

Original Article

Open Access

리듬청각자극을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 미치는 영향

윤성경 · 이영민†

불노요양병원 물리치료실, ¹한림대학교춘천성심병원 물리치료실

Effects of Inclined-treadmill Walking Training with Rhythmic Auditory Stimulation on Balance and Gait in Stroke Patients

Sung-Kyeung Yoon · Young-Min Lee†

Department of Physical Therapy, Bools Recuperation Hospital

¹Department of Physical Therapy, Hallym University Chuncheon Sacred Heart Hospital

Received: November 20, 2016 / Revised: November 28, 2016 / Accepted: November 28, 2016

© 2017 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: This study aimed to determine how inclined-treadmill walking training with rhythmic auditory stimulation affects balance and gait in stroke patients.

Methods: Ten chronic stroke patients, admitted to B hospital in Gangwon-do between August and October 2015, were trained 5 times per week for 4 weeks; each session lasted 30 minutes. To assess balance and gait before and after the training, the timed up and go (TUG) test, Berg balance scale (BBS), six minute walking test (6MWT), and three-dimensional spatiotemporal gait ability were used to measure the relevant variables. The data were analyzed using the paired t-test, and the statistical significance level was 0.05.

Results: There were significant differences in the TUG, BBS, 6MWT, gait speed, cadence, single limb support (SLS), and symmetric index (SI) before and after training ($p < 0.05$).

Conclusion: The results showed that the inclined-treadmill walking training with rhythmic auditory stimulation was effective at improving the balance and walking ability of stroke patients. Hearing training, using one of the basic procedures of proprioceptive neuromuscular stimulation, is considered to be an important aspect.

Key Words: Rhythmic auditory stimulation, Inclined treadmill, Balance, Gait, Stroke

†Corresponding Author : Young-Min Lee (min5476@hanmail.net)

I. 서론

뇌혈관 질환은 뇌혈관에 혈전, 색전으로 인한 혈관의 막힘이나 출혈로 인한 뇌기능의 장애이다(Sims & Moyderman, 2009). 뇌졸중 환자는 손상 정도와 위치에 따라 편마비, 반맹증, 편측무시, 구음장애, 감각저하 등이 나타나고(Trombly & Radomski, 2008), 시각, 체감각, 전정감각 등의 통합장애로 정확한 신체 인식이 어렵게 된다(Campbell et al., 2001). 또한 근육의 약화와 감각의 변화로 인해 체간조절의 어려움, 불안정성, 보행 능력의 저하 등과 같은 운동기능 장애가 발생한다(Verheyden et al., 2006). 뇌졸중 환자의 근육 비정상은 탈신경(denervation), 비사용(disuse), 재조직화(remodelling), 강직(spasticity)의 조합으로 나타나며 이러한 근육의 비정상은 근 위축과 외적 형질 전환의 복잡한 양식의 결과로 나타난다(Carda et al., 2013). 이렇듯 뇌졸중의 결과로 인한 근육활동의 감소는 체중지지능력의 감소로 인해 균형능력 및 보행 능력의 결여로 나타나게 된다(An & Jung 2002). 균형능력의 저하는 일상생활에 필수요소인 보행의 장애로 이어질 수 있으며 보행 장애는 뇌졸중환자의 심각한 기능장애 중 하나로 여겨진다(Horstman et al., 2008). 비정상적인 보행의 원인은 선택적 운동조절 능력결여로 인한 느린 움직임과 이에 대한 건측의 보상작용, 고유수용 감각손상, 및 경직 등으로 인한 발목관절의 운동조절 감소, 하지 굽힘근과 펴근 사이의 비정상적 협응으로 인해 공동 굽힘 패턴 또는 공동 펴 패턴을 유발하여 ‘편마비 보행’이라는 특유의 보행패턴이 나타나기 때문이다(Sakuma et al., 2014). 또한 De Nunzio 등(2014)은 마비 측에 50% 이상의 체중이동이 가능한 뇌졸중 환자일지라도 보행 시 비대칭적인 자세와 보행패턴을 보인다고 보고하였다. 보행 능력 감소는 좌식생활을 하는 경향이 증가되고 그로 인해 신체활동량이 감소됨에 따라 심혈관계 질환이 발생되는 악순환을 보이게 된다(Globas et al., 2012). 따라서 뇌졸중 환자의 기능적인 향상을 위한 물리치료는 균형 및 보행 능력을 향상시키는 것에 목표를 맞추어야한다(Brincks & Nielsen, 2012).

현재 임상에서 뇌졸중 환자의 균형 및 보행의 향상을 위하여 트레드밀 보행이 많이 시행되고 있다(Ada et al., 2003). 트레드밀에서의 보행 훈련은 반복적으로 실시할 수 있는 훈련법으로 Ada 등(2003)은 평지에서 보행과 유사한 환경을 제공한다고 하였고 Dobkin (2004)과 Hesse 등(2001)은 트레드밀에서의 보행 훈련은 평지를 걷는 것보다 효과적으로 보행 능력을 향상시킨다고 하였다. 또한 경사가 있는 트레드밀 보행 훈련은 계단을 대신하여 계단을 이용할 수 없는 장애인이나 노인, 임산부 등이 실내의 이동을 위한 필수적인 시설로써 보편화되고 있다(Kim et al., 2009). Kim 등(2007)은 경사도와 속도를 증가한 트레드밀 보행 시 체간 근육의 활성화로 균형 및 보행의 증진을 보였다고 보고하였고, Kawamura 등(1991)은 경사보행을 통해서 걸음 수가 유의하게 향상되었다고 하였다. 그러나 Rhea 등(2012)은 트레드밀 보행 훈련이 비정상적인 보행 패턴을 만들어 내고 보행 비대칭성에 대한 효과는 부정적이라고 하였으며, Pohl 등(2002)은 트레드밀 보행 훈련이 유각기 시간에 영향을 미치지 못하기 때문에 트레드밀에서의 보행 훈련은 제한점을 가진다고 하였다. Oh 등(2015)은 또한 트레드밀은 평지에 비해 짧은 보장을 갖는 특성을 보이기 때문에 활보장 및 보장이 감소할 수 있다고 하였다.

최근 뇌졸중 환자의 균형 및 보행의 향상에 감각적인 요소가 중요한 부분을 차지하고 있고 외부에서 들어오는 감각자극을 이용한 새로운 중재방법들이 개발되고 있다(Michel & Mateer, 2006). 중추신경계는 복잡하고 역동적 병렬연결로 이루어져 있어 계층적이고 상호 연결된 울동적 동작이 나타나게 되는데 뇌혈관 사고와 신경회로 손상을 겪으면 울동성의 손상을 입게 되어 변경된 보행기술을 보이게 된다(Schauer & Mauritz, 2003; Thaut, 2003). 이에 반복적인 움직임이 외부 리듬과 리듬적 움직임을 서로 결합시키고 중추신경계 손상 환자의 운동 수행력을 향상시키는데 효과적이라고 하였다(Schauer & Mauritz, 2003; Thaut, 2003; Thaut et al., 1997). 이에 대한 중재방법으로 리듬 청각자극(rhythmic auditory stimulation, RAS)이 많이

이용되고 있으며 소리를 이용한 일정한 청각자극을 통해 리듬감각을 자극하여 운동 체계에 영향을 주고 안정된 시간 내에 운동영역과 지각영역을 동기화 시켜 뇌의 각 영역의 활성화를 유도한다는 것이다(Thaut et al., 2009). 또한 일정한 리듬의 외부감각이 보행 비대칭성을 보이는 뇌졸중 환자의 하지에 율동적이고 좀더 대칭적인 상호 교대 움직임을 이끌어준다(Oh et al., 2015; Thaut et al., 1997). RAS는 뇌졸중, 파킨슨 병, 헌팅턴 병 등의 뇌손상으로 인한 보행 장애 환자의 보행 기능 개선에 효과가 있음이 보고되었고(Thaut, 2005) 외상성 뇌손상 환자의 보행 능력에 효과가 있는 것으로 나타났다(Kenyon & Thaut, 2000). 또한 Thaut 등(2007)은 뇌졸중 환자에게 점진적으로 리듬의 속도를 시키면서 리듬청각자극(rhythmic auditory stimulation, RAS)를 적용하였을 때 보행 속도, 분속수, 보폭 보행대칭성이 증가한다고 하였다. Ford 등(2007)은 트레드밀과 RAS를 함께 적용하여 상지와 하지의 협응이 향상되고 골반과 흉부 회전증가로 인해 보행 기능의 효과가 있다고 보고하였다.

이상과 같이 현재 선행연구들에서 뇌졸중 환자의 보행에 있어서 트레드밀 보행 훈련의 효과는 일관되지 않고, 특히 뇌졸중 환자의 활동 및 참여를 위해 필수가 되는 균형과 보행에 있어서 RAS를 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련의 효과를 보여주는 체계적인 연구는 아직 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 있어서 RAS를 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 어떤 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구대상자는 강원도에 위치한 B병원에서 뇌졸중으로 진단 받고 입원중인 뇌졸중 환자 10명을 임의로 선정하였고 실험에 참여하기 전, 환자(본인)과 보호자에게 본 연구의 목적을 설명하고 자발적으로 참여에

동의하였다.

대상자의 선정 기준은 다음과 같다: 뇌졸중 진단 후 6개월 이상 경과하고 12개월 미만인 자, 약식정신상태검사(MMSE-K)의 점수가 24점 이상인 자, 시각 및 청각 장애가 없는 자, 양 다리에 정형외과 질환이 없는 자, 보조적인 도구 없이 15분 이상 독립적인 보행이 가능한 자 중 실험참여에 대한 주치의의 동의가 있는 자.

2. 측정 방법 및 도구

1) 균형의 평가

(1) 일어나 걸어가기 검사

일어나 걸어가기 검사(timed up and go test, TUG)는 기본적인 운동성과 균형 및 보행을 빠르게 측정할 수 있는 검사법으로 팔걸이가 있는 의자에 앉은 자세로부터 일어서서 3m 거리를 걸어서 반환점을 비마비측으로 돈 후 되돌아와 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법으로 총 3회 측정 후 평균값을 구하였다. TUG 검사는 특성화된 대상자의 검사-재검사 측정에서도 유용하게 사용될 수 있다고 보고되었으며 뇌졸중 환자에서 이 검사의 측정자 내 신뢰도는 $r=0.99$ 이고 측정자간 신뢰도는 $r=0.98$ 로 나타났다(Podsiadlo & Richadson, 1991).

(2) 버그균형 검사

버그 균형 검사(Berg balance scale, BBS)는 Berg 등(1995)이 개발한 Berg balance scale을 이용하여 동적 균형능력을 측정하였다. Berg balance scale은 임상적으로 노인성 질환과 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 이동이나 선 자세에서의 균형능력을 평가하는데 이용되며, 14개 항목으로 구성되고 항목 당 최저 0점부터 최고 4점까지로 배점되며 만점은 56점이다. 일반적으로 0~20점은 휠체어 사용, 21~40점은 보조도구 및 도움 필요, 41점 이상은 독립적인 보행이 가능하다고 하였다(Berg et al., 1992). 이 측정도구의 측정자 내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 각각 $r=0.98$, $r=0.97$ 로써

균형능력을 평가하는데 높은 신뢰도와 내적 타당도를 가지고 있다(Berg et al., 1989).

2) 보행의 평가

(1) 6분 보행검사

6분 보행검사(6 min walk test, 6MWT)는 6분간 걷는 거리를 측정하며 임의로 10m 구간마다 반환점을 두었다. 걷는 동안 동기부여에 의한 오류를 제거하기 위하여 남은 시간과 지침에서 허용된 문구만을 이용하여 대상자에게 이야기 하도록 하였다. 6MWT는 뇌졸중 환자에 대해 측정자 내 급내상관계수가 $r=0.99$ 로 높은 신뢰도를 보인다(Larsson et al., 2004).

(2) 시·공간적 보행 능력 측정

양적 보행변수 중 시간적 요소인 보행 속도 및 분속수와 공간적 요소인 환측의 단하지지지율과 보행 대칭성을 측정하기 위하여 무선 3축 가속도계(wireless 3 axes accelerometer) (G-WALK, BTS S.T.A., Italy)를 사용하였다.

본 연구에 사용된 가속도계는 탄력 있는 밴드로 허리에 고정할 수 있는 유형으로 요추 3번과 4번 사이에 고정하였다. 실험보조자가 출발선에서 가속도계의 전원을 켜고 컴퓨터 화면에 신체 좌표에 대한 모터링이 시작되는 것을 확인한 후 대상자에게 ‘시작’이라는 출발신호를 보냈다. 대상자가 1m 지점을 통과하여 첫 발이 땅에 내딛는 순간부터 자료저장 버튼을 눌러 좌표의 숫자를 수집하고 4m 지점을 통과하여 첫 발을 내딛는 순간 자료저장중지 버튼을 눌러 자료 수집을 멈추고 1m를 더 보행 한 후 정지선을 통과하면 ‘그만’이라고 신호를 주어 보행을 멈추었고 수집된 데이터를 저장하였다.

3) 리듬청각자극을 동반한 트레드밀 훈련 프로그램

본 연구에서 리듬청각자극을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련은 경사 트레드밀(S23T, 태하메카트로닉스, Korea) 위에서 회기 당 30분간 보행을 하였고, 보행

하는 동안의 리듬청각자극(rhythmic auditory stimulation, RAS)을 주기 위하여 메트로놈(fretway metro, fretway, USA)을 이용하였다. 트레드밀 경사는 예비실험을 통하여 5%(2.86°)에서 훈련하기 용이하여 이대로 설정하여 훈련하였으며, 2주차 및 3주차는 10%의 경사도에서 시행하였으나 불가능한 자는 증가시키지 않았다. 4주차에는 경사를 변화시키지 않고 시행하였으며 3명이 트레드밀 경사 10%, 7명이 경사 5%에서 보행 훈련을 하였다. 트레드밀 속도는 1주차에는 환자가 가장 선호하는 속도로 시행하였고 2주차에는 5% 속도, 3주차에는 추가로 5% 증가시켰으며 4주차에는 트레드밀의 속도를 증가하지 않았다. 메트로놈 비트는 한 발(1 step)에 1비트로 설정하여 무선3축 가속도계(wireless 3 axes accelerometer)로 측정된 대상자의 분속수에 메트로놈 비트수를 맞추는 방식으로 설정하였다(Oh et al., 2015). 1주차에는 대상자들의 RAS 비트 적용 범위는 52비트~121비트(평균 85.94비트)였고, 트레드밀 속도의 범위는 0.7km/h~3.1km/h (평균 1.83km/h)이었다. 2주차 및 3주차는 각각 5%씩 증가시켰으며 4주차는 3주차의 비트를 그대로 적용하였다.

3. 실험 절차

보행 훈련에 앞서 준비운동으로 2분간 앉은 자세에서 좌·우측으로 어깨를 움직이거나 체중을 이동하였고, 이후 10분간 리듬청각자극을 적용하여 경사 트레드밀 보행 훈련을 실시, 1분간 리듬청각자극을 제거한 경사 트레드밀 보행 훈련 실시, 2분간 휴식을 취하게 하였다. 동일하게 2set 반복하였으며 마지막 2분간은 마사지와 신장운동을 실시하였다(Oh et al., 2015). 해당 훈련을 4주간, 주 5회 하루 30분간 실시하였다. 보행 훈련은 모든 물리치료가 끝난 후 치료실의 독립적인 공간에서 시행하였다.

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 WINDOW용 PASW ver. 18.0 프로그램을 이용하여 대상자의 일반적 특성은 기술통계로 하였으며, 실험 전과 후의 차이에 대한

결과를 정규성 검정을 수행한 후 대응표본 짝비교 (Paired t-test)로 분석하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참가한 참가자들은 뇌졸중 진단을 받은 환자 10명으로 성별은 남자 6명(60%), 여자 4명(40%)이었으며, 진단명은 뇌경색 3명(30%), 뇌출혈 7명(70%)이었으며, 마비 부위는 좌측 마비 4명(40%), 우측 마비 6명(60%)이었으며, 유병 기간은 16.40±10.29개월이었으며, 연령은 50.80±14.36세이었으며, 신장은 167.80±10.10cm이었으며, 체중은 69.80±10.87kg으로 나타났다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=10)

Characteristics	Mean±SD
Sex	
Male	6(60%)
Female	4(40%)
Diagnosis	
Infarction	3(30%)
Hemorrhage	7(70%)
Affected side	
Left	4(40%)
Right	6(60%)
Onset time (month)	16.40±10.29
Age (years)	50.80±14.36
Height (cm)	167.80±10.10
Weight (kg)	69.80±10.87

2. 훈련 전·후의 균형의 변화 비교

4주간 실시한 훈련 후 일어나 걸어가기 검사의 훈련 전·후 비교 결과는 훈련 전 32.61±12.30초에서 훈련 후 29.98±12.33초로 감소하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 버그균형 검사는 훈련 전 34.60±6.67점에서

훈련 후 42.40±6.79점으로 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 2).

Table 2. Comparison of balance between pre-test and post-test (n=10)

	Balance	
	TUG(seconds)	BBS(score)
Pre-test	32.61±12.30	34.60±6.67
Post-test	29.98±12.33	42.40±6.79
p	0.01*	0.01*

* $p<0.05$

TUG: timed up and go test

BBS: Berg balance scale

3. 훈련 전·후의 보행의 변화 비교

4주간 실시한 훈련 후 6분 보행검사의 훈련 전·후 비교 결과는 훈련 전 109.50±35.29m에서 훈련 후 130.61±35.18m로 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 보행 속도는 훈련 전 1.21±0.63m/s에서 훈련 후 1.54±0.66m/s로 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 분속수는 훈련 전 85.94±23.33steps/min에서 훈련 후 99.42± 20.14steps/min으로 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 단하지지지율의 변화는 훈련 전 24.34±8.34%에서 훈련 후 41.86± 8.21%로 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 보행 대칭성 지수의 변화는 훈련 전 0.48±0.22에서 훈련 후 0.74±0.23으로 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$)(Table 3).

IV. 고 찰

본 연구에서는 리듬청각자극(rhythmic auditory stimulation, RAS)을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 어떤 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다. 본 연구 결과에서 리듬청각자극을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 균형 및 보행의 향상에 더 효과적인 것으로 나타났다. 훈련 전보다 훈련 후에 TUG 값이 감소하여 유의한 차이가

Table 3. Comparison of gait between pre-test and post-test

(n=10)

	Gait				
	6MWT (m)	Gait speed (m/s)	Cadence (s/m)	SLS (%)	SI (score)
Pre	109.50±35.29	1.21±0.63	85.94±23.33	24.34±8.34	0.48±0.22
Post	130.61±35.18	1.54±0.66	99.42±20.14	41.86±8.21	0.74±0.23
p	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*	0.01*

*p<0.05

6MWT: 6min walk test

m: meter

m/s: meter/second

s/m: steps/min

SLS: single limb support

SI: symmetric index

있었다($p<0.05$). 그러나 TUG 값의 변화량에서 2.63초로 통계학적으로 의미 있는 최소한의 변화를 의미하는(minimal detectable change, MDC)인 2.9점(Flansbjerg et al., 2005)에는 미치지 못하였다. 본 연구에서의 훈련 기간(4주간)이 짧았기 때문일 것으로 사료된다. BBS 점수에서는 훈련 전보다 훈련 후에 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). BBS 점수의 변화량에서 7.8점으로 MDC인 4.66점(Hiengkaew et al., 2012)을 넘었다. 따라서 뇌졸중 환자의 균형 향상을 위해서 리듬청각자극을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 효과적임을 알 수 있다. 이런 연구 결과와 유사하게 Schauer 등(2003)은 뇌졸중 환자에게 청각 되먹임 훈련을 적용한 결과, 균형이 향상됨을 보고하였다. 뇌졸중 환자들은 신경회로가 손상을 받게 되고 그로 인해 보행의 패턴이 변하게 된다(Ford et al., 2007). 리듬을 가진 반복적인 자극들은 뇌졸중환자와 같은 중추신경계 손상환자의 리듬적 움직임을 서로 결합시키고, 운동 수행력을 향상시키는데 효과적이라고 하였다(Butefisch et al., 1995; Prassas et al., 1997; Schauer & Mauritz, 2003; Thaut et al., 1997). 리듬청각자극을 이용한 트레드밀 보행 훈련은 사지의 협응력을 향상시키며, 골반과 견갑골 및 흉부의 움직임이 증가하여 보행 능력을 향상시킨다(Ford et al., 2007). 본 연구 결과에서 6MWT 값이 훈련 전보다 훈련 후에 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 6MWT 값의 변화량에서 19.3%의 변화를 나타내어 MDC인 13%(Flansbjerg et al., 2005)를

넘었다. 그러나 임상에서 의미 있는 차이(minimally clinically important difference, MCID)를 나타내는 값인 34.4m에는 미치지 못하였다. 보행 지구력이 향상된 것은 하루 30분간의 과제 특이적 훈련 즉, 보행 훈련의 효과이며 리듬청각자극을 함께 적용하였을 때 좀 더 유효적인 보행으로 상체 동요가 감소됨(Malcolm et al., 2009)으로써 효율적인 에너지 사용으로 인한 효과일 것으로 생각된다. 보행 속도에서는 훈련 전보다 훈련 후에 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 리듬청각자극을 동반한 트레드밀 보행 훈련이 일반 평지에서 보행과 높은 상관관계를 지니고 있기 때문에(Macko et al., 1997), 본 연구에서 리듬청각자극을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 일반적인 평지에서의 보행 속도와 지구력 향상에 긍정적인 변화를 주었다고 사료된다. 또한 Schauer 등(2003)의 연구에서도 리듬청각자극을 적용한 실험군이 대조군에 비해서 보행 속도에 효과적인 모습을 보였으며, 청각적 되먹임을 활용한 치료가 더욱 효과적이었음이 보고되었다. 분속수에서는 훈련 전보다 훈련 후에 증가하여 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 이는 리듬청각자극을 동반한 트레드밀 보행 훈련이 분속수 증가를 가져온다고 보고한 Thaut 등(2007)의 연구 결과와 일치하였다. 또한 Lee 등(2011)은 뇌졸중 환자 48명을 대상으로 RAS를 적용한 후 분속수를 측정된 결과 편안한 속도로 마비측에 RAS를 적용한 군을 제외하고 편안한 속도로 비마비측에 리듬청각자극을 적용한 군, 10% 증가

된 속도로 마비측에 리듬청각자극을 적용한 군, 10% 증가된 속도로 비마비측에 청각자극을 적용한 군에서 각각 10.96 ± 5.16 steps/min, 3.82 ± 2.73 steps/min, 10.70 ± 4.59 steps/min 증가하여 본 연구 결과와 유사한 결과를 보였다. 훈련 전·후 환측의 단하지지지율(single limb support, SLS)에서는 훈련 전보다 훈련 후에 증가하여 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 보행은 항중력근의 긴장과 상호 교대적인 운동의 형태로 나타나며, 한 발은 항상 지면에 접촉해야 하는 것이기 때문에 단하지지지율의 향상은 중요하다. 본 연구 결과와 일치하게 Trueblood (2001)은 만성 뇌졸중 환자에게 체중지지 트레드밀 치료를 실시한 결과 양하지 지지율이 감소되고 환측의 단하지지지율이 증가하였다고 보고하였다. 또한 Laufer 등(2001)도 25명의 급성기 뇌졸중 환자에게 트레드밀 보행 훈련을 시행 한 결과 보폭, 환측 체중지지시간이 증가하였다고 하였다. 이처럼 환측의 단하지지지율의 증가는 입각기 시 지면반발력을 높임으로써 보폭의 증가를 야기할 수 있는 것으로 볼 수 있다. 본 연구 결과에서 나타난 바와 같이 리듬청각자극을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자들의 균형, 보행 속도 및 분속수에 효과적으로 나타난 것은 리듬청각자극의 적용으로 인해 율동적인 보행이 이루어진 결과로 단하지지지율이 향상되었기 때문일 것으로 생각된다. 뇌졸중 환자는 비대칭적인 보행 형태를 지니고 있기 때문에 특히 보장과 활보장의 차이 및 분속수와 보행 속도의 감소 등 보행패턴의 질과 적응성에 문제를 가지고 있다(Dean et al., 2001). 일반적으로 임상에서 뇌졸중 환자의 보행 훈련의 목표로서 보행 속도의 증가로 설정하지만 보행의 질적 평가와 보행 능력의 객관적인 지표를 반영할 수 없다는 문제점이 지적되곤 한다(Kim & Eng, 2003). 뇌졸중 환자들의 비대칭적인 보행패턴으로 인해서 단순한 보행 속도 증진은 과도한 비정상적인 패턴과 대상작용을 유발하여 보행의 질적인 측면에서는 오히려 부정적인 결과를 보일 수 있다(Patterson et al., 2008). 본 연구 결과에서 훈련 전·후 보행대칭성(symmetric index, SI)의 변화를 비교한 결과, 훈련 전보다 훈련

후에 증가하여 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 이런 결과는 리듬청각자극이 환측의 단하지지지율 증가로 인하여 보행대칭성에 긍정적 영향을 미치는 것으로 사료된다. 본 연구 결과와 유사하게 Thaut 등(2007)은 뇌졸중 환자에게 리듬청각자극을 동반한 일반 트레드밀 보행 훈련으로 보장 등을 측정하여 보행의 대칭성에 유의한 결과를 이끌어냈으며, 점진적 리듬의 속도 변화를 준 보행 훈련이 보행 속도, 보폭, 유각기 대칭률, 분속수의 증가 등 보행 능력을 향상시킬 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 뇌졸중 환자에게 반복적인 리듬청각자극을 동반한 경사로 트레드밀 보행 훈련이 선행연구와의 연구 결과가 동일하게 근력강화와 보행의 대칭성을 향상시키는 결과를 보였다.

리듬청각자극의 경로는 리듬신호에 몸이 무의식적으로 반응하기 때문에 일반적인 청각경로와 달리 척수상의 청각시스템(supraspinal auditory system)을 통해 대뇌 피질로 가게 된다(Thaut, 2005). 리듬청각자극의 청각 운동경로는 두 가지로 나뉘는데 하나는 일차 청각피질(primary auditory cortex)이고 다른 하나는 그물체로 이동되어 그물척수로(reticulospinal tract)를 통해 하위 운동신경원으로 이동하는 것이다(Pal'stev & El'ner, 1967). 이런 경로에 의하여 청각 놀람반사는 청각피질과 수의운동의 활동이 동시에 반응할 수 있도록 해주는 효과(Chung et al., 2006)로 인하여 리듬청각자극을 동반한 경사로 트레드밀 보행 훈련이 단하지지지율과 보행대칭성지수에서도 효과가 나타난 것으로 보인다.

그러나 본 연구에서는 참여자의 표본수가 적었고, 보행이 가능한 뇌졸중 환자들만을 포함하였기에 본 연구 결과를 모든 뇌졸중 환자에 대해 일반화하기에는 제한이 있다. 또한 균형 및 보행에 대한 측정이 실내에서만 국한되어 이루어졌기 때문에 실외 보행 또는 활동에서의 훈련 효과는 알 수 없다. 추후 연구에서는 보다 많은 수의 뇌졸중 환자를 대상으로 보다 장기간 동안 리듬청각자극을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련을 실시하여 뇌졸중 환자들의 균형 및 보행 뿐만 아니라 나아가서 활동 및 사회적 참여에 대해

미치는 영향을 규명하는 연구가 필요할 것이고, 후속 평가를 통하여 균형과 보행에 대한 관련효과의 지속성을 확인할 필요가 있을 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 리듬청각자극(rhythmic auditory stimulation, RAS)을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 어떤 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 실시하였다. 연구 결과 리듬청각자극을 동반한 경사 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행의 향상에 효과적이었으며 고유 수용성 신경근 축진의 기본절차 중의 하나인 청각을 활용한 훈련이 중요한 부분을 차지한다고 사료된다.

References

- Ada L, Dean CM, Hall JM, et al. A treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: a placebo-controlled, randomized trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003;84(10): 1486-1491.
- An CS, Jung S. A study on gait analysis of normal adult and hemiplegia patients. *The journal of korean academy of physical therapist*. 2002;14(3):143-148.
- Berg KO, Maki BE, Williams JI, et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1992;73(1):1073-1080.
- Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams, JI. The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. 1995;27(1): 27-36.
- Berg KO, Wood-Dauphinee S, Williams JI. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Canada*. 1989;41(1): 304-311.
- Brincks J, Nielsen JF. Increased power generation in impaired loser extremities correlated with changes in walking speeds in sub-acute stroke patients. *Clinical Biomechanics*. 2012;27(2):138-144.
- Butefisch, C, Hummelsheim H, Denzler P, et al. Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. *Journal of the Neurological Sciences*. 1995;130(1): 59-68.
- Campbell FM, Ashburn AM, Pickering RM. Head and pelvic movements during a dynamic reaching task in sitting. Implications for physical therapists. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;82(12): 1655-1660.
- Carda S, Cisari C, Invernizzi M. Sarcopenia or muscle modification in ceurologic disease: a lexical or pathophysiological difference?. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2013;49(1): 119-130.
- Chung HJ, Kim YS, Choi MH, et al. Music therapy techniques and models. Seoul. Hakjisa. 2006.
- De Nunzio AM, Zucchella C, Spicciato F. Biofeedback rehabilitation of posture and weight bearing distribution in stroke: a center of foot pressure analysis. *Functional Neurology*. 2014;29(2):127-134.
- Dean CM, Richards CL, Malouin F. Walking speed over 10 metres overestimates locomotor capacity after stroke. *Clinical Rehabilitation*. 2001;15(4):415-421.
- Dobkin BH. Strategies for stroke rehabilitation. *The Lancet Neurology*. 2004;3(9):528-536.
- Flansbjer UB, Holmback AM, Downham D, et al. Reliability of gait performance tests in men and women with hemiparesis after stroke. *The Journal of Rehabilitation*

- Medicine*. 2005;37(2):75-82.
- Ford MP, Wagenaar RC, Newell KM. The effects of auditory rhythms and instruction on walking patterns in individuals post stroke. *Gait & Posture*. 2007;26(1):150-155.
- Globas C, Becker C, Cerny J, et al. Chronic stroke survivors benefit from high-intensity aerobic treadmill exercise: a randomized control trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2012;26(1):85-95.
- Hesse S, Werner C, Paul T, et al. Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;82(11):1547-1550.
- Hiengkaew V, Jitaree K, Chaiyawat P. Minimal detectable changes of the berg balance scale, fugl-meyer assessment scale, timed "up & go" test, gait speeds, and 2-minute walk test in individuals with chronic stroke with different degrees of ankle plantar flexor tone. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012;93(7):1201-1208.
- Horstman AM, Beltman MJ, Gerrits KH, et al. Intrinsic muscle strength and voluntary activation of both lower limbs and functional performance after stroke. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. 2008;28(4):251-261.
- Kawamura K, Tokuhiko A, Takechi H. Gait analysis of slope walking: a study on step length, stride width, time factors and deviation in the center of pressure. *Acta Medica Okayama*. 1991;45(3):179-184.
- Kenyon GP, Thaut MH. A measure of kinematic limb instability modulation by rhythmic auditory stimulation. *Journal of Biomechanics*. 2000;33(10):1313-1323.
- Kim BG, Gong WT, Jung YW. The myoelectrical activities of trunk muscle and quadriceps femoris according to treadmill gait different inclination and speeds. *Korean journal of orthopedic manual therapy*. 2007;13(1):44-57.
- 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):23-28.
- Kim EJ, Hwang BK, Kwon HC. The effects of gait component and foot plantar pressure on gait training way in stroke patients. *Journal of rehabilitation science*. 2009;27(2):41-54.
- Larsson UB, Holmback AM, Downham D, et al. Reliability of gait performance tests in man and women with hemiparesis after stroke. *Journal of Rehabilitation Medicine*. 2004;36(2):75-82.
- Laufer Y, Dickstien 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. *Journal Of Rehabilitation Research And Development*. 2001;38(1):69-78.
- Lee SH, Lee KJ, Ha GH, et al. The effects of rhythmic auditory stimulation on the gait symmetry in the chronic stroke patients. *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2011;12(5):2187-2196.
- Macko RF, Desouza CA, Treter LD, et al. Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardio vascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients: a preliminary report. *Stroke*. 1997;28(2):326-356.
- Malcolm P, Massie C, Thaut M. Rhythmic auditory-motor entrainment improves hemiparetic arm kinematics during reaching movement: a pilot study. *Topics in Stroke Rehabilitation*. 2009;16(1):69-79.
- Michel JA, Mateer CA. Attention rehabilitation following stroke and traumatic brain injury: a review. *Europa Medicophysica*. 2006;42(1):59-67.
- Oh YS, Kim HS, Woo YK. Effects of rhythmic auditory stimulation using music on gait with stroke patients. *Physical Therapy Korea*. 2015;22(3):81-90.

- Pal'tsev I, El'ner M. Preliminary and compensatory period during voluntary movement in patients with brain injuries in different location. *Biofizika*, 1967;12(1): 142-149.
- Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(2): 304-310.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed up & go: a test basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1991;39(2): 142-148.
- Pohl M, Mehrholz J, Claudia R. Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients. *Stroke*. 2002;33(2):553-561.
- Prassas SG, Thaut MH, McIntosh GC, et al. Effects of auditory rhythmic cuing on gait kinematic parameters in hemiparetic gait of stroke patients. *Gait & Posture*. 1997;6(3): 218-223.
- Rhea CK, Wutzke CJ, Lewek MD. Gait dynamics following variable and constant speed gait training in individuals with chronic stroke. *Gait & Posture*. 2012;36(2): 332-334.
- Sakuma K, Ohata K, Izumik K, et al. Relation between abnormal synergy and gait in patients after stroke. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2014;11(1): 141-147.
- Schauer M, Mauritz KH. Musical motor feedback (MMF) in walking hemiparetic stroke patients: randomized trials of gait improvement. *Clinical Rehabilitation*. 2003; 17(7): 713-722.
- Sims NR, Moyderman H. Mitochondria oxidative metabolism and cell death in stroke. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Molecular Basis Of Disease*. 2010; 1802(1):80-91.
- Thaut MH. Neural basis of rhythmic timing networks in the human brain. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2003;999(1):364-373.
- Thaut MH. Rhythm, music, and the brain: scientific foundations and clinical applications (studies on new music research), 1st ed. New York. Routledge. 2005.
- Thaut MH, Leins AK, Rice RR, et al. Rhythmic auditory stimulation improves gait more than NDT/Bobath training in near-ambulatory patientsearly post stroke: a single-blind, randomized trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2007;21(5):455-459.
- Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR. Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. *Journal of the Neurological Sciences*. 1997;151(2): 207-212.
- Thaut MH, Stephan KM, Wunderlich G, et al. Distinct cortico-cerebellar activations in rhythmic auditory motor synchronization. *Cortex*. 2009;45(1):44-53.
- Trombly CA, Radomski MV. Occupational therapy for physical dysfunction, 6th ed. Baltimore. Lippincott Williams & Wilkins. 2008.
- Trueblood P. Partial body weight treadmill training in persons with chronic stroke. *Neurorehabilitation*. 2001;16(3): 141-193.
- Verheyden G, Vereeck L, Truijen S, et al. Trunk performance after stroke and the relationship with balance, gait and function ability. *Clinical Rehabilitation*. 2006; 20(5):451- 458.