양한 동작을 학습할 수 있는 동작관찰 신체훈련실을 개발하여 신경계환자의 균형과 보행뿐만 아닌 다양한 기능향상을 위한 동작관찰 신체훈련의 시도가 지속되어야 할 것으로 생각된다.

Acknowledgements

이 논문은 2016년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행됨.

References

- Aoyagi Y, Tsubahara A. Therapeutic orthosis and electrical stimulation for upper extremity hemiplegia after stroke: a review of effectiveness based on evidence.

- Top Stroke Rehabil. 2004;11(3):9-15.
- Atienza FL, Balaguer I, Garcia-Merita ML. Video modeling and imaging training on performance of tennis service of 9-to 12-year-old children. *Percept Mot Skills*. 1998;87(2):519-29.
- Bremner LA, Sloan KE, Day RE, et al. A clinical exercise system for paraplegics using functional electrical stimulation. *Paraplegia*. 1992;30(9):647-55.
- Buccino G, Solodkin A, Small SL. Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cogn Behav Neurol*. 2006;19(1):55-63.
- Burrige J, Taylor P, Hagan S, et al. Experience of clinical use of the Odstock dropped foot stimulator. *Artif Organs*. 1997;21(3):254-60.
- Cho MS. The Effect on Ankle Joint Movement by FES Application on Tibialis Anterior Muscle in Chronic Stroke Patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2011; 6(3):277-86.
- Choi JH, Park SH. The Effect of Weight Shifting and Motor Imagery Training on the Ability of Weight Shifting Task and Functional Activity in Stroke Patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*. 2009;48(4):169-82.
- Davis GM, Hamzaid NA, Fornusek C. Cardiorespiratory, metabolic, and biomechanical responses during functional electrical stimulation leg exercise: health and fitness benefits. *Artif Organs*. 2008;32(8):625-9.
- Di Fabio RP, Badke MB. Relationships of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia. *Phys Ther*. 1990;70(9):542-8.
- Dijkerman HC, Ietswaart M, Johnston M, et al. Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study. *Clin Rehabil*. 2004; 18(5):538-49.
- Han KJ. The Effect of 3D Image Action Observation on the Mirror Neuron Activity of Normal Subjects and People with Chronic Stroke. Doctor's Degree. Seonam University. 2012.
- Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F, et al. Potential role of mental practice using motor imagery in neurologic rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2001;82(8): 1133-41.
- Jenannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage*. 2001; 14(1):103-9.
- Jin MR, Park CI, Park ES. Changes of muscle strength after functional electrical stimulation in complete paraplegia. *J Korean Acad Rehab Med* 1995;19(3):620-8.
- Johnson SH. Imagining the impossible: intact motor representations in hemiplegics. *Neuroreport*. 2000;11(4):729-32.
- Joseph J. A Discussion of Cybersickness in Virtual Environments SIGCHI Bulletin. 2000;32(1):47-56.
- Kang KY. Effects of Observed Action Gait Training on Spatio-temporal Parameter and Motivation of Rehabilitation in Stroke Patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2013;8(3):351-60.
- Kim JM. *Neuroanatomy & neurophysiology* (4THed). Seoul. Jdmpub. 2011.
- Lee GC, Lee SM. Effects of Motor Imagery Training on Balance Ability in Poststroke. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*. 2010;49(1):113-31.
- Lee MG, Kim JM. The Effect of Action Observational Training on Arm Function in People With Stroke. *Phys Ther Korea*. 2011;18(2):27-34.
- Lee SY, Lee MH, Bae SS, et al. The effects of action observation and motor imagery of serial reaction time task(SRTT) in mirror neuron activation. *J Korean Soc Phys Med*. 2010;5(3):398-404.
- 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.
- Lotze M, Cohen LG. Volition and imagery in neurorehabilitation. *Cogn Behav Neurol*. 2006;19(3): 135-40.
- Nichols DS. Balance retraining after stroke using force platform biofeedback. *Phys Ther*. 1997;77(5):553-8.

- Olsson CJ, Jonsson B, Nyberg L. Learning by Doing and Learning by Thinking: An fMRI Study of Combining Motor and Mental Training. *Front Hum Neurosci.* 2008;2(5):1-7.
- Park SH, Lee SM, Kim SB. The Influence of Motor Cortical Excitability on Visual Illusion Using Mirror, Motor Imagery and Action Observation. *Korean Society of Sport Psychology.* 2009;20(3):211-22.
- Popovic MR, Keller T. Modular transcutaneous functional electrical stimulation system. *Med Eng Phy.* 2005; 27(1):81-92.
- Rizzolatti G, Fadiga L, Gallese V, et al. Premotor cortex and the recognition of motor actions. *Brain Res Cogn Brain Res.* 1996;3(2):131-41.
- Roure R, Collet C, Deschaumes-Molinario C, et al. Imagery quality estimated by autonomic response is correlated to sporting performance enhancement. *Physiol Behav.* 1999;66(1):63-72.
- Tombaugh TN, McIntyre NJ. The mini-mental state examination: a comprehensive review. *J Am Geriatr Soc.* 1992;40(9):922-35.
- Yan T, Hui-Chan CW, Li LS. Functional electrical stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke: a randomized placebo-controlled trial. *Stroke.* 2005; 36(1):80-5.
- Yang CY, Kim TJ, Lee JH, et al. The Effect of Functional Electrical Stimulation on the Motor Function of Lower Limb in Hemiplegic Patients. *Annals of Rehabilitation Medicine.* 2009;33(1):29-35.
- Yang YP, Kim JH, Han MR, et al. The Effect of Action Observation Training on Affected Side Upper Limb Dexterity in Stroke Patient: Single-subject research design. *J Korean Soc Phys Med.* 2012;7(1):111-8.
- Yoon JG, Kim MH, Yook DW. The Effects of Self-Controlled Learning on Balance in Hemiplegic. *Phys Ther Korea.* 2005;12(1):36-44.
- Ziemann U. TMS induced plasticity in human cortex. *Rev Neurosci.* 2004;15(4):253-66.