

기능적 전기자극 훈련이 뇌졸중환자의 체중분포도와 동조화에 미치는 효과

강권영

서남대학교 물리치료학과

Effects of Functional Electrical Stimulation Training on Weight Distribution and Synchronization of the Lower Extremity of Patients with Post-Stroke

Kwon Young Kang

Dept. of Physical Therapy, Seonam University

ABSTRACT

Background : The purpose of this study was to compare the effects of functional electrical stimulation(FES) on weight distribution and synchronization of the lower extremity of patients with post-stroke. **Methods** : They were randomly divided into two groups, 8 people in the experimental group and 7 people in the control group. A total of 15 subjects volunteered to participate in this study. experimental groups were treatment FES training on parallel bars and control groups were FES training on chair. They was performed for 15 minute, three times in a week, for the 6 weeks. **Result** : The experimental group The weight distribution A, B, C, D and synchronization AB, CD, AD, BC indicating changes in statistical significance($p < .05$). However, the control group only showed significantly increased weight distribution A, C($p < .05$). In a variation, experimental and control groups showed significantly increased weight distribution A, B, C and synchronization AD. **Conclusion** : These findings suggest that the FES training on parallel bars are effective in improving the weight distribution and synchronization of lower extremity of patients with post-stroke. Further study will be continued in this method of therapeutic exercise and additional physical therapy program.

Key words : Functional Electrical Stimulation training, Weight Distribution, Synchronization

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

반마비 환자의 다리는 전체 보행 주기 내내 경직되어 있고, 발은 발바닥쪽 굽힘 되어 있으므로 디딤기 후반에 발목의 밀기 불능으로 중심을 이동하기가 곤란해진다. 흔들기에는 마비쪽 다리가 길어서 발끝을 땅에서 떼기 위하여 가끔 과도한 엉덩관절 굽힘과 함께 회돌림보행을 하게 된다(Kottke 등, 1982). 이러한 보행방식은 에너지 소모가 많고, 속도를 느리게 할 뿐만 아니라, 경직을 증가시키기도 한다(Burridge 등, 1997). 발목관절의 경직은 위운동신경세포의 증상으로 뻣침반사의 과흥분으로 오는 깊은힘줄반사의 항진과 긴장성뻣침반사의 속도에 따른 증가를 특징으로 하는 운동질환으로 반마비 환자들의 회복과정에서 기립 자세나 보행을 수행하는데 도움을 줄 수는 있으나 대부분은 관절 운동을 방해하여 이차적인 관절 구축을 유발시킴으로서 전반적인 환자의 균형 및 체중이동을 저해하게 된다(김영준 등, 1999). 이러한 이유로 반마비환자에게 적용하는 기능적인 전기 자극치료는 대부분 발 처짐이 있는 환자에게 이용하고 있는데, 그 원리는 종아리신경에 자극 출력을 주어서, 발목관절을 발등쪽 굽힘을 시켜서 보행을 개선시키는 것이다. 자극 출력은 종아리신경 자극으로 이루어지는데 표면전극으로 된 기능적 전기 자극치료기(FES)가 대부분이다(윤승호, 1994).

체중이동과 균형증진을 위해 사용하고 있는 일반적인 물리치료 방법으로는 현재 발목보조기가 보조적으로 사용되고 있고, 이외에는 기능적 전기 자극치료기가 보급되어 대부분의 중추신경계환자에게 처방되고 있다. 그러나 실제로 임상에서 쓰여 지고 있는 보조도구나 치료기기들의 적용방법에 대한 지침이 모호한 것이 사실이며, 이처럼 처방되고 있는 기능적 전기 자극기에 대한 효과 검증에 대한 논란이 여전히 부각되고 있는 것이 현실이다. 또한 반마비환자에게 적용하는 체중이동 훈련이나 균형 훈련 등은 수동적으로 치료사에 의해 이루어져 환자의 능동적 참여가 부족하

다(윤정규 등, 2005).

이에 임상에서 사용하고 있는 기능적 전기 자극치료기의 치료방법에 대한 환자의 능동적 참여를 이끌어 내기 위한 다양한 방법에 대한 효과검증이 여러 방면으로 이루어져야 될 것으로 생각되고 검증된 평가 도구들을 이용한 연구가 활발히 진행되어야 할 것이다. 정확한 임상적 평가와 적절한 치료의 선택은 반마비 환자의 치료에 있어서 주요한 쟁점이 되고 있는 것(김종만 등, 1997)처럼 이러한 검증평가를 통해 뇌졸중 환자의 재활결과를 수치화해 널리 보급할 필요성을 가지며, 이를 토대로 이전의 치료법에 대한 논의가 이루어진다면 보다 효과적이고 효율적인 치료법과 평가도구들이 새롭게 개발될 것으로 기대된다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상은 경기도 J병원에서 2012년 3월부터 6월까지 입원 및 외래로 치료중인 뇌졸중으로 진단된 자로 본 연구의 취지를 환자와 보호자에게 설명하여 연구에 동의한 15명을 선정하였고, 실험군 8명과 대조군 7명으로 무선탈당 하였다.

연구 대상자의 선정조건은 다음과 같다.

첫째, 뇌졸중 또는 뇌경색의 진단을 받은 자로서 발병기간이 6개월 이상인 자.

둘째, 지시하는 내용을 이해하며 지시한 내용에 적절한 반응을 보일 수 있는 자.

표 1. 대상자의 일반적 특성 (단위 : 명)

| | | 실험군 | 대조군 |
|----|-------|-----|-----|
| 성별 | 남 | 5 | 5 |
| | 여 | 3 | 2 |
| 나이 | <50 | 2 | 3 |
| | 51~60 | 4 | 2 |
| | >61 | 2 | 2 |
| 마비 | 오른쪽 | 5 | 4 |
| | 왼쪽 | 3 | 3 |

셋째, 견디지 못할 만큼의 통증 없이 기능적 전기 자극에 의해 발목 관절의 발등쪽 굽힘 반응이 일어나는 자.

넷째, 발등쪽 굽힘근의 마비가 있으나 5분 이상 서기가 가능한 자.

2. 측정 방법

2-1. Functional Electrical Stimulation

이 연구에 사용한 기능적 전기자극기는 Microstim (Medel GmbH, Berlin, German)을 이용하였다. 전극배치는 발등쪽 굽힘을 증가시킬 목적으로 대항근 촉진 배치법을 사용하였으며, 김봉옥 등(1996)의 연구를 참조하여 활동전극은 종아리뼈 머리 아래 1 cm에서 깊은종아리신경을 선택적으로 자극할 수 있도록 부착하였고, 기준전극은 종아리뼈 머리 앞쪽 아래 약 10cm 되는 긴종아리근과 앞정강근 사이에 배치시켜 깊은종아리신경의 신경지배를 받는 발목관절 및 발가락의 근육들이 선택적으로 자극되도록 하였다(그림 1).

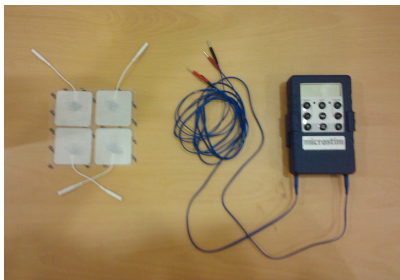


그림 1. Microstim (Medel GmbH, Berlin, German)

2-2. TETRAX Balance System

Sunlight사에서 개발한 균형검사와 훈련기구인 Tetrax를 사용하였다. Tetrax는 몸의 균형 상태를 측정하기 위해 고안된 기구로서 왼쪽발의 뒤쪽과 앞쪽, 오른쪽발의 뒤쪽과 앞쪽에 각각 힘 측정판(force plate) A, C와 B, D가 설치되어 있어 체중분포 측정과 상관계수를 이용한 동조화 측정이 가능하며, 모니터를 이용하여 바이오피드백 훈련을 시행할 수 있는 기구이다. 동조화는 네 개의 힘 측정판에서 자세의 흔들림을 측정하는 것으로 흔들림의 영역, 길이, 속도와 중력중심의 이동양상을 포괄적으로 측정하여 다리의 주동근과 대항근

의 상호신경 자극전달(reciprocal innervation)과 협응작용(coordination)을 측정한다. 낙상 위험도는 3단계로, 낮은 낙상위험도는 0-35, 중간 낙상위험도는 36-57, 높은 낙상위험도는 58-100으로 분류한다. 이 연구에서는 체중분포도 A, B, C, D와 동조화 AB, CD, AC, BD, AD, BC의 측정값만을 사용하였다(그림 2).



그림 2. Tetrax(Sunlight Inc., Ramat Gan, ISRAEL)

3. 연구 절차

이 연구는 실제 실험에 들어가기 전에 대상자들에게 다리 균형에 대해 설명하고, 실험목적과 방법에 대해 환자와 보호자의 동의를 받았다. 대상자 모두 측정은 Tetrax를 이용하였고, 실험 전 평가를 실시하고 6주간 주 3회에 걸쳐 동일한 방법으로 실험 후 평가를 실시하였다. 대조군은 현재 임상에서 치료받는 형태로 의자에 앉아서 15분 동안 기능적 전기 자극치료를 실시하였고, 실험군은 평행봉에서 보행하면서 15분 동안 기능적 전기 자극치료를 받았다. Tetrax 평가는 체중분포도(weight distribution)와 동조화(synchronization) 측정을 위해 환자는 측정판위에 양 발을 올려놓고 눈을 뜬 상태에서 전방 상위 15도를 바라보도록 하고, 양손은 몸 옆에 편안히 둔다. 측정하는 동안 환자는 최소 30초 정도를 손을 잡지 않은 상태에서 서 있어야 한다. 각각의 체중분포도는 25%씩 총 100%로 A, B, C, D의 값은 25에 가까울수록 향상된 값을 가진다. 동조화는 각각의 측정판 간의 상관계수의 값이다. AB, CD, AD, BC는 마이너스(-)

값을 가질수록, AC와 BD는 플러스(+값을 가질수록 향상되었다고 볼 수 있다(박창식과 강권영, 2011).

4. 분석 방법

이 연구에서는 SPSS/Window Version 12.0을 사용하

여 대상자들의 차이점을 알아보기 위하여 실험 전·후의 차이를 대응표본 t-test를 이용하여 분석하였고, 실험 후 실험군과 대조군의 변화 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-test를 이용하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 검정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 실험군의 전후 비교

표 2. 실험군의 체중분포도 (N=8)

| | | 전 | 후 | t | p |
|-----------|---|---------------------------|--------------|--------|-------|
| 체중분포도 (%) | A | 19.91 ± 4.96 [ⓐ] | 26.55 ± 4.45 | -2.600 | .037* |
| | B | 21.38 ± 4.08 | 26.18 ± 4.74 | -2.691 | .034* |
| | C | 19.09 ± 6.65 | 25.79 ± 1.85 | -3.011 | .023* |
| | D | 14.31 ± 2.02 | 19.37 ± 3.89 | -3.226 | .024* |

*p < .05

[ⓐ]Mean ± SD

표 3. 실험군의 동조화 (N=8)

| | | 전 | 후 | t | p |
|-----|----|-------------------------------|------------------|--------|-------|
| 동조화 | AB | -211.00 ± 417.20 [ⓐ] | -669.42 ± 98.11 | 2.513 | .046* |
| | CD | -628.57 ± 113.47 | -944.44 ± 44.37 | 2.893 | .028* |
| | AC | 515.85 ± 104.14 | 601.57 ± 150.62 | -2.077 | .070 |
| | BD | 441.11 ± 115.02 | 646.71 ± 105.41 | -2.105 | .068 |
| | AD | -531.14 ± 228.11 | -889.71 ± 66.05 | 3.079 | .022* |
| | BC | -706.42 ± 338.53 | -818.71 ± 347.57 | 2.990 | .024* |

*p < .05

[ⓐ]Mean ± SD

2. 대조군의 전후 비교

표 4. 대조군의 체중분포도 (N=7)

| | | 전 | 후 | t | p |
|-----------|---|---------------------------|--------------|--------|-------|
| 체중분포도 (%) | A | 22.91 ± 4.96 [ⓐ] | 26.55 ± 5.55 | -2.344 | .045* |
| | B | 26.38 ± 4.18 | 22.18 ± 4.84 | 1.748 | .100 |
| | C | 24.09 ± 6.65 | 19.79 ± 1.85 | 2.511 | .042* |
| | D | 20.31 ± 2.02 | 21.37 ± 3.89 | -1.006 | .211 |

*p < .05

[ⓐ]Mean ± SD

표 5. 대조군의 동조화

(N=7)

| | | 전 | 후 | t | p |
|-----|----|-------------------------------|------------------|--------|------|
| 동조화 | AB | -447.00 ± 407.30 ^a | -121.42 ± 618.22 | -.911 | .380 |
| | CD | -463.57 ± 613.47 | -447.14 ± 444.37 | -.060 | .851 |
| | AC | 241.85 ± 694.14 | 37.57 ± 540.62 | .510 | .610 |
| | BD | 489.11 ± 215.02 | 476.71 ± 395.41 | .080 | .847 |
| | AD | -780.14 ± 28.11 | -661.71 ± 266.05 | -1.550 | .152 |
| | BC | -732.42 ± 38.53 | -721.71 ± 247.57 | -.107 | .918 |

*p<.05

^aMean ± SD

3. 실험군과 대조군간의 변화량 비교

표 6. 체중분포도 변화량

(N=15)

| | | 실험군(N=8) | 대조군(N=7) | t | p |
|-----------|---|--------------------------|--------------|--------|-------|
| 체중분포도 (%) | A | 6.52 ± 6.96 ^a | 3.60 ± 9.55 | -2.467 | .030* |
| | B | 4.80 ± 5.18 | -4.78 ± 4.84 | -2.391 | .036* |
| | C | 6.70 ± 6.65 | -4.82 ± 6.85 | -3.238 | .006* |
| | D | 5.11 ± 2.02 | 1.45 ± 3.89 | -1.010 | .291 |

*p<.05

^aMean ± SD

표 7. 동조화 변화량

(N=15)

| | | 실험군(N=8) | 대조군(N=7) | t | p |
|-----|----|-------------------------------|------------------|--------|-------|
| 동조화 | AB | -487.00 ± 307.30 ^a | -369.42 ± 118.22 | -1.778 | .079 |
| | CD | -328.57 ± 113.47 | 16.14 ± 344.37 | -.678 | .455 |
| | AC | 85.85 ± 194.14 | -201.57 ± 140.62 | .766 | .467 |
| | BD | 201.11 ± 215.02 | -12.71 ± 395.41 | .911 | .357 |
| | AD | -331.14 ± 228.11 | 115.71 ± 166.05 | -3.079 | .009* |
| | BC | -111.42 ± 38.53 | 11.71 ± 347.57 | -.824 | .411 |

*p<.05

^aMean ± SD

IV. 논 의

반마비 환자들을 위한 치료에 있어서 균형능력을 향상시키는 것은 매우 중요하다. 균형능력의 향상은 뇌졸중 환자의 일상생활에 있어 기능적인 독립을 이루는데 꼭 필요한 요소 중의 하나이다(Davies, 1985).

Keenan 등(1984)은 보행 능력은 균형 감각과 높은 상관관계가 있음을 발견하였고, 다른 여러 연구에서도 서기균형이 보행 능력과 유의한 상관관계가 있음

을 보고하였다. 반마비 환자의 불안정한 서기균형은 손상된 평형반응으로부터 나타난다. 대부분의 반마비 환자들은 불안정한 서기자세를 보이며, 체중의 많은 부분을 건강한쪽 다리로 지지한다(Dickstein 등, 1984). 이러한 비대칭성은 반마비 환자 물리치료의 중요한 목표인 균형증진을 통한 보행향상과 높은 상관성을 나타내는 것으로 알려졌다(Di fabio와 Badke, 1990).

반마비 환자들은 서기자세 시에 일반적으로 마비쪽 다리에 더 작은 체중부하를 주는 것으로 보고된다

(Bohannon과 Larkin, 1985; Cadwell 등, 1986; Dickstein 등, 1984). 이 실험의 결과에서는 대상자들의 마비쪽 체중분포도와 동조화의 대칭성으로 균형능력이 향상되었다고 볼 수 있겠다. Liberson(1961)이 최초로 반마비 환자에 대해서 기능적 전기 자극을 실시함으로써 발처짐 현상을 교정하였고, 자극을 제거한 후에도 앞정강근의 기능이 일시적으로나마 유지되는 것으로 보고하였다. 1990년대에 들어서면서 반마비 환자를 대상으로 하지기능의 회복향상을 목적으로 하는 기능적 전기 자극치료의 적용빈도가 증가하였는데, 반마비 환자를 대상으로 3주 간 기본적인 물리치료만 적용한 군과 기능적 전기 자극을 적용한 군을 비교한 결과 기능적 전기 자극군의 독립적 활동 능력이 더 향상된 것으로 나타났다(Bogatay 등, 1995). 이 연구결과에서도 마비쪽의 체중분포도가 향상되었고 각각의 동조화에서도 상관성이 높게 나와 서기균형에 도움이 된 것으로 생각되며 나아가 보행에 있어서도 향상을 보일 것으로 생각된다. Water 등(1984)도 반마비 환자의 종아리신경에 기능적 전기 자극을 실시함으로써 발 처짐 현상의 호전을 관찰 할 수 있었다고 보고 하였고, Granat 등(1996)은 종아리신경 자극이 직접적으로 발바닥 굽힘과 가쪽 번짐에 효과를 나타냈다고 보고 하였다. 기존의 연구에서는 기능적 전기 자극치료가 효과적이라는 결론을 모두 이끌어 냈으나 이 연구에서는 방법적 차이를 비교하였다. 기능적 전기 자극을 이용한 균형훈련을 실험군과 대조군 모두 적용하였으나 수동적인 자세에서보다는 능동적인 움직임이 첨가된 기능적 전기 자극치료가 더욱 효과적으로 체중분포도와 동조화에 영향을 주었다는 결론을 얻게 되었다. 대부분의 물리치료 기기들은 환자의 능동적인 참여보다는 수동적으로 이루어졌고, 실제 치료에서도 수동적인 치료가 많이 시행되었기 때문에 균형 향상에 관한 많은 연구들이 있으나 능동적으로 치료에 참여하는 방법적 차이를 두지 않았다(윤정규 등, 2005). 이처럼 현재 임상에서 사용하는 물리치료 기기들의 사용방법에 대한 정확한 평가를 통해 효과를 되짚어 보는 것이 필요할 것으로 생각된다. 그리고 적용방법에 따른 물리치료 기기들의 질적 차이에 대한 지속적인 연구가

이어진다면 임상에서의 보다 높은 수준의 치료방법들이 개발될 것으로 생각된다.

V. 결 론

이 연구는 기능적 전기 자극 훈련의 효과를 알아보았다. 연구 대상자는 경기도 J병원에서 물리치료를 받는 뇌졸중이나 뇌손상으로 진단된 실험군 8명과 대조군 7명으로 총 15명이 6주 간, 주3회 처치를 실시하였다.

기능적 전기 자극훈련을 하고 실험 전·후 균형 향상 정도를 측정하기 위하여 Tetrax를 이용하여 환자의 체중분포도와 동조화를 측정하였다. 실험군에서는 실험 전·후 체중분포도와 동조화 AC, BD를 제외하고 모두 유의한 차이를 보였고($p < .05$), 대조군에서는 체중분포도 A, C만이 유의한 차이를 보였다($p < .05$). 구간 변화량에서는 체중분포도 A, B, C와 동조화 AD만이 유의한 차이를 보였다($p < .05$).

이 연구는 균형능력의 향상을 위해 기능적 전기 자극훈련을 적용하여 뇌졸중환자의 기능향상을 위한 효과적인 운동방법을 제시하고자 하였다.

결론적으로 뇌졸중환자의 균형능력 증진을 위해 기능적 전기 자극훈련이 효과적인 것으로 나타났으나 치료방법에서 평행봉에서 기능적 전기 자극치료가 보다 더 효과적이었다. 앞으로도 뇌졸중환자의 기능향상을 위한 새로운 치료법들의 검증연구가 지속되어야 할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- 김봉옥, 모종옥, 정혜심, 김병식. 반마비 보행에 대한 기능적(FES)치료 효과. *충남대의대잡지* 1996; 23(1):217-222.
- 김영준, 박인선, 이영준, 김찬환, 최장석, 조근열. 뇌졸중환자에서 표면전기자극이 경직에 미치는 영향. *대한재활의학회지* 1999; 22(1):27-33.
- 김종만, 이정원, 이충휘, 노정석. 편마비환자의 균형기

- 능과 감각조직화. *한국전문물리치료학회지* 1997; 4(3):61-69.
- 박창식, 강권영. 시각적 바이오피드백 시뮬레이션훈련이 불완전 척수손상환자의 균형에 미치는 효과. *한국콘텐츠학회논문지* 2011;11(11):194-203.
- 윤승호. 기능적인 전기 자극(FES)에 의한 마비지 기능 재건. *충남대의대잡지* 1994;21(1):267-276.
- 윤정규, 김명훈, 육동원. 자기통제 결과지식이 편마비 환자의 균형능력에 미치는 영향. *한국전문물리치료학회지* 2005;12(1):36-44.
- Bohannon RW, Larkin PA. Lower extremity weight bearing under various standing conditions in independently ambulatory patients with hemiparesis. *Physical Therapy* 1985;65:1323-1325.
- Bogataj U, Gros N, Kljajic M, et al. The rehabilitation of gait in patients with hemiplegia: a comparison between conventional therapy and multichannel functional electrical stimulation therapy. *Physical Therapy* 1995;75:490-502.
- Burridge J, Taylor P, Hagan S, Swain I. Experience of clinical use of the odstock dropped foot stimulator. *Artificial organs* 1997;21(3):254-260.
- Cadwell C, Macdonald D, Macneil K, McFarland K, Turnbull GI, Wall JC. Symmetry of weight distribution in normals and stroke patients using digital weight scales. *Physiotherapy Theory and Practice* 1986;2(3):109-116.
- Davies PM. Steps to Follow. A Guide to the Treatment of Adult Hemiplegia. 2nd ed. Berlin: Springer-Verlag; 1985.
- Dickstein R, Nissan M, Pillar T, Scheer D. Foot-ground pressure pattern of standing hemiplegic patients: Major characteristics and patterns of improvement. *Physical Therapy* 1984;64(1):19-23.
- Di fabio RP, Badke MB. Relationships of sensory organization to balance function in patients with hemiplegia. *Physical Therapy* 1990;70(9):542-548.
- Granat MH, Maxwell DJ, Ferguson AC, Lees KR, Barbenel JC. Peroneal stimulator: Evaluation for the correction of spastic drop foot in hemiplegia. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 1996;77(1):19-24.
- Keenan MA, Perry J, Jordan C. Factors affecting balance and ambulation following stroke. *Clinical orthopaedics and related research* 1984;182:165-171.
- Kottke, FJ, Stilwell GK, Lenmann JF. Krusen's handbook physical medicine and rehabilitation. 3rd ed. Philadelphia: W.B.saunders; 1982. p.86-100.
- Liberson WT, Holmquest HJ, Scott D, Dow M. Functional electrotherapy stimulation of the peroneal nerve synchronised with the swing phase of the gait of hemiplegic patient. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 1961;42:101-105.
- Waters RL. The enigma of "carry over". *International rehabilitation medicine*, 1984;6(1):9-12.
- 논문접수일(Date Received) : 2012년 9월 6일
 논문수정일(Date Revised) : 2012년 9월 16일
 논문게제승인일(Date Accepted) : 2012년 9월 26일