

기능적 전기자극치료를 동반한 양측 하지의 고유수용성 신경근 촉진운동이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 미치는 영향

김상모 · 김영민[†]

한국교통대학교 물리치료학과 일반대학원, ¹한국교통대학교 물리치료학과

Effect of Both Lower Extremities Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Training with Functional Electrical Stimulation on the Balance and Gait of Stroke Patient: A Randomized controlled trial

Sang-Mo Kim, PT · Young-Min Kim[†]

Department of Physical Therapy, Graduate School of Korea National University of Transportation

¹Department of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

Received: October 22, 2019 / Revised: October 28, 2019 / Accepted: December 9, 2019

© 2020 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the effects of both lower extremities proprioceptive neuromuscular facilitation training with functional electrical stimulation on the balance and gait of stroke patients.

METHODS: Ten patients with stroke were divided randomly into two groups of five patients each who met the selection criteria. The training was conducted five times a week, for 60 minutes. The experimental group received both lower extremities proprioceptive neuromuscular facilitation training with functional electrical stimulation while the control group received general physical therapy with functional electrical stimulation.

RESULTS: The timed Up-and-Go (TUG) test result was statistically significant after the intervention in the experimental group ($p<.041$). Berg Balance Scale (BBS) assessment was statistically significant after the intervention in the experimental group ($p<.047$) and between the experimental and control groups ($p<.012$). The cadence assessment was statistically significant after intervention in the experimental group ($p<.031$) and between the experimental and control groups ($p<.015$). The stride length assessment was not statistically significant after intervention in the experimental group and between the experimental and control groups. Gait velocity assessment was statistically significant after the intervention in the experimental group ($p<.031$) and between the experimental and control groups ($p<.015$).

CONCLUSION: Both lower extremities proprioceptive neuromuscular facilitation training with functional electrical stimulation had positive effects on the balance and gait of stroke patients.

[†]Corresponding Author : Young-Min Kim
ymkim@ut.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0003-1456-9946>

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.

Key Words: Proprioceptive neuromuscular facilitation training, Functional electrical stimulation, Balance, Gait, G-walk

I. 서 론

우리나라에서는 악성종양, 심장질환에 이어 뇌출혈 및 뇌경색에 의해 발생하는 뇌질환이 사망자 수 3위를 차지하고 있다[1]. 뇌졸중은 뇌의 혈관이 터지거나 막히면서 혈액 순환이 원활하지 못하여 발생하고 일상적인 생활의 장애를 유발하는 질병이다.[2,3]. 뇌졸중은 성인 사망의 주된 요인으로 세계보건기구는 전 세계적으로 6명 중 1명이 생애 주기 중 뇌졸중을 경험할 것이라고 하였고[4], 뇌졸중 발병 후 환자의 40%는 기능적인 손상이 남게 되고, 15~30%는 심각한 장애가 지속되며, 손상받은 위치에 따라 신체의 운동마비, 감각 손상, 언어 기능에서 장애가 나타나게 되는데[5] 뇌졸중 환자 중 대부분은 기본적인 일상생활을 수행하기 위한 능력을 제한시키는 감각 손상, 운동 손상, 인지 손상이 결합되어 큰 악영향을 가지고 있다[6]. 뇌졸중 환자의 주된 증상은 균형적이지 못한 근력과 신체의 무게 이동 능력의 저하로 자세 조절이 어려워 마비 측 하지 쪽으로 지지가 힘들고 넘어지기 쉬우며 균형감각 결여 등으로 인한 보행 장애를 가지고 있다[7]. 이에 뇌졸중 환자의 재활치료적인 접근방법은 남아있는 기능적인 부분을 향상시켜 삶의 질을 높이고 장애를 최소화 하는 것이다[8].

고유수용성감각(proprioceptive sensory)은 공간에서 자세의 인식, 운동감각, 위치감각, 중량감각, 근 수축 타이밍에 관여하며, 전정기관으로부터의 입력과 협조하여 균형을 유지하고, 근 긴장을 정상화하여 자세와 운동을 조절한다 [9,10]. 균형이란 정적 움직임과 동적 움직임 동안 기저면(Base Of Support, BOS) 위에 중력선 내에서 균형(Center Of Gravity, COG)을 조절하는 능력이며 이는, 중추신경계 그리고 역학적인 면에서 통합된 기전에 의해 발생하는 복합적인 과정이다[11].

걸기 능력을 증가시키기 위해 많이 쓰이는 치료인 기능적 전기자극(functional electrical stimulation ; FES) 치료는 환자가 자발적이고 반복된 움직임 연습을 하는

동안 움직임 재 학습이 최고조 될 수 있도록 돕는 치료법이다[12,13].

기능적 전기자극 치료는 손상 측 하지에 대해 집중적인 근력강화를 일으켜 손상측 하지 조절 능력을 증가시킬 수 있다고 하였다[14]. 이처럼 기능적 전기자극은 뇌졸중과 척수손상 환자들에게 적용하여 근력 증가, 근육의 재학습, 손상된 사지 기능의 개선을 목적으로 널리 사용되고 있다[15,16]. 앞서 선행 연구에서 PNF 하지 패턴을 동반한 기능적 전기자극 치료에 대한 연구가 있었지만 주로 하지의 한쪽 방향 패턴이나 발목관절의 발등 굽힘을 초점을 두고 연구한 것은 많으나 이에 반해 양측성 하지 패턴과 축진으로 인한 방산과 기능적 전기자극치료의 발목관절 가쪽 벌림을 동반한 연구는 많이 부족합니다.

따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자에게 발목관절 등 쪽 굽힘과 가쪽 벌림을 위한 기능적 전기자극 치료를 동반한 양측 하지의 고유수용성 신경근 축진 운동의 적용이 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

II. 실험방법

1. 연구 대상자

실험의 대상자는 충북 청주시에 소재한 Y병원에 입원 중인 뇌졸중 환자 10명을 대상으로 무작위로 선정하였다. 본 연구의 대상자 수는 G-power program (Version 3.0.10; Heinrich-Heine Universität, Düsseldorf, Germany) 이용하여 효과 크기 .88, 유의 수준 .05, 검정력 80%, 탈락율 10% 설정하여 산출하였다. 두 군의 할당 비율 (allocation ratio) 1:1, 알파수준(alpha level)은 .05 그리고 검정력(β)은 .80로 설정하였고, 효과크기는 1.20이었다.

실험에 앞서 참가자들에게 본 연구의 목적을 충분히 설명하고 참여에 대한 동의를 구하였다. 무작위 배치를 위하여 상자 안에 1,2 종이를 각각 5장씩 준비하여 1을 뽑은 대상자들은 실험군으로, 2를 뽑은 대상자들은 대조군으로 배정하였고, 대상자들은 어느 집단에 참가하는지를 모르게 하였다. 2019년 6월10일 부터 7월5일까지 총 4주간 주5회, 1일1회, 60분간 실시하였다. 이 실험

은 한국교통대학교 기관생명윤리 심의위원회의 승인(KNU-IRB-2019-17)을 받은 후 진행되었다.

대상자의 선정조건은 1) 뇌졸중 진단을 받은 6개월 이상인 자, 2) 보조기 사용 여부와 관계없이 독립적으로 보행이 가능한 자, 3) 보행에 관련된 정형외과적 질환이 없는 자, 4) 연구의 목적을 이해하고 구두지시에 반응할 수 있는 한국판 간이정신상태검사(Mini Mental State Examination-Korean version, MMSE-K)에서 24점 이상인 자, 5) 전기 자극 후 FES 자극에 대하여 알려지 반응이 없는 자, 6) 시각 및 청각에 이상이 없는 자로 하였다.

2. 측정도구 및 실험도구

본 연구에서는 하지의 균형평가를 위해서 버그 균형 척도(BBS, Berg Balance Scale)를 이용하여 실시하였고 동적균형 평가를 위하여 일어나서 걷기 검사(TUG, Time Up & Go)를 실시하였다.

보행능력의 평가를 위하여 무선3축 가속계(G-Walk, BTS Bioengineering, Italy)를 이용하여 연구를 실시하였다.

기능적 전기자극 치료는 표면 전극 기능식 근육 전기 자극 장치 (FES-1000, Stratec, Korea)를 이용하여 연구를 실시하였다.

1) 균형평가

(1) 버그 균형 척도 (BBS, Berg Balance Scale)

버그 균형 척도는 뇌졸중 후 환자나 노인의 균형능력을 측정하는 방법으로써 앉은 자세의 균형과 같이 낮은 단계에서 한 발로 서거나 한발 떼기와 같은 높은 단계로 이루어진 14개의 과제 수행능력을 평가한다[17]. 14가지 과제를 수행하는데 0점부터 4점까지의 5점 척도로 구성되었으며 총 56점 만점으로 1회 측정된 측정값을 변수로 취하였다. 이 측정 도구는 양호한 검사-재검사와 검사자 간 신뢰도(등급 내 상관계수 ICC=.98)와 양호한 내적 일관성(Cronbach의 알파=.96)이 보고되었고 [18] 측정자 내 신뢰도와 측정자 간 신뢰도가 각각 $r=.99$, $r=.98$ 로서 균형능력을 평가하는데 높은 신뢰도와 내적 타당도를 가지고 있다[19].

(2) 일어나서 걷기 검사(TUG, Time Up & Go)

팔걸이가 있는 의자 하나와 3M 지점을 표시 할 수 있는 물건으로 환자는 의자에서 일어나 최대한 빨리 표시점을 돌아서 다시 의자에 앉는 시간을 측정합니다. 3회 반복하여 측정하고 결과값은 평균값으로 합니다. 이 검사의 측정자 내 신뢰도는 $r=.99$ 이고 측정자 간 신뢰도는 $r=.98$ 입니다. 건강한 정상 노인은 7~10초 정도 범위에서 수행 할 수 있고, 30초 이상이면 환자가 의존적이고 보행을 제대로 수행하지 못한다고 보고했다[20]. 본 연구에서는 3회반복 측정된 결과값의 평균값을 기록하였다.

2) 보행능력평가

(1) 무선 3축 가속계(G-Walk, BTS Bioengineering, Italy)

컴퓨터와 무선 센서를 이용하여 보행의 시공간적 (spatial & temporal) 변인을 측정, 분석하는 장비인 보행 분석기(G-Walk)를 사용하였다. 이 장비로 보행속도 (velocity), 보행분속수(cadence), 보행순환시간(gait cycle duration)등의 시간적 보행과 걸음걸이 길이(stride length), 흔들기(swing phase), 디딤기(stance phase), 양쪽·한 발 지지자세(single and double support phase)등의 기능적 보행 지수 특성을 분석할 수 있다. 본 연구에서는 3회 반복 측정된 결과값의 평균값을 기록하였다.

3) 기능적 전기자극 치료

전극의 부착은 짧은 종아리 근육의 종아리뼈 먼 쪽의 2/1 (양극) 부착하고 새끼발가락 허리뼈 조면 위(음극)에 부착하여 기능적 움직임의 반응을 얻을 수 있도록 깊은 종아리 신경 자극시 발목관절 등 쪽 굽힘과 발의 가쪽 변집이 될 경우로 하였다[21].

3. 실험 절차

본 연구는 뇌졸중 환자10명을 각각 5명씩 실험군(기능적 전기자극을 동반한 양측 하지의 고유수용성 신경근 촉진 운동군), 대조군(기능적 전기자극을 동반한 일반적인 물리치료군)으로 무작위로 배치하였다. 두 군 모두 균형과 보행능력에 대한 평가를 동일한 방법으로 실시하였다. 기능적 전기자극 치료는 직사각 파형으로

펄스 폭 100 μ s, 휴식시간 40m/s, 자극 주파수는 25Hz, 자극 시간은 5~8m/s, 자극의 강도는 환자의 기능적 회복 정도에 따라 환자가 이질감이나 불편함을 느끼지 않는 견딜 수 있는 한도 내에서 30분간 대상자가 편안하게 느끼는 자세에서 적용하였다.

치료 순서는 실험군은 양측 하지의 고유수용성 신경근 촉진 운동을 30분간 실시한 후 기능적 전기자극 치료를 30분 실시하였고 대조군은 일반적인 물리치료 30분 실시한 후 기능적 전기자극 치료를 30분간 실시하였다. 연구는 매주 5회씩 총 4주간 (총20회) 실시하였다.

1) 실험군

실험군은 양측 하지의 고유수용성 신경근 촉진 운동을 위하여 엉덩관절 굽힘-벌림-안쪽 돌림, 무릎관절 굽힘, 발목 관절 등 쪽 굽힘-가쪽 변짐 방향으로 실험자의 도수 접촉을 이용한 운동을 30분간 실시하였다. 수동적, 능동적, 저항운동을 대상자의 상태에 맞게 적절히 적용하였으며 연구 도중 근 피로나 불편함을 호소할 시 중간에 휴식을 취하도록 하였다. 그후 기능적 전기 자극 치료를 30분간 대상자가 편안하게 느끼시는 자세에서 적용하였다(Table 1).

2) 대조군

대조군은 대상자의 증상과 기능적인 상황에 따라서 관절가동운동, 스트레칭 운동 등을 30분간 실시하였다. 대조군도 마찬가지로 연구 도중 근 피로나 불편함을 호소할 시 중간에 휴식을 취하도록 하였다. 그 후 기능적 전기자극 치료를 30분간 대상자가 편안하게 느끼시는 자세에서 적용하였다(Table 2).

4. 자료처리

자료처리는 SPSS Win 21.0 package를 이용하며, 본 연구의 대상자 수 설정은 선행연구 결과에 대하여 G-Power Ver. 3.1을 이용하여 산출하였다. 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 하며, 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 처리하고, Mann-Whitney U 검정을 이용하여 집단 간 운동 방법에 따른 종속변수의 변화량을 비교하였다. 모든 통계적 유의 수준(p)은 .05 이하로 하였다.

Table 1. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Exercise Program

Division	Exercise Program	Time(min)
Warming up Exercise	- ROM exercise of the lower extremities by the passive and the active assistance - The muscle stretching of the upper and lower extremities by the therapist's manual contact	5
Bilateral Asymmetric Flexion Pattern & Bilateral Asymmetric Extension Pattern	- Hip flexion-abduction-internal rotation Knee flexion, Ankle dorsiflexion-eversion - Rhythmic initiation exercise by the passive and active assist and resistive and independent of therapist's manual contact - Combination of isotonic exercise to improve functional training for active control of motion, coordination, strength, and range of active movement - Hip extension-adduction-external rotation Knee extension, Ankle plantarflexion-inversion - Dynamic reversal exercise is to perform active-resistance centripetal action from one direction to the other without loosening or stopping. - Stabilizing reversal, the patient is judged to be sufficiently resistant to the therapist's resistance, move one hand and begin to resist in the opposite direction.	20
Cool Down	ROM exercise & breathing & rest	5

Table 2. General Physical Therapy Exercise Program

Division	Exercise Program	Time(min)
Range of Motion Exercise	- Major joint(hip, knee, ankle) - The muscle stretching of lower extremities by the therapist's manual contact - ROM exercise of lower extremities by the passive and the active assistance	5
Muscle Strengthening Exercise	- Bridge exercise by the therapist's manual contact - Isometric and isotonic exercise of hip-knee-ankle flexors and extensors - Sit to stand and stand to sit	10
Balance Training	- Weight shifting and bearing on sitting and standing position - Single limb and Double limb support	10
Cool Down	ROM exercise & breathing & rest	5

Table 3. Characteristics of the Subjects (n=10)

		Experimental(n=5)	Control(n=5)	x ² /t	p
Sex	Male	3	4	.476	.100
	Female	2	1		
Hemisphere	Left	4	3	.778	.100
	Right	1	2		
Etiology	Infection	4	3	.476	.100
	Hemorrhage	1	2		
Age(year)		70.61±13.08	71.00±6.02	-.660	.962
Height(cm)		162.10±7.61	165.41±3.86	-.443	.664
Weight(kg)		58.24±6.83	57.80±4.26	-.297	.912

III. 연구 결과

본 연구는 기능적 전기자극을 동반한 양측 하지의 고유수용성 신경근 촉진 운동이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 미치는 영향을 알아보려고 한다. 연구의 목적에 따라 균형과 보행에 대한 변화를 분석 및 기술하였다. 결과는 다음과 같다.

1. 대상자의 일반적인 특성

연구대상자의 상세한 특성은 다음과 같다. 두 군 사이에 대상자들의 성별, 나이, 신장, 병변 부위, 병변 유형에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$)(Table 3).

2. 균형 평가

균형 평가는 버그 균형 척도(BBS)와 일어나서 걷기

검사(TUG, Time Up & Go)를 구성되었습니다. 실험군과 대조군 모두 사전 동질성 검정 결과 집단 간의 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

1) 일어나서 걷기 검사(TUG, Time Up & Go)

실험군이 중재 전 시간이 37.11±25.18sec이고 중재 후 31.88±22.14sec로 중재 후 시간이 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p<.05$) 대조군은 중재 전 52.36±43.29sec이었고 중재 후 51.07±45.87sec로 중재 후 시간이 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 실험군과 대조군의 그룹 간 전후 변화량의 차이를 살펴보면 실험군은 5.23±1.15sec로 증가하였고 대조군은 1.33±.57로 감소하였으며 실험군이 대조군보다 시간이 더 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다(Table 4).

Table 4. Comparison of the BBS and TUG Score between the Experimental Group and Control Group

		Experimental(n=5)	Control(n=5)	z	p
TUG(sec)	pre	37.11±25.18	52.36±43.29	.000	.061
	Post	31.88±22.14	51.07±45.87		
	Post-pre	5.23±1.15	-1.33±.57	-2.611	.653
	z	-2.025	-2.024		
	p	.041*	.053		
BBS (score)	pre	24.46±9.50	19.20±12.45	-2.522	.811
	post	30.12±10.22	21.81±11.38		
	post-pre	5.56±2.17	1.91±.69	-2.838	.012*
	z	-2.032	-1.822		
	p	.047*	.071		

BBS: Berg Balance Scale

TUG: Time Up and Go

*p<.05

2) 버그 균형 척도(BBS, Berg Balance Scale)

실험군이 중재 전 점수가 24.46±9.50점이었고 중재 후 30.12±10.22점으로 중재 후 변화가 있었으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났고(p<.05), 대조군은 중재 전 점수가 19.20±12.45점이었고 중재 후 21.81±11.38점으로 변화가 있었으며 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 실험군과 대조군의 그룹 간 전후 변화량의 차이를 살펴보면 실험군은 5.56±2.17로 점수가 증가하였고 대조군 역시 1.91±.69 증가하였으며 실험군이 대조군보다 변화량이 더 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 나타났(p<.05)(Table 4).

3. 보행 능력 평가

실험군과 대조군의 보행능력을 평가하기 위하여 알려진 무선 3축 가속계(G-Walk, BTS Bioengineering, Italy)를 사용하여 연구를 진행하였다. 실험군과 대조군의 사전 동질성 검정 결과 집단간의 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

1) 보행 분속수(Cadence)

실험군이 중재 전 86.85±14.10steps/min 이었고 중재 후 98.91±14.81로 중재 후 통계적으로 유의한 차이가 나

타났고(p<.05) 대조군은 중재 전 92.93±20.22steps/min 이었고 중재 후 98.48±18.96steps/min로 나타나 통계적으로 유의한 차이가 나타났(p<.05).

실험군과 대조군의 그룹 간 변화량의 차이를 살펴보면 실험군은12.06±.01steps/min으로 증가하였고 대조군은 5.55±.01steps/min으로 증가하였으며 실험군이 대조군보다 변화량이 더 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 나타났(p<.05)(Table 5).

2) 보행 걸음길이(stride length)

실험군이 중재 전 거리가 86.39±18.48cm이고 중재 후 88.32±14.65cm으로 변화가 있었으나 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고 대조군은 중재 전 88.16±22.57cm이고 중재 후 89.77±21.01cm으로 변화가 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 실험군과 대조군의 그룹 간 전후 변화량을 살펴보면 실험군은 1.93±3.48cm으로 증가하였고 대조군은 1.64±2.30cm으로 증가하였으나 실험군이 대조군보다 변화량이 더 증가하였으나 통계적으로 유의하지는 않았다 (Table 5).

Table 5. Comparison of the Cadence, Stride length, and Gait Velocity between the Experimental Group and Control Group

		Experimental(n=5)	Control(n=5)	z	p
Cadence (steps/min)	pre	86.85±14.10	92.93±20.22	1.00	.374
	post	98.91±14.81	98.48±18.96		
	post-pre	12.06±.01	5.55±.01	5.36	.015*
	z	-2.023	-2.232		
	p	.031*	.048*		
Stride Length (cm)	pre	86.39±18.48	88.16±22.57	-.904	.447
	post	88.32±14.65	89.77±21.01		
	post-pre	1.93±3.48	1.64±2.30	5.007	.057
	z	-1.896	-1.795		
	p	.081	.075		
Gait Velocity (m/s)	pre	.81±.40	.69±.35	-.866	.448
	post	1.18±.19	.83±.29		
	post-pre	.05±.01	.02±.01	5.004	.015*
	z	-2.032	-1.862		
	p	.031*	.074		

3) 보행속도(gait velocity)

실험군이 중재 전 속도가 .81±.40(m/s)이고 중재 후 1.18±.19(m/s)로 나타나 변화가 있었으며 통계적으로 유의한 차이가 나타났고(p<.05) 대조군은 중재 전 속도가 .69±.35(m/s)이고 중재 후 .83±.29(m/s)로 변화가 나타났으나 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다. 실험군과 대조군의 그룹 간 변화량의 차이를 살펴보면 실험군은 .05±.01(m/s)로 속도 증가가 나타났으며 대조군은 .02±.01(m/s)로 속도 증가의 변화가 있었지만 실험군이 대조군보다 더 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.05)(Table 5).

IV. 고 찰

고유수용성 신경근 촉진법(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, PNF)은 근력, 유연성 및 균형 수행력을 증가시키며, 신경근계 자극에 반응 하는 협응력을 증가시켜 운동 단위가 최대로 반응하도록 하는 효과적인 운동치료이다[22]. 최진호 등[23]은 환측이 위로 가도록 매트

에서 옆으로 누운 자세로 치료사에 의해 골반의 전방 거상 과 후방 하강 운동을 20분간 시행한 다음, 치료용 침대에 똑바로 누운 자세에서 환측 하지에 대해 슬관절을 굴곡, 내전, 외회전 패턴을 20분간, 총 40분간 실시한 결과 보행속도와 보행 율 그리고 보폭의 향상을 보였다고 하였다. 권혁철 등[24]은 중추 신경계손상환자의 비복근에 고유수용성 신경근 촉진법을 적용하여 족관절 관절가동범위가 증진되었다고 하였다. Wang [25]은 편마비 환자에게 골반운동 과정에 고유수용성 신경근 촉진법을 적용하여 운동 후 보행속도와 보행율을 측정 한결과 실험 후 효과가 있다는 연구결과를 발표했다.

버그균형검사(BBS)에서 실험군과 대조군은 중재 전보다 중재 후 점수가 향상되었고 통계적으로 유의한 차이를 보였고 실험군과 대조군 사이에서도 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 고유수용성 신경근 촉진 운동이 고유의 나선형 패턴을 이용하고, 고유 수용기를 촉진하여 정상 반응을 촉진 함으로써 균형 능력을 향상 시킨 것으로 생각된다[26].

일어나 걷기 검사(TUG)에서는 실험군과 대조군 모

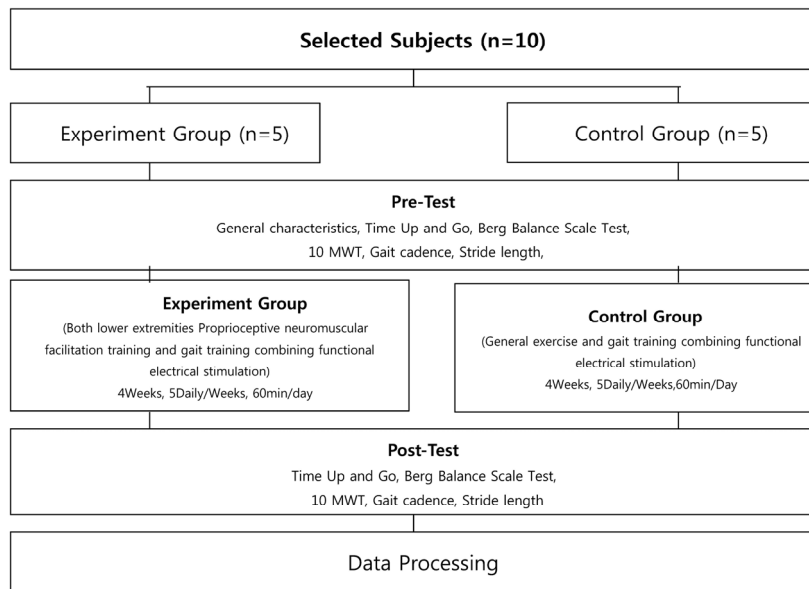


Fig. 1. Study Flow chart.

두 중재 후 통계적으로 유의한 차이가 있었으나 군간 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 황병용[27] 이 만성 편마비 환자를 고유수용성 촉진 프로그램군과 시각피드백 조절 프로그램군으로 나누어 4주에 걸쳐 실험한 결과 TUG값이 고유수용성 군에서 치료 전후 통계적으로 유의한 차이를 보였다고 하였고 Geiger 등[28]은 만성 편마비환자를 고유수용성 군과 대조군으로 나누어 연구한 결과 고유 수용성군에서 TUG는 23.08초에서 14.62초로 속도가 빨라 졌다고 하였는데 본 연구의 결과와도 일치한다.

보행능력평가에서는 무선 3축 가속계(G-Walk, BTS Bioengineering, Italy)를 사용하여 보행분속수(Cadence), 보행걸음걸이(Stride length), 보행속도(Gait velocity) 연구를 진행하였다.

보행분속수(Cadence)와 보행속도(Gait velocity)는 군 내 비교에서 중재 후 실험군과 대조군 모두 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며 군간 비교에서는 중재 후 실험군이 대조군보다 변화량이 더 증가하였고 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

Colen과 Wade [29]는 보행 속도의 향상은 종종 환자의 회복을 의미하기도 한다고 하였고, Buridge 등[30]은

분속수 향상은 편마비 환자의 보행 개선의 기준으로 사용되고 있다고 하였다. 이는 본 연구의 결과와도 일치한다. 따라서 기능적 전기자극 치료를 동반한 양측 하지의 고유수용성 신경근 촉진 운동이 보행 속도와 분속수를 증가시켜 만성 편마비 환자의 보행 개선에 효과가 있다고 할 수 있을 것이다.

보행걸음걸이(Stride length)는 중재 후 실험군과 대조군에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았고 중재 후 군간 비교에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

발목 관절과 발은 걷는 동안 충격을 흡수하고 신체가 전진하는 기능을 한다. 걷는 동안 발생하는 발목 관절의 움직임은 대부분 배측 굴곡(dorsiflexion)과 저측 굴곡(plantarflexion)인데 이러한 움직임은 거퇴관절(talocruraljoint)에서 나타나며 거퇴관절 앞쪽으로 지나가는 전경골근(tibialis anterior), 장무지신근(extensorhallucislongus), 장지신근(extensordigitorum longus), 제3비골근(peroneus tertius)은 배측 굴곡을 유발하여 입각기 초기와 유각기 전제동안 가장 중요한 역할을 한다. 발목관절의 충분한 관절 가동범위와 근력은 에너지 효율성을 높여 걸음걸이를 보다 쉽게 만들어준다[33]고 보고 하였는데 본

연구는 보행속도와 분속수는 통계적으로 유의한 차이가 있었는데도 불구하고 4주간의 짧은 중재 기간으로 인하여 뇌졸중 환자의 보행 걸음걸이 향상은 있었지만 통계적으로 유의하지 않은 것으로 사료된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 뇌졸중 환자 10명만을 대상으로 하여 표본수가 적어 모든 뇌졸중 환자들에게 일반화하기 어렵다는 제한점을 가지고 있다. 향후 연구에서 더 많은 대상자를 적용하여 연구할 필요가 있다고 사료된다.

둘째, 본 연구에서는 4주간의 비교적 짧은 중재 기간으로 연구결과를 일반화하기 어렵다는 제한점이 있으며 향후 중재 기간 확대 및 추적조사를 통하여 실험기간에 따른 지속효과를 확인하는 연구를 시행할 필요가 있다고 사료된다.

셋째, 본 연구에서는 외부 자극과 장애물이 없는 일정한 실내에서 연구가 진행되어 외부 환경 변화에 대한 변수가 어떻게 작용할지 모른다는 제한점이 있다고 사료된다. 향후 연구에서는 다양한 환경에서 균형과 보행 능력을 확인하는 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결 론

만성 뇌졸중 환자 10명을 대상으로 기능적 전기자극을 동반한 양측 하지의 고유수용성 신경근 촉진 운동이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

균형 평가에서 버그 균형 검사(BBS)와 일어나 걷기 검사(TUG)에서 측정하였고 중재 후 실험군에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났고, 군간 비교에서는 중재 후BBS에서만 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

보행 능력 평가에서 보행 분속수(Cadence), 보행 속도(gait velocity)는 중재 후 통계적으로 유의한 차이가 나타났지만, 보행 걸음걸이(Stride length) 중재 후 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

이상의 결과로 기능적 전기자극 치료를 동반한 양측 하지의 고유수용성 신경근 촉진 운동이 뇌졸중 환자의 균형능력과 보행능력 향상에 도움을 준다고 판단된다.

Reference

- [1] Statistics Korea 2016. 2015 Death Cause Statistics.
- [2] Prange, Gerdienke B, Groothuis oudshoorn, et al. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *Journal of rehabilitation research and development*, 2006;43(2): 171.
- [3] Adamson J, Andy B, Ebrahim S. Is stroke the most common cause of disability? *Journal of stroke and cerebrovascular diseases*, 2004;13(4):171-7.
- [4] World Health Organization. The top 10 causes of death. 2011.
- [5] O'Sullivan S, Schmitz TJ. Strategies to improve motor control and motor learning. *Physical Rehabilitation, Assessment and Treatment icinde*. Philadelphia : FA Davis Company. 2001:363-410.
- [6] Walke Catherine, Brouwer Brenda J, Culham Elsie G. Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. *Physical therapy*, 2000;80(9):886-95.
- [7] Ikai T, Kamikubo T, Takehara I, et al. Dynamic postural control in patients with hemiparesis. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2003;82(6):463-9.
- [8] Torenbeek, Caulfield, Garrett, et al. Current use of outcome measures for stroke and low back pain rehabilitation in five European countries: first results of the ACROSS project. *International Journal of Rehabilitation Research*. 2001;24(2):95-101.
- [9] Allum, J.H.J. , Bloem, et al. Proprioceptive control of posture; a review of new concepts, *Gait & Posture*. 1998;8(3):214-42.
- [10] Kandel, Eric R. The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses. *Science*, 2001;294(5544):1030-8.
- [11] Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1988;69 (6):395-400.
- [12] Granat MH, Maxwell DJ, Ferguson AC, et al. Peroneal

- stimulator; evaluation for the correction of spastic drop foot in hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996; 77(1):19-24.
- [13] Chae J, Yu D. A critical review of neuromuscular electrical stimulation for treatment of motor dysfunction in hemiplegia. *Assist Technol.* 2000;12:33-49.
- [14] Soetanto D, Kuo C, Babic D. Stabilization of human standing posture using functional neuromuscular stimulation. *J Biomech.* 2001;34(12):1590-7.
- [15] Combs, S., Miller, E. W., et al. Motor and functional outcomes of a patient post-stroke following combined activity and impairment level training. *Physiotherapy theory and practice.* 2007;23(4), 219-29.
- [16] 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.
- [17] Bremner LA, Sloan KE, Day RE, et al. A clinical exercise system for paraplegics using functional electrical stimulation. *Paraplegia.* 1992;30(9):647-55.
- [18] Yang CY, Kim TJ, Joo MC, 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.
- [19] Wee JY, Wong H, Palepu A. Validation of the Berg Balance Scale as a predictor of length of stay and discharge destination in stroke rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(5):731-5.
- [20] Berg K, Wood-Dauphinee S, David G. Measuring balance in the elderly ; preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada.* 1989;41:304-11.
- [21] Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams, et al. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Canadian Journal of Public Health.* 1992;83:S7-7.
- [22] Podsiadlo D, Richardson S. The timed"up&go" : a test of basic functional mobility for frail elderly persons, *J Am geriatr soc.* 1991;39:142-8.
- [23] Lindquist, Ana RR, Prado CL, et al. Gait training combining partial body-weight support, a treadmill, and functional electrical stimulation: effects on poststroke gait. *Physical therapy,* 2007; 87(9):1144-54.
- [24] O'Sullivan SB, Schmitz TJ. *Physical rehabilitation : Assessment and Treatment* 4th edition. 2001:529-64.
- [25] Kim JS, Kwon YS, Jung BO, et al. Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Techniques on the Gait for Hemiplegic Patients. *Physical Therapy Korea.* 1999; 1(1):121-7.
- [26] Kim WH, Park YT, Hwang SY, et al. Comparison of Effects for Application of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Technique and Static Stretching on the Calf Muscle. *Physical Therapy Korea.* 1995;2(2):56-65.
- [27] Wang RY. Effect of proprioceptive neuromuscular facilitation on the gait of patients with hemiplegia of long and short duration. *Physical Therapy,* 1994;74(12): 1108-15.
- [28] Lee HS, An YH, Kang HJ, et al. Effect of Elastic Band Exercise Based of PNF L/E pattern on the Balance in the Elderly people. *The journal of Korean Society of Physical Therapy.* 2005;7(3):60-70.
- [29] Hwang BY. Effects of Proprioceptive Control on the Balance in Patients With Chronic Hemiplegia. *Physical Therapy Korea.* 2004;11(1):6974.
- [30] Geiger, Ruth Ann, Allen, et al. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. *Physical therapy,* 2001; 81(4):995-1005.
- [31] Collen, Fiona M, Wade, et al. The Rivermead mobility index: a further development of the Rivermead motor assessment. *International disability studies,* 1991;13(2): 50-54.
- [32] Burrige JH, Taylor PN, Hagan SA, et al. The effects of common peroneal nerve stimulation on the effort and speed of walking: A randomized controlled trial with chronic hemiplegic patients. *Clin Rehabil.* 1997;11: 201-10.
- [33] Neumann, Donald A. *Kinesiology of the musculoskeletal system:* Mosby. St. Louis.2002.