

FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행훈련이 만성 뇌졸중 환자의 보행과 균형에 미치는 영향

■ 왕계석, 윤세원¹, 조운수², 김용남²

남부대학교 대학원 물리치료학과, ¹광주여자대학교 물리치료학과, ²남부대학교 물리치료학과

Effect of the Combined Use of FES and Over ground Walking with Partial Body-Weight Support on Walking and Balance Competency in Patients with Chronic Strokes

Gye-Seok Wang, PT, MS; Se-Won Yoon, PT, PhD¹; Woon-Su Cho, PT, PhD²; Yong-Nam Kim, PT, PhD²

Department of Physical Therapy, Graduate School, Nambu University; ¹Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University; ²Department of Physical Therapy, Nambu University

Purpose : We investigated the effects of the combined use of FES and over ground walking with partial body-weight support (PBWS) on walking function and balance control in people with chronic strokes.

Methods : Twenty-seven people who were ambulatory after chronic strokes were evaluated. The exercise's intervention consisted of the combined use of FES and over ground walking with PBWS and general exercise groups. The FES + PBWS group and general exercise group consisted on a 20-minute session per day, 3 times a week during a 4 week period. The evaluation was carried out before, after, and two weeks after the exercise intervention. Outcome measures were a 6 Minute Walk Test, 6-Meter walk Test, Timed Up and Go Test, and a Balance Test, measured before and after the exercise interventions at a 2 week follow up.

Results : The endurance was significantly increased in both the FES+PBWS group and general exercise group ($p < 0.05$). Significant increase on the gait velocity was observed in both the FES+PBWS group and general exercise group ($p < 0.05$). The TUG was significantly different in both the FES + PBWS group and general exercise group ($p < 0.05$). However there were no differences in both the between-group & interaction. The stability index was significantly different in both the FES + PBWS group and general exercise group ($p < 0.05$).

Conclusion : In conclusion, the combined use of FES and over ground walking with PBWS led to an improvement in walking function and balance control. Thus, it is possible to combine the use of FES and over ground walking with PBWS for physical therapy intervention to improve walking function and balance control. It is suggested to apply this intervention in the clinical field.

Key words : FES, Balance, Partial body-weight support (PBWS)

논문접수일 : 2012년 5월 26일

수정접수일 : 2012년 5월 31일

게재승인일 : 2012년 6월 1일

교신저자 : 김용남, kyn0231@nambu.ac.kr

1. 서론

뇌졸중(stroke)은 장애와 불구를 유발하는 주요한 원인 중 하나로서 40%는 중증의 기능적 손상을 가지고, 15~30%는 심각한 장애를 가진다.¹ 또한 남은 장애에 대한 지속적인 재활치료가 요구된

다.² 뇌졸중의 예방과 치료에 관한 많은 발전이 있었음에도 불구하고 뇌졸중의 발생빈도는 계속해서 증가하고 있으며,³ 뇌졸중의 발생부위와 정도에 따라서 신경학적 결손이 결정된다.⁴ 뇌졸중 환자에게 나타나는 일반적인 문제점으로는 운동기능, 인지기능, 감각지각의 장애, 근 긴장도의 생성 및 조절의 문제, 보행장

에 등 여러 가지 증상을 들 수 있다.⁵ 뇌졸중 후 보행장애는 독립적 보행을 어렵게 하고 일상생활동작의 수행과 지역사회 참여, 직장으로의 복귀하는 능력을 제한한다.⁶ 따라서 정상적인 보행패턴과 속도를 성취하는 것은 보행훈련의 궁극적인 목표이다.⁷

뇌졸중 환자의 보행은 손상된 마비측에 대하여 비정상적인 패턴으로 나타나게 되는데 이것은 운동조절장애뿐만 아니라 관절과 자세 조절 불량, 근 약증, 비정상적인 근 긴장도, 비정상적 근 활동 패턴 등 다양한 양상을 나타낸다.⁸ 뇌졸중 환자들의 비정상적인 보행은 정상인과 비교해 보행속도가 느리고, 시·공간적, 운동학적·운동역학적 변수들의 비대칭을 보이며, 특히 분속수의 감소, 보행 주기의 증가, 양하지 지지기의 증가, 보장과 활보장의 감소가 특징이다.⁹

보행속도는 편마비 환자의 균형을 유지하는 능력과 밀접한 연관이 있으며,¹⁰ 균형능력의 저하는 일상생활에서의 보행 제한과 함께 보행속도를 감소시키는 원인이 된다.¹¹ 보행속도의 감소는 마비측 다리의 약증과 감각소실로 인해 마비측 다리가 비마비측 다리보다 단일 지지기간이 짧기 때문이다.¹²

균형은 지지하고 있는 관절과 기저면 위로 연결된 신체분절들의 동작을 제어하는 것을 의미하고,¹³ 자세와 활동하는 동안 균형상태를 유지하고 수행하며 회복하는 행동이다.¹⁴ 그러나 뇌졸중 환자는 뇌 손상으로 인해 균형감각의 소실, 운동조절력의 감소 및 근력약화로 인해 신체 안정성이 결여됨으로써 균형조절 능력이 상실되고,¹⁵ 체중분산(weight distribution)패턴이 변경되어 약한 다리 쪽으로 체중을 거의 지지하지 않으며, 약한 다리 쪽의 지지면 주변으로 체중을 이동할 때 더 작은 편위(excursion)을 보여 자세동요(postural sway)가 증가하게 된다.¹⁶ 최근 Yang 등¹⁷의 연구에 의하면 편마비 환자들은 선 자세에서 손상된 하지에 체중의 25~40% 이하의 부하만을 지지함으로써 비대칭적인 자세가 생긴다고 보고하였다.

편마비 환자의 비정상적 자세제어와 체중분배를 해결하기 위하여 수 많은 중재방법들이 연구되어지고 있으며, 이러한 중재방법은 트레이드밀 훈련(treadmill training), 체중지지(body-weight support), 부분적인 체중지지 트레이드밀 훈련(partial body-weight supported treadmill training), 지상보행(overground gait), 과제 특이적 보행훈련(task-specific gait training) 등을 포함한다.¹⁸

그 중 빠른 속도의 트레이드밀 훈련이 느린 속도의 훈련보다 뇌졸중 후 보행을 향상시키는데 더 효과적임을 지속적으로 보여주고 있으며,¹⁹ Laufer 등²⁰은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 체중부하 트레이드밀 보행훈련의 효과성 연구에서 보행속도의 증가, 보행주기

의 변화, 하지 근력강화, 심혈관계 개선, 근 지구력의 호전을 보여 전통적인 물리치료보다 더 나은 결과를 제시하였고, 이런 방법의 유용성을 뒷받침하는 긍정적인 연구결과들을 보고하였다.²¹

Hesse와 Uhlenbrock²²는 비록 부분적인 체중지지 보행이 입각기와 유각기 동안 발과 다리의 움직임과 무게중심의 안정성을 증가 시킴으로써 체중이동을 도울 수 있다 할지라도 부분적 체중지지는 체중부하 동안 발목 발등굽힘과 무릎굽힘을 제공할 수 없다는 연구결과를 제시하였다.

그 해결책으로 부분적인 체중지지 보행훈련은 보행을 도와주는 기능적 전기자극(functional electrical stimulation, FES)과 신경학적 상태를 가진 환자의 이동기능을 향상시킬 수 있는 약물학적 접근(pharmacologic approaches) 같은 다른 재할 전략과 결합하여 사용할 수 있다.²³

따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 안정성과 이동성 측면에서 FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행과 균형능력 개선을 위한 중재수단으로 적용함으로써 만성 뇌졸중 환자들의 보행과 균형능력에 미치는 영향을 알아보고 임상적 증재에 있어서 활용 가능성에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 입원 혹은 외래 진료를 받고 있는 만성 뇌졸중 편마비 환자를 대상으로 하였다. 연구대상자는 실험 내용에 대해 충분한 설명을 들은 후 자발적인 동의하에 참여하였다. 연구대상자의 선정기준은 뇌졸중으로 진단 받고 6개월 이상 경과한 자, 지팡이나 보행기 사용 유무와 관계없이 독립적으로 10m이상 보행이 가능한 자, 연구내용을 이해하고 의사소통이 가능하며 지시에 따를 수 있는 자, 하지에 정형외과적 질환이 없고 관절가동범위에 제한이 없는 자, 전기 자극 후 FES 자극 패드에 가려움이나 발적과 같은 피부 알러지가 없는 자를 대상으로 하였다(표 1).

표 1. 대상자들의 일반적 특성

특성	FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행군	일반운동군
나이(세)	54.1±8.6	58.9±6.7
신장(cm)	169.4±10.0	162.9±6.4
체중(kg)	65.2±10.8	59.7±7.6
발병기간(개월)	13.9±9.2	16.1±9.0
평균±표준편차		

2. 실험방법

본 연구는 만성 뇌졸중 편마비로 진단을 받은 대상자를 보행과 균형에 관련된 기능을 검사할 수 있는 도구와 균형능력을 측정하는 Tetrax Portable-Multiple System (Tetrax, Sunlight Medical, 이스라엘)를 이용하여 사전검사를 실시하였다. 사전검사 후 총 27명의 대상자들은 FES(Walkwaide Patient Kit, Innovative Neurotronics, 미국)와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행군과 일반운동군에 각각 14명, 13명씩 무작위 배치하고 4주간 훈련을 실시하였다. FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행군과 일반운동군의 대상자들은 4주 동안 주 3회, 1회당 20분씩 훈련을 실시하였으며, 모든 대상자는 병원에서 치료의 일환으로써 매일 정규적인 물리치료를 30분간 받았다. 연구대상자 27명은 4주 동안의 운동종료 직후 사전검사 항목을 다시 측정하였고, 운동종료 2주일 후에 추적검사를 시행하였다.

1) 운동방법

(1) FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행군

FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행훈련은 초기 부분적인 체중지지의 양을 30%로 설정하였다.²⁴ 그리고 연구대상자들의 활동 내성이 증가할 때와 1명의 숙달된 치료사의 도움 없이 입각기와 유각기 동안 마비측 다리에 부하를 줄 수 있을 때 점진적으로 감소시켰다.

FES 부착 자세로 환자는 등받이가 있는 의자에 앉았다. 피부표면에 부착하는 전극(Walkwaide Electrodes, Innovative Neurotronics, 미국)은 벨크로에 부착하여 앞정강근(양극)과 종아리뼈머리 근처의 온종아리신경 위(음극)에 부착하고, 기능적 움직임의 반응을 얻을 수 있도록 온종아리신경 자극시 발목관절 등 쪽굽힘과 발의 가쪽변짐이 될 경우로 하였다.²⁵ 전극은 1채널 단일전극으로 1.5×1.5cm 접착식 전극을 사용하여 온종아리 신경에 부착하였다. 자극조건은 직사각파형으로 펄스 폭 100 μ s, 자극주파수는 25Hz, 자극시간은 0.5~1sec, 자극강도는 환자의 기능적 회복 정도에 따라 환자가 견딜 수 있는 한도 내에서 최대강도로 설정하였다.

(2) 일반운동군

일반적인 운동치료는 마비측 체간, 팔, 다리의 딱딱해진 근육의 유연성을 회복하는 스트레칭 운동, 지구력을 증가시키고 순환을 향상시키기 위한 팔과 다리에 심혈관 운동, 팔과 다리, 몸통의 근력 강화운동을 실시하였으며, 일반적인 보행훈련으로 앉기균형(sitting balance), 앉은상태에서 일어서기(sit to standing), 서기균형(standing balance), 선 자세에서 체중이동, 평행봉에서

보행, 독립적인 보행이 어려울 경우 워커·지팡이 등 보조기구 중 1개를 사용한 보행 등의 활동이 포함된다.

2) 측정방법

(1) 보행능력(지구력, 속도)의 측정

① 6Minute Walk Test (6MWT)

6MWT는 지구력 운동에 대한 평가도구이다.²⁶ 이 연구에서 대상자들은 가능하면 20m 거리를 6분 동안 도움 없이 걷는 거리를 측정하였다. 검사자는 매 2분마다 시간을 불러주었으며, 매 30초 간격으로 “잘 하고 있습니다”, “좋은 움직임을 유지하세요”와 같은 표준독려를 제공하였다. 대상자들은 걷는 동안 스스로 걷는 속도를 정하고, 필요할 때 멈추거나 휴식을 취할 수 있고, 6분 동안 가능한 멀리 걷도록 하였다.

② 6-Meter Walk Test (6mWT)

6mWT는 안전하게 그리고 최대의 보행속도를 산출하기 위해 사용한다. 6mWT는 임상적으로 간편하게 가장 많이 사용하는 검사 방법으로 만약 가능하면 대상자는 도움 없이 안전한 속도로 10m를 걷도록 교육하였고, 보행거리 10m 중 시작과 끝의 각 2m는 가속과 감속을 위한 거리로 설정하였으며, 이 거리를 제외한 6m의 거리에 대한 보행시간을 초시계로 측정하여 보행시간을 측정하고 속도를 구하였다.²⁷ 측정오류를 감소시키기 위하여 3번 반복 측정된 보행속도의 평균을 계산하여 사용하였고, 대상자들은 각 검사 사이에 약 1분 간의 휴식을 주었다.

(2) 정적·동적 균형능력 검사

① Timed Up and Go Test (TUG; dynamic balance)

Podsiado와 Richardson²⁸에 의해 사용된 의자에서 일어서서 걷기(TUG)는 대상자의 동적 균형을 검사하기 위해 실시하였다. 대상자들은 팔걸이가 있는 의자에 앉은 상태에서 실험자의 출발지시와 함께 의자에서 일어나서 3m를 걷고 난 후 다시 제자리로 돌아와서 앉을 때까지 시간을 측정하였으며, 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

② Tetrax-ataxiometric Posturography

(Tetrax; static balance)

정적균형을 측정하기 위해 자세조절 검사 장비인 Tetrax Portable-Multiple System (Tetrax, Sunlight Medical, 이스라엘)을 사용하였다. 연구대상자가 발판에 발을 위치시키고 섰을 때 발판에 주어지는 압력에 대한 데이터는 증폭 및 필터링을 거친 후 컴퓨터로 전달되며, Tetrax 소프트웨어 프로그램을 통해 분석된다.²⁹

안정성 지수(stability index, ST)는 4개의 힘판에서 자세 흔들림 정도를 측정하여 전반적인 안정성을 나타내는 지수로, 안정성이 높을수록 더 불안정하다고 판단되며, 힘판에 실린 체중의 %가 자주 또는 많이 변했다는 것을 의미한다. 검사 중에는 최대한 움직임을 제한하도록 하고 자세를 잡는 초기 안정화 시기의 자료를 포함시키지 않기 위해 10초 동안 자세의 안정화 여부를 확인하고 검사를 시작하였다.

3. 자료분석

본 실험의 통계학적 분석은 상용 통계프로그램인 SPSS/win (version 14.0)을 사용하였다. 각 실험 결과 값은 평균과 표준편차로 나타냈으며, 각 집단과 측정시기에 따른 변화에 대한 분석은 반복측정 분산분석(repeated measures ANOVA)을 하였다. 모든 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 정하였다.

III. 결과

1. 보행능력(지구력, 속도)의 변화

1) 6MWT의 변화

6MWT의 변화에서 일반운동군은 운동 전 104.95±43.74, 운동 종료 후 113.68±43.64, 운동종료 2주 후 117.87±43.39로 변화가 크지 않았으나, FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행군은 운동 전 106.26±46.44, 운동종료 후 168.21±61.52, 운동종료 2주 후 183.68±67.72로 크게 증가하였다(표 2).

각 군의 6 MWT에 대한 반복측정 분산분석 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 시기와 군에 따른 상호작용에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 또한 군 간에도 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(표 2).

표 2. 6MWT의 변화

(단위: m)

군	시간			F		
	실험 전	4주 후	6주 후	시간	군	시간X군
지상보행군	106.26±46.44	168.21±61.52	183.68±67.72	74.643*	4.262*	39.235*
일반운동군	104.95±43.74	113.68±43.64	117.87±43.39			

평균±표준편차

* $p < 0.05$

2) 6mWT의 변화

6m 보행의 변화에서 일반운동군은 운동 전 22.25±6.30, 운동종료 후 21.88±7.96, 운동종료 2주 후 21.52±7.87으로 변화가 작

았으나, FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행군은 운동 전 22.21±12.73, 운동종료 후 18.07±9.40, 운동종료 2주 후 17.68±8.58로 감소되었다(표 3).

각 군의 6mWT에 대한 반복측정 분산분석 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 시기와 군에 따른 상호작용에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 그러나 군 간에는 통계학적으로 유의하지 않았다(표 3).

표 3. 6mWT의 변화

(단위: sec)

군	시간			F		
	실험 전	4주 후	6주 후	시간	군	시간X군
지상보행군	22.21±12.73	18.07±9.40	17.68±8.58	6.936*	0.573	4.088*
일반운동군	22.25±6.30	21.88±7.96	21.52±7.87			

평균±표준편차

* $p < 0.05$

2. 정적·동적 균형능력 검사

1) TUG의 변화

TUG의 변화에서 일반운동군은 운동 전 37.76±14.08, 운동종료 후 35.19±12.05, 운동종료 2주 후 33.61±9.93으로 변화가 감소하였으며, FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행군은 운동 전 37.07±17.73, 운동종료 후 30.44±14.25, 운동종료 2주 후 28.96±13.00으로 감소되었다(표 4).

각 군의 TUG에 대한 반복측정 분산분석 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며($p < 0.05$), 시기와 군에 따른 상호작용에서도 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 군 간에도 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(표 4).

표 4. TUG의 변화

(단위: sec)

군	시간			F		
	실험 전	4주 후	6주 후	시간	군	시간X군
지상보행군	37.07±17.73	30.44±14.25	28.96±13.00	13.504*	0.433	1.781
일반운동군	37.76±14.08	35.19±12.05	33.61±9.93			

평균±표준편차

* $p < 0.05$

2) 안정성 지수의 변화

안정성 지수의 변화에서 일반운동군은 운동 전 42.30±15.61, 운동종료 후 40.25±11.97, 운동종료 2주 후 38.30±10.88로 변화

가 크게 감소하지 않았으나, FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행군은 운동 전 40.42±15.62, 운동종료 후 30.54±13.58, 운동종료 2주 후 23.79±8.01으로 감소되었다(표 5).

각 군의 안정성 지수에 대한 반복측정 분산분석 결과 시기별에서 유의한 차이가 나타났으며(p<0.05), 시기와 군에 따른 상호작용에서도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). 또한 군 간에도 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.05)(표 5).

표 5. 안정지수의 변화

(단위: stability index)

군	시간			F		
	실험 전	4주 후	6주 후	시간	군	시간X군
지상보행군	40.42±15.62	30.54±13.58	23.79±8.01	10.234*	4.279*	3.880*
일반운동군	42.30±15.61	40.25±11.97	38.30±10.88			

평균±표준편차

*p<0.05

IV. 고찰

FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행훈련은 과제 특이적 보행훈련이며, 뇌졸중 후 편마비를 가진 환자들의 이동패턴에 대한 기능적 움직임, 이동능력, 감각입력을 향상시킬 것이다. FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행훈련은 보행에 대한 과제 특이적 훈련과 능동적 반복적인 움직임 훈련을 제공하기 때문이다. 본 연구는 발병 후 6개월 이상 된 만성 뇌졸중 환자 27명을 대상으로 부분적인 체중지지와 FES를 결합한 지상보행훈련을 4주 동안 적용하여 보행과 균형에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 지구력 훈련은 환자가 행동을 수행하는 데 있어서 기술을 획득하기 위한 실기로서 뿐만 아니라 환자들이 행동을 수행할 수 있도록 충분한 근력, 지구력, 건강을 획득하는 것이 필요하다.³⁰ Macko 등³¹은 뇌졸중으로 인한 만성 편마비 환자를 대상으로 부분적 체중지지를 이용하여 6개월 간 주 3회의 지구력 훈련을 시켰을 때 대조군에 비해 산소 소모량 등의 운동능력과 보행능력에 유의한 향상을 보고하였다.

본 연구에서 FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행군은 6 Min Walking Test에서 훈련기간 내내 일반운동군 보다 더 높은 평균값과 더 긴 보행거리를 보였다. 그리고 두 그룹은 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 뇌졸중 환자들에게 부분적 체중지지와 FES를 결합한 지상보행 훈련이 하지근력강화, 심혈관계 개선, 지구력을 증진시켜 기능적 움직임을 수행하는데 도

움이 된다는 것을 의미한다.

뇌졸중 후 가장 흔한 운동손상은 근력약화이며, 근력의 손상은 뇌졸중 후 보행속도를 결정하는데 가장 중요한 제한요소로 생각된다.³² 본 연구에서 FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행군은 6-Meter Walk Test에서 훈련기간 내내 일반운동군 보다 더 낮은 평균값과 더 빠른 평균 보행속도를 보였다. 그러나 두 그룹 사이의 통계학적 차이는 보이지 않았다. 이러한 결과는 FES와 부분적 체중지지를 결합한 지상보행군의 자극부위의 수가 적었기 때문이라고 생각된다.

Daly 등³³의 연구에 의하면 근육 내 전극에 의해 자극되는 근육이 더 많을수록 보행의 향상은 더 크다고 보고하고 있다. 본 연구는 또한 Hesse 등³⁴에 의해 수행된 연구와 다르며 이러한 차이점에 대해 Lindquist 등²⁵은 FES에 의해 자극된 근육의 수와 자발적 회복의 기여로 설명하였다. 특히 Hesse 등³⁴의 연구에서 11명의 대상자 중 6명의 뇌졸중 기간은 6개월 미만이었다. 즉 이전 연구의 대부분은 급성 환자들을 대상으로 하였으나 본 연구에서는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다는 점이 원인인 것으로 판단된다. 일상생활의 기능에서 개개인은 다양한 자세를 적응시키고 유지하며, 외적 동요에 반응하며 그리고 수의적 움직임에 앞서 자동적 자세반응을 사용해야만 한다. 뇌졸중 후 이러한 과제 일부 또는 모두는 일반적으로 더 어렵게 되며,³⁵ 비손상측 하지에 대한 체중지지의 증가와 함께 조용히 서기, 공평하지 않는 체중분배 동안 흔들림(sway)의 증가는 서기에서 체중이동 능력(weight-shifting ability)을 감소시키고, 비정상적인 자세조절을 증가시킨다.³⁶

본 연구에서는 FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행훈련이 정적·동적 균형조절 능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 Timed Up and Go (TUG), 정량적 측정 장비로 Tetrax를 사용하여 균형능력을 평가하였다.

FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행군은 TUG의 변화에서 훈련기간 내내 일반운동군 보다 더 낮은 평균값과 더 빠른 평균 이동속도를 보였다. 그러나 두 그룹 사이의 통계학적 차이는 보이지 않았다. Walker 등³⁵의 연구에서 보행속도의 향상은 뇌졸중 환자들이 보행하는 동안 의자로 이동하기와 방향의 전환을 더 잘 할 수 있다고 하였으나 본 연구의 결과에서는 이러한 결과와 일치하지 않았다. 이러한 결과는 일반운동군의 중재방법에서는 앉은상태에서 일어서기(sit-to-stand) 동작이 포함된 중재전략을 사용하였으나 FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행훈련은 반복적인 실기를 통한 이동능력에 초점을 맞추어 훈련하였기 때문으로 생각되어진다.

뇌졸중 후 정적·동적 균형능력을 유지하는 능력의 감소는 자세

안정성(postural stability)을 유지하는데 필요한 적절한 운동행동을 생산하기 위해 감각정보(시각, 안뜰 그리고 몸감각계)를 선택하는 능력과 연관되어 있다.³⁷ 자세조절은 우리가 과제와 환경 상태의 변화에 따라 공간에서 몸의 위치와 움직임에 관한 감각정보를 사용하여 적응하는 능력이다.³⁸

본 연구에서 정량적 측정 장비인 Tetrax를 이용하여 측정한 안정성 지수에 대한 연구의 결과에서 FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행군은 훈련기간 내내 일반운동군 보다 더 낮은 평균 값과 더 낮은 안정성 지수를 보였으며, 두 그룹은 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 이는 부분적인 체중 지지를 통한 근골격계 시스템에 대한 부하와 FES를 이용한 들심성-날심성 자극이 손상된 몸감각에 대한 자극을 증가시켰기 때문으로 생각되어진다. 따라서 뇌졸중 환자의 부적합 자세제어의 문제를 해결하기 위한 효과적인 증재의 조건 역시 요구와 의도중심으로 이루어져 동기를 유발시키고 능동적 참여를 이끌어 낼 수 있는 타당한 과제, 과제수행에 대한 다양한 감각 되먹임의 정보를 기반으로 하는 집단적인 훈련, 실생활에서의 활동을 자극하기 위한 환경적 자극 등이 포함되어야 한다고 생각된다.³⁹

이상의 결과로 부분적인 체중지지와 FES를 결합한 지상보행훈련은 보행능력과 자세조절의 회복을 증가시키는데 효과적이며, 뇌졸중 후 보행 기능장애와 자세조절 장애에 대한 동적 과제 특이성을 제공하고, 주어진 과제에 대한 반복적인 노출은 환자들이 반응 효율성을 가장 효과적으로 이끌어 낸다.

추후 연구는 FES의 자극의 종류 및 자극강도에 대한 체계적인 연구와 여러 채널을 이용하여 마비측 하지 근육에 대한 적절한 선택과 보행에 필수적인 근육의 순차적 적용에 대한 연구가 필요하며, 이러한 재활전략의 결과를 신뢰할 수 있는 더 큰 표본과 정확한 방법론을 사용한 연구들이 개발되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행이 뇌졸중 환자의 보행능력 및 균형능력에 미치는 효과를 알아보기 위해 실시하였다. 본 연구의 결과 온종아리신경에 적용된 FES와 부분적인 체중지지를 결합한 지상보행은 보행능력과 균형능력의 향상을 보였다. 이런 훈련 전략은 자세조절과 이동능력을 향상시키는데 효과적이고 동적 자세 특이적 훈련을 제공한다. 따라서 FES와 부분적인 체중지지를 결합한 훈련은 만성 뇌졸중을 가진 환자들과 여러 형태의 장애를 가진 뇌졸중 환자들을 위한 효과적인 증재전략으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

Acknowledgement

본 논문은 왕계석의 석사학위 논문으로 수행되었음.

참고문헌

1. Duncan PW, Zorowitz R, Bates B et al. Management of adult stroke rehabilitation care: a clinical practice guideline. *Stroke*. 2005;36(9):e100-43.
2. Duncan P, Studenski S, Richards L et al. Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke*. 2003;34(9):2173-80.
3. Mayo NE, Wood-Dauphinee S, Cote R et al. Activity, participation, and quality of life 6 months poststroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2002;83(8):1035-42.
4. Teasell R, Bayona NA, Bitensky J. Plasticity and reorganization of the brain post stroke. *Top Stroke Rehabil*. 2005;12(3):117-26.
5. O'Sullivan SB, Schmitz TJ. *Physical rehabilitation: Assessment and treatment*. 4th ed. Philadelphia, FA Davis, 2001:529-64.
6. Higginson JS, Zajac FE, Neptune RR et al. Muscle contributions to support during gait in an individual with post-stroke hemiparesis. *J Biomech*. 2006;39(10):1769-77.
7. Lin PY, Yang YR, Cheng SJ et al. The relation between ankle impairments and gait velocity and symmetry in people with stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(4):562-8.
8. Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR. Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. *J Neurol Sci*. 1997;151(2):207-12.
9. Kim CM, Eng JJ. Symmetry in vertical ground reaction force is accompanied by symmetry in temporal but not distance variables of gait in persons with stroke. *Gait Posture*. 2003;18(1):23-8.
10. Baer HR, Wolf SL. Modified emory functional ambulation profile: an outcome measure for the

- rehabilitation of poststroke gait dysfunction. *Stroke*. 2001;32(4):973-9.
11. Dodd KJ, Morris ME. Lateral pelvic displacement during gait: abnormalities after stroke and changes during the first month of rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(8):1200-5.
 12. Husemann B, Muller F, Krewer C et al. Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: a randomized controlled pilot study. *Stroke*. 2007;38(2):349-54.
 13. MacKinnon CD, Winter DA. Control of whole body balance in the frontal plane during human walking. *J Biomech*. 1993;26(6):633-44.
 14. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ et al. What is balance? *Clin Rehabil*. 2000;14(4):402-6.
 15. Cheng PT, Liaw MY, Wong MK et al. The sit-to-stand movement in stroke patients and its correlation with falling. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998;79(9):1043-6.
 16. Tyson SF, Hanley M, Chillala J et al. Balance disability after stroke. *Phys Ther*. 2006;86(1):30-8.
 17. Yang YR, Chen YC, Lee CS et al. Dual-task-related gait changes in individuals with stroke. *Gait Posture*. 2007;25(2):185-90.
 18. Daly JJ, Ruff RL. Construction of efficacious gait and upper limb functional interventions based on brain plasticity evidence and model-based measures for stroke patients. *Scientific World Journal*. 2007;7:2031-45.
 19. Duncan PW, Sullivan KJ, Behrman AL et al. Protocol for the locomotor experience applied post-stroke (leaps) trial: a randomized controlled trial. *BMC Neurol*. 2007;7:39.
 20. Laufer Y, Dickstein R, Chefez Y et al. The effect of treadmill training on the ambulation of stroke survivors in the early stages of rehabilitation: a randomized study. *J Rehabil Res Dev*. 2001;38(1):69-78.
 21. Ivey FM, Hafer-Macko CE, Macko RF. Task-oriented treadmill exercise training in chronic hemiparetic stroke. *J Rehabil Res Dev*. 2008;45(2):249-59.
 22. Hesse S, Uhlenbrock D. A mechanized gait trainer for restoration of gait. *J Rehabil Res Dev*. 2000;37(6):701-8.
 23. Barbeau H, Visintin M. Optimal outcomes obtained with body-weight support combined with treadmill training in stroke subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(10):1458-65.
 24. McCain KJ, Pollo FE, Baum BS et al. Locomotor treadmill training with partial body-weight support before overground gait in adults with acute stroke: a pilot study. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(4):684-91.
 25. 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.
 26. Salbach NM, Mayo NE, Wood-Dauphinee S et al. A task-oriented intervention enhances walking distance and speed in the first year post stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2004;18(5):509-19.
 27. Suzuki K, Nakamura R, Yamada Y et al. Determinants of maximum walking speed in hemiparetic stroke patients. *Tohoku J Exp Med*. 1990;162(4):337-44.
 28. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-8.
 29. Kim CR, Chun MH, Lee GA. Assessments of balance control using tetra-ataxiometric posturography. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2009;33(4):429-35.
 30. Carr JH, Shepherd RB. The changing face of neurological rehabilitation. *Rev bras fisioter*.

- 2006;10(2):147-56.
31. Macko RF, Ivey FM, Forrester LW et al. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke*. 2005;36(10):2206-11.
32. Sullivan KJ, Brown DA, Klassen T et al. Effects of task-specific locomotor and strength training in adults who were ambulatory after stroke: results of the steps randomized clinical trial. *Phys Ther*. 2007;87(12):1580-602.
33. Daly JJ, Marsolais EB, Mendell LM et al. Therapeutic neural effects of electrical stimulation. *IEEE Trans Rehabil Eng*. 1996;4(4):218-30.
34. Hesse S, Malezic M, Schaffrin A et al. Restoration of gait by combined treadmill training and multichannel electrical stimulation in non-ambulatory hemiparetic patients. *Scand J Rehabil Med*. 1995;27(4):199-204.
35. Walker C, Brouwer BJ, Culham EG. Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. *Phys Ther*. 2000;80(9):886-95.
36. Badke MB, Duncan PW. Patterns of rapid motor responses during postural adjustments when standing in healthy subjects and hemiplegic patients. *Phys Ther*. 1983;63(1):13-20.
37. Bonan IV, Yelnik AP, Colle FM et al. Reliance on visual information after stroke. Part ii: effectiveness of a balance rehabilitation program with visual cue deprivation after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(2):274-8.
38. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: Translating research into clinical practice*. 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2007:1590-7.
39. Kim JH. Effects of virtual reality program on balance, gait and brain activation patterns in stroke patients. Daegu University. Dissertation of Doctorate Degree. 2005.