

리듬청각자극을 동반한 기능적 전기자극 보행훈련이 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력에 미치는 영향

김선환[†] · 김영민¹

한국교통대학교 대학원 물리치료학과, ¹한국교통대학교 물리치료학과

Effects of Functional Electrical Stimulation Gait Training with Rhythmic Auditory Stimulation on Balance and Gait Ability of Stroke Patients

Seon-Hwan Kim[†] · Young-Min Kim, PT, PhD¹

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

¹Department of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

Received: September 2, 2018 / Revised: September 3, 2018 / Accepted: September 27, 2018

© 2018 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The present study was conducted to investigate the effects of functional electrical stimulation gait training with rhythmic auditory stimulation on balance and gait ability in stroke patients.

METHODS: In this blinded randomized controlled study, 26 stroke patients were assigned to either experimental group (n=13) consisting of 30 min of gait training 5 days per week for 4 weeks while performing functional electrical stimulation gait training with rhythmic auditory simulation, or a control group (n=13) performing the same gait training program, also consisting of 30 minutes 5 days a week and lasting for 4 weeks,

but without functional electrical stimulation and rhythmic auditory stimulation. At baseline and after the 4 week intervention, balance was measured using the timed up and go test (TUG). Gait velocity was measured using the 10-meter walk test (10 MWT) and gait ability was assessed using the functional gait assessment (FGA).

RESULTS: After the intervention, the experimental group showed statistically significant differences in gait velocity and ability (10 MWT, FGA) ($p<.05$). Between-group differences were statistically significant in gait velocity and ability (10 MWT, FGA) ($p<.05$).

CONCLUSION: The findings suggest that functional electrical stimulation gait training with a rhythmic auditory stimulation gait training program may help improve gait ability in stroke patients.

Key Words: Electrical stimulation, Gait, Rhythmic auditory stimulation, Stroke patients

†Corresponding Author : Seon-Hwan Kim
youngboss86@naver.com, <https://orcid.org/0000-0001-9413-3725>
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

뇌졸중은 뇌에 혈액을 공급하는 일부 혈관이 막히거나 터짐으로써 뇌가 원활하게 혈액공급을 받지 못하면서 발생하는 중추신경계 질환으로(Prange et al., 2006), 일상생활에서 장애를 유발하고 독립성을 감소시키는 질병이다(Adamson et al., 2004). 뇌졸중 환자는 선택적 운동조절 능력의 결여로 인한 느린 움직임과 비마비측의 보상작용, 고유수용 감각손상 및 경직 등으로 인해 발목관절의 운동조절 감소와 하지 굽힘근과 펴근 사이의 비정상적인 협응으로 공동 굽힘 패턴 또는 공동 펴 패턴을 유발해 ‘편마비보행’이라는 특유의 보행패턴이 나타난다(Sakuma et al., 2014). 편마비보행은 느린 보행속도, 체중이동 부족, 마비측과 비마비측간의 활보장의 차이, 마비측의 짧은 입각기와 상대적으로 긴 유각기가 나타나고(Ford et al., 2007; Mauritz et al., 2002; Ryerson and Levit, 1997), 이것은 활보장과 보장의 비대칭성, 느린 속도, 관절과 자세의 약화, 비정상인 근 긴장도와 근육 활성화와 패턴에 따라 다양하게 나타난다(Good, 1994). 보행능력의 감소는 좌식생활의 경향이 증가되고 신체활동량이 감소됨에 따라 심혈관계 질환이 발생하는 악순환을 보이게 된다(Globas et al., 2012). 이로 인해 개인의 독립적인 일상생활과 활동범위를 제한함으로써 개인의 삶의 질에 많은 영향을 미치게 된다(Richards et al., 1993). 따라서 보행의 기능적 향상은 뇌졸중 환자의 기능회복에 있어서 중요한 목표이며 일상생활의 기능적인 독립을 이루는데 꼭 필요한 부분이다(Davies, 1985).

최근 뇌졸중 환자의 균형과 보행의 향상에 감각적 요소가 중요한 부분을 차지하고 있고, 외부에서 입력되는 감각자극을 이용한 새로운 중재방법이 개발되고 있으며(Michel and Mateer, 2006), 촉각자극, 신장자극, 진동자극, 차가운 자극, 시각자극, 청각자극 등은 물리치료사에 의해 뇌졸중 환자의 치료에 적용되고 있다(Schauer and Mauritz, 2003).

보행능력을 향상시키기 위해 임상에 많이 쓰이는 중재인 기능적 전기자극(Functional Electrical Stimulation; FES) 치료는 환자가 능동적이고 반복적인 움직임 훈련

을 하는 동안 운동 재학습이 최대화될 수 있도록 돕는 치료법으로(Chae and Yu, 2000; Soetanto et al., 2001), 고유수용성 반사기전이나 근피성 반사기전 등이 활성화된 결과로 일어나는 근육의 장력과 수축을 모두 포함하고 있으며, 중추신경계가 손상이 있으나 말초신경계가 완전한 환자에게 말초신경을 통하여 근육을 전기자극 하는 것은 신경근 가소성을 증강시키기 위하여 사용된다(Lim et al., 1999). Liberson 등(1961)은 기능적 전기자극이 기능적인 움직임을 조절하는 전기적 신호를 사용하여 말초신경을 활성화시키고, 마비측 하지에 대해 집중적인 근력강화를 일으켜 비협응적 움직임을 보이는 뇌졸중 환자의 마비측 하지 조절능력을 개선시킬 수 있다고 하였고, Kim 등(2004)은 뇌졸중 환자의 발바닥 굽힘의 경직근에 운동치료와 함께 대항근에 대한 기능적 전기자극은 뇌졸중 환자의 균형에 효과가 있다고 하였다.

보행능력을 향상시키기 위한 또 다른 중재인 리듬청각자극(Rhythmic Auditory Stimulation; RAS)은 감각자극의 중재 중 하나로 소리를 이용하여 리듬감각을 자극해 운동체계에 영향을 미치고 안정된 시간 내에 운동, 지각영역을 동기화시켜 뇌의 각 영역의 활성화를 유도하는 방법으로(Thaut et al., 2009), 리듬청각자극의 선행 연구를 살펴보면 뇌졸중 환자와 외상성 뇌손상환자, 파킨슨 환자의 보행훈련에 리듬청각자극을 사용하여 그 효과를 보고한 바 있고(Thaut et al., 1996; Thaut et al., 1998), Schauer와 Mauritz (2003)은 뇌졸중 환자에게 리듬청각자극을 이용한 음악 운동 되먹임 보행훈련을 적용한 연구에서 활보장, 보행속도, 보행의 대칭성이 증가함에 따라 청각적 되먹임에 의한 보행훈련의 효과를 검증하였다.

국내의 선행연구에서 뇌졸중 환자의 보행훈련 방법 가운데 임상에서 많이 쓰이는 기능적 전기자극을 동반한 훈련이 뇌졸중 환자의 보행에 긍정적인 효과를 준다는 연구들은 많았지만 일정한 청각자극을 사용해 리듬감각을 자극하여 운동체계에 영향을 미치는 리듬청각자극과 동반한 연구는 없었다. 따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자의 보행주기에 맞추어 기능적 전기자극과 리듬청각자극을 동반한 보행훈련을 실시하여 뇌졸중

환자의 균형과 보행능력에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 뇌졸중으로 입원하거나 외래로 내원하는 환자 중 28명을 선정하였고, 선정된 대상자 28명에 대하여 숫자뽑기를 통해 리듬청각자극을 동반한 기능적 전기자극 보행훈련군과 대조군으로 각각 14명씩 무작위 배정하였다. 두 그룹에게 동일한 측정도구를 사용하여 본 연구자가 직접 사전, 사후검사를 실시하였다. 본 연구는 한국교통대학교 기관생명윤리심의위원회의 승인을 받은 후 진행하였고[승인번호 KNUT IRB - 06 (2018)], 대상자 모두에게 본 연구에 대하여 설명하였고, 연구 참여에 서면 동의를 받은 후 실험에 참여하였다.

연구대상자의 선정기준은 1) 뇌졸중 진단 후 6개월 이상 경과한 자, 2) 연구의 목적을 이해하고 구두와 지시에 반응할 수 있는 한국형 간이정신상태 판별검사(MMSE-K)의 점수가 21점 이상인자(Tombaugh and McIntyre, 1992), 3) 지팡이나 보행기 사용 유무와 관계 없이 독립적으로 보행이 가능한자로 수정바텔지수(MBI)가 70점 이상인자(Shah et al., 1989), 4) 전기자극에 대한 알리지 반응이 없는 자로 하였다(Tong et al., 2006). 제외기준으로는 1) 심혈관 질환, 신장질환, 간질환, 인지적인 문제를 가진 자, 2) 심박조절기를 착용중인 자, 3) 보행에 영향을 주는 타 질환이 있는 자로 하였다. 또한 연구 참여율이 80% 미만인 경우 연구에서 제외하였다.

2. 중재 방법

1) 리듬청각자극을 동반한 기능적 전기자극 보행훈련(실험군)

실험군의 운동프로그램의 구성은 Nascimento 등(2015)의 선행 연구를 수정보완 하여 4주간 주 5회, 1일 1회 30분간 실시하였다. 운동은 보행훈련에 앞서 5분간의 준비운동을 통해 대상자들은 개개인의 보행주기에 맞춘 메트로놈 청각자극을 이어폰으로 들으며 박자를

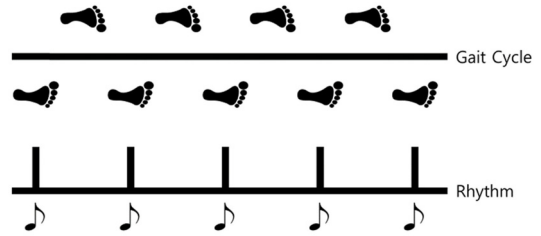


Fig. 1. Rhythmic auditory stimulation

익히도록 하고, 리듬청각자극과 기능적 전기자극에 대해 발목등쪽굽힘 운동을 실시하였다. 그 후 본 운동인 보행훈련을 25분 실시하였다.

연구에 사용된 리듬청각자극은 스마트폰 메트로놈 어플리케이션(Metronome: tempor Lite, Frozen Ape, Singapore)을 사용하여 리듬청각자극을 각 대상자의 보행주기와 기능적 전기자극 통전시간에 맞추어 적용하였다(Fig. 1). 기능적 전기자극은 기능적 전기자극기(Walkami, XFT, China)를 사용하여 전극의 부착부위는 앞정강근(양극)과 종아리뼈머리 근처의 온종아리신경위(음극)에 부착하고, 기능적 움직임의 반응을 얻을 수 있도록 온종아리신경 자극시 발목관절 등쪽굽힘과 발의 가쪽변짐이 될 경우로 하였으며, 자극조건은 직사각파형으로 펄스 폭 150 μ s, 자극주파수는 25 Hz 자극강도는 환자의 기능적 회복정도에 따라 환자가 견딜 수 있는 한도 내에서 최대강도로 설정하여 보행훈련을 실시하였다(Lindquist et al., 2007)(Fig. 2).

보행훈련 중 휴식은 초기 1~2주 동안은 5분단위로, 2주 후부터는 10분 단위로 2분씩 취했으며 환자의 보행속도의 증가에 따라 청각자극의 리듬속도를 점진적으로 증가시켜 보행훈련을 실시하였다.

2) 일반적인 보행훈련(대조군)

대조군은 실험군과 같이 보행훈련에 앞서 5분간 이어폰을 착용한 상태로 음악을 들으며 치료사의 지시에 따라 발목등쪽굽힘 운동을 실시하였으며, 본 운동은 치료사의 구두명령과 도움에 따라 25분간 일반적인 보행훈련을 진행하였다.

운동의 기간, 빈도, 운동자세, 휴식 시간 등을 리듬청각자극을 동반한 기능적 전기자극 보행훈련과 모두 등

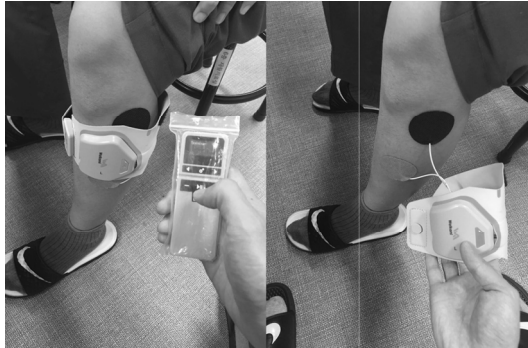


Fig. 2. Functional electrical stimulation

일하게 하였으나 기능적 전기자극과 리듬청각의 유무가 달랐다. 대조군은 리듬청각자극이 아닌 음악이 나오는 이어폰을 착용하고 기능적 전기자극이 없는 상태에서 보행훈련을 실시하였다.

3. 평가도구와 측정방법

1) 균형능력의 평가

(1) 일어나 걷기 검사(Timed up and Go Test; TUG)

일어나 걷기 검사는 노인 환자의 일상에서 이동성과 숙련성에 영향을 미치는 균형 문제를 찾아낼 수 있는 빠른 선별검사로 대상자가 높이 50 cm의 의자에서 일어나서 3 m를 걸어가 방향을 전환하여 돌아와서 독립적으로 앉을 때까지의 시간을 측정하였다. 일어나 걷기 검사는 속도, 민첩성, 순발력, 동적 균형을 측정할 수 있는 검사방법으로 측정자내 신뢰도 $r=.99$ 이고, 측정자간 신뢰도 $r=.98$ 이다(Podsiadlo and Richardson, 1991). 본 연구에서는 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

2) 보행능력의 평가

(1) 10 m 걷기 검사(10m walking test; 10 MWT)

10 m 걷기 검사는 짧은 시간 내에 신경학적 손상 환자의 보행속도를 평가하는 방법으로 평평한 바닥에 14 m의 직선거리를 표시하고 편안한 속도로 걷게 하여 가속거리와 감속거리인 시작 범위와 끝 범위 2 m를 제외한 중간 10 m에 대한 시간을 측정하였다(Dean et al., 2000). 10 MWT의 측정자간, 측정자 내 신뢰도는 $r=.95$

~.96으로 높은 신뢰도를 나타낸다(Mehrholz et al., 2007). 본 연구에서는 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

(2) 기능적 보행평가(Functional gait assessment; FGA)

기능적 보행평가는 측정도구의 변별력에 영향을 주는 천장효과를 감소시키고, 안정성의 작은 변화도 감지할 수 있으며, 낙상의 위험이 높은 노인을 평가하기 위해 개발한 보행 평가 도구이다. 기능적 보행평가의 구성은 평평한 지면에서 보행하기, 보행속도를 변경하기, 보행하면서 옆으로 머리 돌리기, 보행하면서 상하로 머리를 움직이기, 보행하면서 한 발을 축으로 돌기, 장애물 위를 지나 걷기, 좁은 기저면에서 걷기, 눈을 감고 걷기, 뒤로 걷기, 계단 오르내리기 등의 10개의 항목으로 구성되어 있다. 각 항목은 0점에서 3점까지의 4점 척도로 장애가 없는 경우 3점, 약간의 장애가 있는 경우 2점, 중간정도의 장애가 있는 경우 1점, 심한 장애가 있는 경우 0점을 주도록 되어 있어 점수가 높을수록 각 항목의 기능적 보행의 수행능력이 높음을 나타내고, 최대 점수는 총 30점이다. 이 검사는 뇌졸중 대상자에게도 적용하여 대상자의 기능적 보행 수행능력의 측정이 가능하며, 뇌졸중 대상자에게 적용 시 검사 재검사 신뢰도는 $ICC=.97$ 이고, 측정자간 신뢰도는 $ICC=.94$ 이다(Thieme et al., 2009). 본 연구에서는 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

4. 자료 처리

수집된 자료의 통계처리는 윈도우용 SPSS Win 21.0 통계 프로그램을 사용하였다. 모든 변수의 자료는 Shapiro-Wilk 검정으로 정규성이 확인되어, 대상자의 일반적인 특성을 비교하기 위하여 카이제곱 검정 Chi-squared test) 및 독립 t 검정(independent t-test)을 실시하였고, 각 군의 사전 종속변수의 동질성 검정을 위해 독립 t 검정(independent t-test)을 이용해 동질성을 확인하였다. 대조군과 실험군의 중재 전후 차이 비교는 대응 t-검정(paired t-test)을 두 군간 차이 비교는 독립 t-검정(independent t-test)을 이용해 분석하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

Table 1. General Characteristics of all Subjects (N=26)

Variables	FES+RAS group (n=13)	Control group (n=13)	χ^2/t	<i>p</i>
Sex (male/female)	9/4	7/6	.65	.42
Age (years)	59.85±13.39	61.23±13.26	-.26	.79
Type (Hrr/Inf)	5/8	7/6	.61	.43
Duration (month)	21.15±4.65	24.35±9.09	-1.14	.26
Paretic side (Rt/Lt)	6/7	4/9	.65	.42
MMSE-K (scores)	21.69±8.55	22.15±8.25	-.14	.89

FES+RAS : Functional Electrical Stimulation+Rhythmic Auditory Stimulation

Hrr: Hemorrhage, Inf: infarction, Rt: Right, Lt: Left

MMSE-K : Mini-Mental Status Examination-Korean version

Table 2. Changes in Balance Following Intervention (N=26)

		FES+RAS (n=13)	Control group (n=13)	<i>t</i>	<i>p</i>
		Mean±SD	Mean±SD		
TUG (sec)	Pre	26.55±9.01	28.93±13.55	-.52	.60
	Post	25.70±9.10	29.05±14.20		
	change	-.84±1.58	.11±1.60	-1.53	.13
	<i>t</i>	1.92	-.25		
	<i>p</i>	.07	.80		

FES+RAS : Functional Electrical Stimulation+Rhythmic Auditory Stimulation

TUG=Timed Up and Go test

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

전체 연구대상자중 실험군에서는 남자가 10명, 여자는 4명이었고, 대조군에서는 남자가 7명, 여자는 7명으로 총 28명이었으며, 실험군과 대조군에서 연구도중 퇴원과 컨디션으로 인하여 1명씩 참가자가 실험을 중도 포기하였다. 본 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성과 초기 평가에 대한 사전 동질성 검정을 실시한 결과, 일반적 특성의 변수와 초기 평가에 대한 변수에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

2. 균형능력의 전·후 변화

대상자의 균형능력을 평가하기 위하여 TUG를 측정

하였다. 실험군에서 훈련 후 TUG는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 대조군에서도 훈련 후 통계학적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다($p>.05$)(Table 2).

3. 보행능력의 전·후 변화

보행속도의 변화를 알아보기 위하여 10 MWT를 측정하였다. 실험군에서 운동 전과 후의 10 MWT는 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.01$). 대조군에서는 운동 후 보행속도의 증가는 있었으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 실험군과 대조군의 그룹간 비교에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$).

기능적 보행평가의 FGA 측정에 있어서 실험군은 훈련 전 후의 FGA는 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($p<.01$). 대조군에서는 훈련 후 통계학적으로 유의

Table 3. Changes in Gait Speed and Ability Following Intervention (N=26)

		FES+RAS (n=13)	Contro group (n=13)	<i>t</i>	<i>p</i>
		Mean±SD	Mean±SD		
10MWT (m/sec)	Pre	.54±.18	.57±.23	-.28	.77
	Post	.57±.19	.56±.20		
	change	.03±.02	.00±.04	2.42	.02 *
	<i>t</i>	-4.064	.276		
	<i>p</i>	.00 * †	.77		
FGA (score)	Pre	15.69±2.32	17.07±2.84	-1.36	.18
	Post	16.84±2.26	17.23±2.31		
	change	1.15±1.21	.15±1.14	2.16	.04 *
	<i>t</i>	-3.42	-.48		
	<i>p</i>	.00 * †	.63		

FES+RAS : Functional Electrical Stimulation+Rhythmic Auditory Stimulation

10 MWT : 10 m Walk Test

FGA : Functional gait assessment

한 차이가 나타나지 않았다($p>.05$). 실험군과 대조군의 그룹간 비교에서 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p<.05$)(Table 3).

IV. 고 찰

뇌졸중 환자들은 신경회로가 손상을 받고 보행의 패턴이 변하게 되며(Ford et al., 2007), 비대칭적 자세정렬로 인해 대칭적인 체중부하 유지 능력이 손상되어 균형능력에 문제가 발생된다. 이러한 균형능력의 문제는 보행주기 동안 두발 지지기에 마비측으로 체중지지를 할 수 있는 능력이 감소하게 하여 비정상적인 보행이 나타나게 된다(Shumway-Cook et al., 1988). 이러한 뇌졸중 환자의 균형과 보행능력의 감소는 일상생활 동작의 장애요인으로 작용하여 개인의 독립성을 저하시키며 결과적으로 사회적 활동에 제약요소가 된다(Perry et al., 1995).

본 연구에서 대상자의 보행능력을 평가하기 위해 10 MWT와 FGA를 측정하였다. 4주간의 훈련 후 실험군의 10 MWT와 FGA가 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 보행 중 앞정강근에 사용한 기능적 전기자극이 뇌졸중 환자의 발치집을 교정하여 보행

이 향상되었다고 보고한 선행 연구들의 결과와 일치하였다(Dunning et al., 2009; Lindquist et al., 2007; Ng et al., 2008; Sabut et al., 2010; Tong et al., 2006). 이는 기능적 전기자극을 병행한 보행훈련이 뇌졸중 환자의 수의적인 수축으로 인해 일어나는 비협응 움직임을 완화시켜 협응적인 움직임 양상을 유도하여 나타난 것으로 보이고(Lindquist et al., 2007), 대상자의 중추 보행 패턴 발생기의 활동을 활성화시켜 보행속도와 기능적 보행의 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 보인다(Lau and Mak, 2011). 리듬청각자극의 리듬은 움직임을 다음 동작을 준비시키고, 근육의 순차적 활성화를 촉진하여 결과적으로 환자의 보행패턴, 보행속도 등을 조절하는 역할을 한다(Thaut et al., 1997; Thaut, 2005). 본 연구에서 리듬의 역할은 반복적인 자극들이 뇌졸중 환자의 리듬적 움직임을 결합시키고, 운동의 수행력을 향상시키는 데 영향을 미친 것으로 보인다(Prassas et al., 1997; Schauer and Mauritz, 2003; Thaut et al., 1997; Thaut, 2003). 대상자는 청각적으로 제공되는 리듬에 자동적으로 발을 내딛는 훈련이 적용되었을 것으로 생각되며 청각적 감각의 적응에 따라 점진적으로 증가되는 속도에 대해 무의식적인 수준에서 속도를 향상시켰다고 볼

수 있다(Yoon, 2015). 본 연구에서 기능적 전기자극의 적용이 뇌졸중 환자의 마비측 유각기 시에 발처짐을 예방하고, 중추 보행 패턴 발생기를 활성화시키며, 리듬청각자극을 통해 보행의 다음 동작을 준비시켜 리듬적 움직임 이끌어 내어 4주간의 짧은 중재기간에도 불구하고 보행속도와 기능적 보행능력의 향상에 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째는 적은 수의 대상자로 연구를 진행하였기 때문에 모든 뇌졸중 환자에게 보행능력 향상의 중재법으로 일반화하기 어렵다는 제한점이 있었다. 둘째는 4주간의 보행훈련을 진행하여 그 효과를 평가한 것이므로 장기간의 효과를 판단할 수 없었고, 사후 유지 능력(follow-up test)에 대한 연구를 진행하지 않았다는 제한점이 있었다. 셋째는 대상자들의 환경요인, 생활습관에 대해 통제하지 못해 보행 훈련의 연구결과에 영향을 미쳤을 가능성이 있을 것이라 판단된다. 넷째는 보행의 세부적인 평가인 시공간적 보행 매개변수의 측정을 하지 않았다는 제한점을 가지고 있었다. 보행의 세부적이고, 질적인 평가방법을 통해서 리듬청각자극을 동반한 기능적 전기자극 보행훈련이 보행의 시공간적 매개변수에 영향을 미치는지를 규명하는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 리듬청각자극을 동반한 기능적 전기자극 보행훈련이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다. 연구결과에서 리듬청각자극을 동반한 기능적 전기자극 보행훈련그룹에서 운동 전과 후의 보행능력이 통계적으로 유의한 향상이 있었다. 본 연구를 통하여 리듬청각자극을 동반한 기능적 전기자극 보행훈련이 뇌졸중환자의 보행능력 향상을 이끌어 낼 수 있음을 입증하였다. 따라서 뇌졸중 환자의 보행능력 향상을 위한 연구에서 유용한 자료가 될 뿐만 아니라 뇌졸중 환자의 삶의 질을 높일 수 있는 재활프로그램으로 제시할 수 있을 것이고, 더 많은 대상자와 긴 중재기간, 사후 유지 능력(follow-up test)에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

References

- Adamson J, Beswick A, Ebrahim S. Is stroke the most common cause of disability. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*. 2004;13(4):171-7.
- Chae J, Yu D. A critical review of neuromuscular electrical stimulation for treatment of motor dysfunction in hemiplegia. *Assist Technol*. 2000;12(1):33-49.
- Davies PM. Steps to follow: A Guide to the Treatment of Adult Hemiplegia. Hong Kong and Taiwan. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag. 1985.
- Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(4):409-17.
- Dunning K, Black K, Harrison A, et al. Neuroprosthesis peroneal functional electrical stimulation in the acute inpatient rehabilitation setting: a case series. *Phys Ther*. 2009; 89(5):499-506.
- Ford MP, Wagenaar RC, Newell KM. Arm constraint and walking in health adults. *Gait Posture*. 2007;26(1): 135-41.
- Globas C, Becker C, Cerny J, et al. Chronic stroke survivors benefit from high-intensity aerobic treadmill exercise: a randomized control trial. *Journal of neurologic rehabilitation*. 2012;26(1):85-95.
- Good DC. Treatment strategies for enhancing motor recovery in stroke rehabilitation. *Journal of neurologic rehabilitation*. 1994;8(4):177-86.
- Kim YC, Lee SM, Song CH. Effects of functional electrical stimulation on the balance of hemiplegic patients. *The journal of Korean academy of physical therapy science*. 2004;16(3):539-48.
- Lau KW, Mak MK. Speed-dependent treadmill training is effective to improve gait and balance performance in patients with sub-acute stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2011;43(8):709-13.
- Liberson WT, Holmquest HJ, Scott D, et al. Functional

- electrotherapy: stimulation of the peroneal nerve synchronized with the swing phase of the gait of hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1961;42:101-5.
- Lim JS, Kim SH, Song YW. A study on the functional electrical stimulation. *The journal of Korean academy of physical therapy science.* 1999;6(4):187-99.
- 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.
- Mauritz KH, Hwang IS, Lin CF, et al. Responsiveness of the H reflex to loading and posture in patients following stroke. *J Electromyogr Kinesiol.* 2002;14(6):653-9.
- Mehrholz J, Wagner K, Rutte K, et al. Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(10):1314-9.
- Michel JA, Mateer CA. Attention rehabilitation following stroke and traumatic brain injury. A review. *Eura Medicophys.* 2006;42(1):59-67.
- Nascimento LR, de Oliveira CQ, Ada L, et al. Walking training with cueing of cadence improves walking speed and stride length after stroke more than walking training alone: a systematic review. 2015;61(1):10-5.
- Ng MF, Tong RK, Li LS. A pilot study of randomized clinical controlled trial of gait training in subacute stroke patients with partial body-weight support electromechanical gait trainer and functional electrical stimulation: six-month follow-up. *Stroke.* 2008;39(1):154-60.
- Perry J, Garrett M, Gronley JK, et al. Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke.* 1995; 26(9):982-9.
- Podsiadlo D, Richardson S. The time up & go: a test of basic functional mobility for trail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-50.
- Prange GB, Jannink MJ, Grootshuis-Oudshoorn CG, et al. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev.* 2006;43(2):171.
- Prassas S, Thaut M, McIntosh G, et al. Effect of auditory rhythmic cuing on gait kinematic parameters of stroke patients. *Gait & Posture.* 1997;6(3):218-23.
- Richards CL, Malouin F, Wood-Dauphinee S, et al. Task-specific physical therapy for optimization of gait recovery in acute stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74(6):612-20.
- Ryerson S, Levit K. *Functional movement reeducation.* New York. Churchill Livingstone. 1997.
- Sabut SK, Kumar R, Mahadevappa M. Design of a programmable multi-pattern FES system for restoring foot drop in stroke rehabilitation. *J Med Eng Technol.* 2010;34(3):217-23.
- Sakuma K, Ohata K, Izumik K, et al. Relation between abnormal synergy and gait in patients after stroke. *J Neuroeng Rehabil.* 2014;25(11):141.
- Schauer M, Mauritz KH. Musical motor feedback(MMF) in walking hemiparetic stroke patients: randomized trials of gait improvement. *Clin Rehabil.* 2003;17(7):713-22.
- Shah S, Vanclay F, Cooper B. Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation. *Journal of Clinical Epidemiology.* 1989;42(8):703-12.
- Shumway-cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988;69(6):395-400.
- Soetanto D, Kuo C, Babic D. Stabilization of human standing posture using functional neuromuscular stimulation. *J Biomech.* 2001;34(12):1590-7.
- Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR. Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation *J Neurol Sci.* 1997;151(2):207-12.
- Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR, et al. Rhythmic auditory stimulation in gait training for Parkinson's disease

- patients. *Mov Disord.* 1996;11(2):193-200.
- Thaut MH, Rice RR, McIntosh GC, et al. Rhythmic Auditory Stimulation in Gait Training for Patients with Traumatic Brain Injury. *Journal of Music Therapy.* 1998;35(4):228-41.
- Thaut MH, Stephan KM, Wunderlich G, et al. Distinct cortico-cerebellar activations in rhythmic auditory motor synchronization. *Cortex.* 2009;45(1):44-53.
- Thaut MH. Neural basis of rhythmic timing networks in the human brain. *Ann N Y Acad Sci.* 2003;999(1):364-73.
- Thaut MH. *Rhythm, Music and the Brain.* New York. Routledge. 2005.
- Thieme H, Ritschel C, Zange C. Reliability and validity of the functional gait assessment (German version) in subacute stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(9):1565-70.
- Tombaugh TN, McIntyre NJ. The mini-mental state examination: a comprehensive review. *Journal of the American Geriatrics Society.* 1992;40(9):922-57.
- 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. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(10):1298-304.
- Yoon SK. Effects of inclined treadmill walking training with rhythmic auditory stimulation on balance and gait in stroke patients: a pilot study. Master's Degree. Korea National University of Transportation. 2015.