

기능적 전기자극을 이용한 조기 발목재활운동이 급성기 뇌졸중 환자의 발목 근력과 가동범위에 미치는 영향

김창현¹ · 강태우^{2†}

¹대자인병원 재활센터, ²원광대학병원 물리치료실

Effect of Early Ankle Exercise with Functional Electrical Stimulation on Strength and Range of Motion of Ankle in Patients with Stroke

Chang-Heon Kim P.T.¹ · Tae-Woo Kang, P.T.^{2†}

¹Rehabilitation center, Design Hospital, ²Department of Physical Therapy,
Wonkwang University School of medicine & hospital

Received: August 10, 2014 / Revised: August 30, 2014 / Accepted: September 15, 2014

© 2014 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effect of early ankle exercise with functional electrical stimulation(FES) on spasticity, strength and active range of motion of ankle in patients with stroke.

Methods: This study included 21 patients with stroke, who were performed early ankle exercise combined FES. The exercise program comprised 5 sessions of 30 minutes per week for 4 weeks. The spasticity, strength and active range of motion of ankle were evaluated before and after training. The spasticity was measured by modified ashworth scale(MAS), strength of ankle was measured by hand-held dynamometer and active range of motion of ankle dorsi-flexion was measured by goniometer. All data were analyzed using SPSS 18.0.

Results: Significant differences were observed the subjects for strength of ankle and active range of motion. The results of the study were as follow: strength of ankle was significantly increased subjects($p<.001$) and active range of motion was significantly increased subjects($p<.001$).

Conclusion: Ankle is very important part of body in stroke patients. early ankle exercise with FES is effective for improvement of strength of ankle and active range of motion in patients with stroke. early ankle exercise with FES about stroke patient is very useful and effective. It is effective in clinical practice.

Key Words: Early ankle exercise, FES, Stroke

†Corresponding Author : Tae-Woo Kang (ktwkd@hanmail.net)

I. 서론

뇌졸중은 전 세계적으로 의학적이고 사회적인 많은 문제를 가져오는 질환으로, 뇌졸중에 동반하는 문제들로는 근력의 감소, 과도한 신장반사와 운동조절 능력저하와 과도한 신장반사등이 있으며, 일상생활 수행을 하는데 많은 어려움을 갖게 된다(Brandstate et al, 1983; Kim & Kim, 2005; Thorvaldsen et al, 1995). 의학기술의 발달로 고령화 사회가 되어가며 뇌졸중의 발병과 생존 가능성은 점점 높아지며 뇌졸중에 의한 장애의 최소화와 재활은 중요한 과제가 되었다(Flick, 1999). 더욱이, 가능한 빠른 시간안에 재활을 시작하는 것은 뇌졸중 센터에서의 중요한 목표이며, 재활의 지연은 좋지 않은 결과를 가져오게 된다(Flick, 1999).

특히, 발병 이후 초기에 자발적인 회복이 빠르게 이루어지기 때문에 기능적 회복과 움직임에 큰 장애를 주는 경직이 나타나기 전인 발병 후 7일 이내에 조기재활 운동의 시작은 근육의 유연성을 증가시킬 뿐만 아니라 림프순환을 촉진시켜 부종을 감소시켜주기도 한다(Kim et al, 2007). 초기에 재활치료를 시행하였을 때 하지기능이 회복되는 경우가 많으며, 하지에서도 발목은 보행과 앉았다 일어서기와 같은 기능적인 동작들에서 중요한 역할을 한다(Lomaglio & Eng, 2005; Shin et al, 1988). 뇌졸중으로 인한 대부분의 환자들은 편마비를 겪고, 마비측 발목 관절의 발등굽힘근(dorsiflexor)의 근력약화로 인해 하수족(foot drop)을 야기하게 된다(Bohannon & Larkin, 1985). 발목 관절은 보행 시 충격을 흡수하고 체중부하 시 안정된 자세를 유지할 수 있도록 하고, 에너지 효율을 높여주는 역할을 하며, 보행의 안정성을 향상시키는 등의 기능적인 역할을 한다(Neumann, 2002).

뇌졸중 환자의 발목의 발등굽힘근의 약화에 의해 발생하는 문젠점을 해결하기 위해 임상에서 많이 사용하는 방법은 근력강화 운동, 정적 근육신장, 전기 자극 치료법이다(Achache et al, 2010; Dorsch et al, 2012; Ng & Hui-Chan, 2012). 다양한 치료법 중에서도 재활 초기단계에서 주로 사용되는 중재방법은 전기

치료이며, 이는 마비된 근육으로부터 능동적인 움직임을 만들기 위한 치료기법이다(Tong et al, 2006). 전기치료 중에서도 기능적 전기 자극치료는 상위운동 신경원의 손상을 받은 뇌성마비, 뇌졸중, 척수손상 환자들의 마비된 근육의 활성화를 위해 주로 사용된다(Wilder et al, 2002). 기능적 전기 자극치료는 마비된 근육의 수동적인 움직임을 외부적 전기자극 명령을 전달하여 근육의 수축을 이끌어내는 장치이다(Park et al, 2001).

뇌졸중 환자들에 대한 재활치료의 주된 목적은 잔존하는 기능을 최대로 회복하는 것이므로, 뇌졸중 발병 초기 입원기간동안 집중적인 재활은 기능회복에 큰 도움이 된다(Yagura et al, 2003). 그렇기 때문에 현재 조기재활의 중요성은 높아지고 있으며, 급성기 환자들을 대상으로 로봇치료와 조기보행치료와같은 많은 조기재활치료접근법들이 시행되어지고 있으나 장소와 장비, 환자의 상태에 따른 많은 제약을 가지고 있다(Lee et al, 2013; Mackay-Lyson et al., 2013). 또한, 대부분의 환자들이 급성기에 재활치료를 시행하지 않고 있으며, 초기 입원시 신체활동보다는 절대적인 안정을 선호하고 있는 것이 현실이다. 이에 본 연구는 이동 가능한 전기치료기를 이용하여 병실에서 조기 발목운동을 시행한 후 급성기 뇌졸중 환자의 발목의 강직 정도와 근력, 가동범위를 평가하여 임상에서의 실행 가능성을 보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 뇌졸중으로 인하여 지역의 한 대학병원에 내원하여 물리치료를 시행하고 있는 편마비 환자로 발목의 발등굽힘의 기능적 소실이 있는 남, 여 21명의 환자를 대상으로 하였다. 대상자는 뇌졸중 진단을 받은지 한달 이내의 급성기환자로, 의사소통이 가능하고, 간질이 없으며, 기능적 보행 지수(Functional ambulation category)에서 2등급이상이 되는 독립보행

또는 부분적인 독립보행을 할 수 있는 환자들로 제한하였다(Teasell et al, 2011). 대상자들은 연구자의 지시 내용을 이해할 수 있는 정도의 정신상태를 갖춘 자를 대상으로 하였다(Kwong & Park, 1989). 연구 대상자는 위의 선정 기준을 충족한 경우로 하였고, 전기자극 부위에 심한 피부병이나 심혈관 질환이 있었거나 간질의 기왕력 등으로 전기자극 치료의 금기 사항을 가진 경우는 제외하였다(Mangold et al, 2009). 연구에 참여한 대상자들은 본 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명한 것을 듣고, 연구 참여에 동의하였다.

2. 측정 방법

1) 중재 방법

중재는 전기자극치료기(Walking Man II-EMG FES, Cyber Medic, Korea)를 이용하여 시행하였다. 환자는 다리를 펴고 앉은 자세에서 베키 밑에 두 무릎을 엮고 전기자극에 따라 발목을 들도록 하였다. 파형은 단상 파형으로 하였고, 30-70mA를 넘지 않는 강도에서 환측 다리의 발등 굽힘이 최대로 일어나도록 30분간 하루에 1번 주5회 4주간 실시하였다. 전기치료를 받는 동안 대상자는 움직이는 발목을 보며 발목이 올라가는 주기에 따라 “마비측 발목을 올리세요”라고 구두명령을 주었다. 구두명령과 동시에 능동적 움직임을 촉진하고 반응 속도를 증진하며 약한 근육을 강화시키기 위하여 발목에 PNF 기법의 반복적 신장기법을 적용하였다. 반복적 신장기법은 발바닥굽힘 상태에서 시작하여 발등굽힘방향으로 시행한 후 최대범위에 도달하였을 때 발목의 발등굽힘을 전기자극이 주어지는 시간동안 유지하도록 하였다.

2) 강직 측정

강직을 평가하기 위해 수정된 Ashworth 척도(Modified Ashworth scale, MAS)를 이용하였다(Ashworth, 1964). Ashworth 척도는 주관적 관정에 다른 정량화 방법으로 초기에 5등급으로 분류되었으나 현재는 6등급으로 나누어 MAS로 개정되었다. 총 6단계로 나누어져 있으며, 근긴장이 증가되지 않은 상태, 약간의 근긴장 증가가 있고, 병변쪽 관절을 굽힘-펼치기 운동범위의 마지막에서 약간의 저항을 느끼는 상태, 약간의 근긴장 증가가 있고, 병변쪽 관절을 굽힘-펼치기 운동범위의 1/2 이하에서 약간의 저항을 느끼는 상태, 관절가동범위 전반에 걸쳐 근긴장이 증가되었으나 관절은 쉽게 움직이는 상태, 현저한 근 긴장의 증가로 수동운동이 어려운 상태, 병변쪽 관절을 굽힘-펼치기 시 강직(rigidity)을 느끼는 상태로 0, 1, 1+, 2, 3, 4로 나누어 기록하였다.

3) 근력 측정기

근력은 휴대용 근력측정기(PowerTrack II Commander, JTECH, America)를 이용하여 사용하였다. 환자는 침대 가장자리에 걸터앉아 발을 발등 굽힘하였다. 측정자는 바닥방향으로 저항을 주고, 장치의 힘을 측정하는 변환기는 발등에(distal dorsal medial surface of the foot) 위치시켜 측정하였다(Kendall et al, 1993). 오차를 줄이기 위하여 3번씩 측정하여 평균값을 사용하였다.

4) 능동적 관절 가동범위(Active range of motion, AROM)

관절 가동범위 측정은 고니오미터를 사용하였다. 발목의 발등굽힘은 40에서 50도, 펼치는 10도에서 20도가 정상범위이다. 굽힘과 펼치기 측정 시 환자들을 침대위

Table 1. General characteristics of subjects(n=21)

| Sex (Male/Female) | Age | Affected side (left/right) | onset(day) | Type (Infarction/Hemorrhage) | MMSE |
|-------------------|-----------|----------------------------|------------|------------------------------|---------|
| (16/5) | 53.3±7.52 | (11/10) | 6.5±2.38 | (14/7) | 28±1.51 |

에 얹혀 무릎은 굽힘시키고, 고정축은 바깥쪽 내측과에서 종아리 뼈와 평행이 되게하며, 움직이는 축은 5번 중족골과 평행이 되게 한다. 측정 시 발목의 외전과 내전을 피해 측정하였고, 환자분이 최대한 발목을 들어올리도록 구두명령하였다. 오차를 줄이기 위해 3번씩 측정하여 평균값을 이용하였다.

3. 자료 분석

본 연구의 모든 작업과 통계는 SPSS 18.0 version을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 이용하였다. 그룹의 전, 후 변화를 알아보기 위해 대응표본 t-검정을 사용하였다. 모든 통계학적 유의수준은 0.05이하로 하였다.

III. 연구 결과

Table 2는 중재 전과 후에 측정된 MAS 점수의 비교를 보여주는 것이며, Table 3은 근력과 관절가동범위의 중재 전과 후의 결과를 비교한 것이다. MAS를 발등굽힘근에서 측정한 결과 실험군에서 실험 전 MAS 0단계가 14명, 1단계가 5명, 1+단계가 2명이었고 실험 후 0단계가 7명, 1단계가 12명, 1+단계가 2명이었다 (Table 2).

대상자의 근력을 측정한 결과 실험 전 평균 9.27N에

서 실험 후 평균 90.8N으로 근력이 81.53N 유의하게 향상되었다($p < 0.001$). 대상자의 관절가동범위를 측정한 결과 실험 전 평균 -8.79도에서 8.33도로 17.12도 유의하게 향상되었다($p < 0.001$)(Table 3).

IV. 고 찰

대부분의 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들이, 발등굽힘근의 근력약화로 인한 하수족을 겪게 된다 (Bohannon & Larkin, 1985). 발목 관절은 안정된 자세로 체중을 부하하도록 해주고 보행 시 충격을 흡수하는 중요한 역할을 하며, 일반적으로 발목의 발등굽힘근의 약화시 전기치료기법을 사용한 치료를 많이 사용한다(Achach et al, 2010; Neumann, 2002). 따라서 본 연구에서는 급성 뇌졸중 환자에게 환측 하지에 전기자극을 이용한 발목운동을 적용한 후 발목의 근 긴장도, 근력 및 관절가동범위의 향상 여부를 알아보고자 실시하였다. 그 결과, 근력 및 관절가동범위가 향상된 것을 볼 수 있었다.

뇌졸중 환자의 급성기에 기능적 회복이 빠르게 이루어지기 때문에 조기재활 운동은 중요하며, 더욱이 재활의 지연은 뇌졸중 환자에게 좋지 않은 결과를 가져오게 된다(Flick, 1999; Kim et al, 2007). Ottenbacher와 Jannell(1993)은 뇌졸중환자의 빠른 재활의 시작은

Table 2. Comparison of change in MAS between pre and post test in the subjects(N=21)

| | pre test | | | post test | | |
|-------------------------------|----------|---|----|-----------|----|----|
| | 0 | 1 | 1+ | 0 | 1 | 1+ |
| MAS ^a grade number | 14 | 5 | 2 | 7 | 12 | 2 |

^aMAS : modified Ashworth scale

Table 3. Comparison of change in strength and active range of motion in the subjects(N=21)

| | pre test | post test | t | 변화량 |
|------------------|------------------------|------------|---------|-------------|
| strength | 9.27±5.01 ^a | 30.8±13.43 | -6.806* | 21.52±14.49 |
| ROM ^a | -8.79±11.39 | 8.33±2.96 | -7.27* | 8.41±10.79 |

^aValues are presented as mean±Standard deviation

^bROM : range of motion

* $p < .001$

운동과 기능적 결과의 향상과 깊은 관련이 있다고 보고하였다. 본 연구에서 적용한 기능적 전기자극을 이용한 발목운동은 휴대용 전기자극치료를 이용하여 어느 장소에서나 적용이 가능하였기 때문에 급성기 뇌졸중 환자의 조기재활에 적합하였다. 또한, 전기자극치료는 기계에 미리 입력된 주기적인 자극을 통하여 근육의 수축을 유발시키는 장치로, 능동적 의지가 결여된 치료로 미약한 회복을 보인다고 보고되지만 본 연구에서는 능동적인 수축을 유도하는 PNF기법을 적용하여 환자의 적극적인 참여를 유도하는 훈련을 적용하였다(Hummelsheim et al, 1997).

본 연구에서는 경직을 정량화 시키고, 임상에서 적용하기 쉬운 MAS를 경직을 살펴보기 위하여 적용하였다. 또한, 근력의 객관적인 수치를 얻기 위하여 휴대용 근력측정기를 이용하여 근력을 3번 측정 후 평균값을 사용하였다. 능동적 관절 가동범위 역시 고니오미터를 이용하여 객관적인 값을 수집하였으며 3번 측정 후 평균값을 사용하였다. 모든 평가도구는 측정이 간편하여 임상현장에서 사용하기 용이하였다.

본 연구의 결과, 대상자들의 발목 발등굽힘근의 근력이 유의하게 증가하였다. 이는 Sabut 등(2010)이 시행한 뇌졸중환자 15명에게 기능적 전기 자극을 적용하여 유의한 근 활성도의 증가를 보였다고 보고한 연구와 비슷한 결과를 보인다. 기능적 전기자극 치료는 마비된 근육의 활성화를 위해 주로 사용되며, 마비된 근육을 능동적으로 움직이도록 하기위한 치료기법이므로, 이러한 유사한 결과는 전기자극치료의 효과가 적용된 결과일 것이다(Wilder et al, 2002; Tong et al, 2006). 또한 본 연구의 결과, 기능적 전기자극을 이용한 조기 발목 재활운동 적용후 유의한 발목의 능동적 가동범위를 보였다. 이는 Jung(2013)의 연구에서도 기능적 전기 자극을 뇌졸중 환자의 발등굽힘근에 적용하여 발목관절의 가동범위의 유의한 향상을 가져와 본 연구의 결과와 유사하였다. 반복적 수축은 운동 기술 획득에 필요할 뿐만 아니라 근력, 지구력, 관절가동 범위에 효과가 있는 PNF의 치료기법이다(Adler et al, 2008). 그렇기 때문에 기능적 전기 자극치료와 병행

하여 적용하였을 때 근력과 관절가동범위의 유의한 증가가 나타났을 것이다.

본 연구의 결과를 해석하는데 있어서 몇 가지 제한점을 갖는다. 첫째, 본 연구에 참여한 대상자의 수가 전체 뇌졸중 환자를 일반화시킬 만큼 많지 않았고 대조군없이 연구가 진행되어 처치효과의 차이를 명확하게 구분할 수 없었다. 둘째, 4주간의 치료만을 시행하였고 실험이후, 추적관찰이 이루어지지 않아 장기적인 효과를 판단할 수 없었다. 셋째, 실험에 참여한 대상자들이 급성기 환자들이었기 때문에 자발적 회복이 실험에 미치는 영향을 통제하지 못하였다. 마지막으로 강직의 정도, 근력, 관절가동범위와 같은 신체기능에 대한 평가만이 이루어졌고, 기능적인 문제점들을 고려한 평가가 이루어지지 않았다. 이와 같은 많은 제한점을 본 연구에서 가지고 있으나, 향후에는 더욱 다양한 측면의 연구들이 진행된다면 뇌졸중 환자의 기능적 회복을 위한 조기 발목재활 운동의 효과를 보다 명백히 입증할 수 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 급성기 뇌졸중 환자에게 기능적 전기자극을 이용한 조기 발목 재활운동을 적용하였을 때 발목의 강직정도와 근력, 가동범위에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 연구이다. 연구대상자는 뇌졸중 환자 21명을 대상으로 실시하였다. 운동프로그램을 4주 동안 주 5회 30분씩 적용하여 발목의 강직정도와 근력, 가동범위를 측정하여 모든 평가치가 유의하게 향상되는 결과를 얻었다. 이러한 결과는 뇌졸중 환자의 조기 재활이 뇌졸중 재활에 중요한 요소이고, 발목 재활운동을 통한 뇌졸중 환자의 중재가 임상에서 중요한 역할을 한다고 볼 수 있다. 이상의 연구결과로 볼 때, 기능적 전기자극을 이용한 조기 발목 재활운동은 뇌졸중 환자에게 효과적이며 좀 더 많은 연구가 필요하리라 사료된다.

참고문헌

- Achache V, Mazevet D, Iglesias C, et al. Enhanced spinal excitation from ankle flexors to knee extensors during walking in stroke patients. *Clinical Neurophysiology*. 2010;121(6):930-938.
- Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide. 3rd ed. Heidelberg. Springer. 2008.
- Ashworth B. Preliminary trial of carisoprodol in multiple sclerosis. *Practitioner*, 192, 540-542.
- Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical Therapy*. 1987;67(2):206-7.
- Brandstater ME, Bruin H, Gowland C, et al. Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1983;64(12):583-587.
- Dorsch S, Ada L, Canning CG, et al. The strength of the ankle dorsiflexors has a significant contribution to walking speed in people who can walk independently after stroke: an observational study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012;93(6):1072-1076.
- Flick CL. Stroke rehabilitation. 4. Stroke outcome and psychological consequences. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1999;80(5):21-26.
- Hummelsheim H, Maier-Loth ML, Eickhof C. The functional value of electrical muscle stimulation for the rehabilitation of the hand in stroke patients. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1997;29(1):3-10.
- Jung TW. The Effects of Functional Electrical Stimulation with Progressive Resistance Exercise on Dorsiflexors of Hemiparesis Side for The Patients with Stroke. Dankook University. Dissertation of Doctorate degree. 2013.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Muscles: Testing and Function*, Williams & Wilkins, 1993.
- Kim JH, Kim CS. Effects of virtual reality program on standing balance in chronic stroke patients. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2005;17(3):351-367.
- Kim WH, Hwang MO, Park EY. The effect of physical and occupational therapy on activities of daily living in stroke inpatients at least 3 months after stroke. *Physical Therapy Korea*. 2007;14(1):74-81.
- Kwon YC, Park JH. Korean Version of mini-mental state examination(MMSE-K) part I : Development of the Test for the Elderly. *Journal of the Korean neuropsychiatric association*. 1989;28(3):508-513.
- Lee DS, Lee KH, Kang TW et al. Effects of early robot-assisted training using virtual reality program in patient with stroke. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2013;25(4):195-203.
- Lomaglio MJ, Eng JJ. Muscle strength and weight-bearing symmetry relate to sit-to-stand performance in individuals with stroke. *Gait & posture*. 2005;22(2):126-131.
- Mackay-Lyons M, McDonald A, Matheson J et al. Dual effects of body-weight supported treadmill training on cardiovascular fitness and walking ability early after stroke: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2013;27(7):644-653.
- Mangold S, Schuster C, Keller T et al. Motor training of upper extremity with functional electrical stimulation in early stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2009;23(2):184-190.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system*. USA: Mosby publication. 2002.
- Ng SS, Hui-Chan CW. Contribution of ankle dorsiflexor strength to walking endurance in people with spastic hemiplegia after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012;93(6):1046-1051.
- Ottenbacher KJ, Jannell S. The results of clinical trials in stroke rehabilitation research. *Archives of Neurology*. 1993;50(1):37-44.

- Park KH, Kim SK, Chung HA et al. The review of functional electrical stimulation. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy*. 2001;13(2):300-405.
- Sabut SK, Lenka KP, Kumar R et al. Effect of functional electrical stimulation on the effort and walking speed, surface electromyography activity, and metabolic response in stroke subjects. *Journal of Electromyography and kinesiology*. 2010;20(6):1170-1177.
- Shin JB, Moon JH, Oh HT et al. A clinical study of early rehabilitation in stroke. *Annals of rehabilitation Medicine*. 1988;12(1):78-84.
- Teasell R, Foley NC, Salter K. EBRSR : Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation. 13th ed. London. 2011.
- Thorvaldsen P, Asplund K, Kuulasmaa K et al. Stroke incidence, case fatality, and mortality in the WHO MONICA project. *Stroke*. 1995;26(3):361-367.
- Tong RK, NG MF, Li LS. Effectiveness of gait training using an electromechanical gait trainer, with and without functional electric stimulation, in subacute stroke: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006;87(10):1298-1304.
- Wilder RP, Wind TC, Jones EV et al. Functional Electrical Stimulation for a dropped foot. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*. 2002;12(3):149-159.
- Yagura H, Miyai I, Seike Y et al. Benefit of inpatient multidisciplinary rehabilitation up to 1 year after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003; 84(11):1687-1691.