

# 시각적 피드백과 리듬청각자극을 통한 트레드밀 보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행능력에 미치는 영향

박진<sup>1</sup>, 김범룡<sup>2</sup>, 김태호<sup>3</sup>

<sup>1</sup>대구대학교 대학원 물리치료학과, <sup>2</sup>삼육대학교 대학원 물리치료학과, <sup>3</sup>대구대학교 물리치료학과

## Effects of Visual Feedback and Rhythmic Auditory Stimulation on Walking of Stroke Patients Induced by Treadmill Walking Training

Jin Park<sup>1</sup>, MSc, PT, Beom-ryong Kim<sup>2</sup>, MSc, PT, Tae-ho Kim<sup>3</sup> PhD, PT

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Daegu University

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Sahmyook University

<sup>3</sup>Dept. of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

### Abstract

**Background:** Stroke patients show abnormal walking patterns due to brain injury. In order to have the desired walking pattern, appropriate stimulation is required to activate the central pattern generator. For this reason, our study performed treadmill ambulatory training with rhythmic auditory stimulation. However we did not consider the influence of visual feedback.

**Objects:** The purpose of this study was to compare the gait abilities in chronic stroke patients following either treadmill walking training with rhythmic auditory stimulation and visual feedback (TRASVF) or treadmill walking training with rhythmic auditory stimulation (TRAS) alone.

**Methods:** Twenty-one stroke patients were divided into two groups: A TRASVF group (10 subjects) and a TRAS group (11 subjects). They received 30 minutes of neuro-developmental therapy (NDT) and walking training for 30 minutes, five times a week for three weeks. Temporal and spatial gait parameters were measured before and after the training period. The Biodex gait trainer treadmill system measured gait parameters.

**Results:** After the training periods, the TRASVF group showed a significant improvement in walking speed, the step length of the affected limb, and time on each foot of the affected limb when compared to the TRAS group ( $p < .05$ ).

**Conclusion:** The results of this study showed that the treadmill walking training with rhythmic auditory stimulation and visual feedback improved individual gait ability more than the treadmill walking training with rhythmic auditory stimulation alone. Therefore, visual feedback should be considered along with rhythmic auditory stimulation training.

**Key words:** Gait; Rhythmic auditory stimulation; Stroke; Visual feedback.

### I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관의 허혈성 혹은 출혈성 손상으로 인해 나타나는 질환으로 신경학적 증상이 동반되며 신체

적, 심리적 장애를 유발한다(Peurala 등, 2007). 이러한 장애는 뇌졸중 환자의 보행 문제를 야기하게 되는데, 이는 독립적인 삶을 영위함에 있어 제한이 되며 사회와 보호자에 대한 부담과 의존을 가중시킨다(Lau와 Mak,

2011). 뇌졸중 환자의 보행 특징을 살펴보면 강직과 근육 반응의 변화에 의해 잔존하고 있는 근육만으로 움직임 조절하고 보행을 하게 된다(Ada 등, 2009). 이로 인해 보행동안 비마비측으로의 체중 지지에 따른 비대칭적인 체중분포와 체중이동 능력 저하, 마비측과 비마비측 보장의 차이, 보행속도의 감소 등을 관찰할 수 있다(Eng와 Tang, 2007; Pizzi 등, 2007).

이러한 뇌졸중 환자의 비정상적인 보행패턴은 지역사회에서 독립적인 삶을 영위함에 있어 제한이 되기 때문에 바람직한 보행패턴을 갖추도록 하는 것은 중요하다(Hase 등, 2011). 뇌졸중 환자에게 동적이고 바람직한 보행패턴을 경험할 수 있도록 임상에서 주로 사용하는 트레드밀에서의 보행훈련은 마비측 지지 시간의 증가, 마비측과 비마비측 보장 차이의 감소, 족관절 강직의 감소 등의 결과를 나타나게 되고, 이는 평지에서의 보행훈련 보다 보행속도의 향상, 보행거리의 증가의 결과를 보이게 된다(Hase, 2011; Lewek 등, 2012). 트레드밀에서의 보행훈련이 평지에서의 보행훈련과의 차이를 보이는 이유는 트레드밀 발판의 변화에 따른 구심성 자극이 중추 유형 발생기(central pattern generator)에 직접 작용하게 되기 때문이라 할 수 있다(Park 등, 2015). 그러나 대뇌피질에 의존하여 보행을 하려는 경향을 보이는 뇌손상 환자는 자동적이고 율동적인 보행의 형태를 나타내는 것에 제한이 있다. 따라서 트레드밀 발판의 구심성 자극이 중추 유형 발생기를 자극한다 하더라도 척수상위수준(supraspinal region)에서의 자극을 통한 대뇌피질의 의존을 줄여야 한다(Aaslund와 Moe-Nilssen, 2008; Bayat 등, 2005).

척수상위수준(supraspinal region)에서의 효과적인 자극을 위하여 리듬청각자극을 이용한 뇌졸중 환자의 보행능력에 미치는 영향을 검증한 연구가 이루어지고 있다(Pelton 등, 2010; Roerdink 등, 2009). 리듬청각자극(rhythmic auditory simulation, RAS)이란 일정한 리듬으로 제공되는 청각자극을 통하여 뇌의 운동영역과 시각영역을 동기화시키고 활성화할 유도하는 것이다(Thaut 등, 2007). 리듬청각자극이 귀를 통해 들어오면 수의 운동을 조절하는 하행경로인 망상척수로(reticulospinal tracts)를 따라 중추 유형 발생기로 전달되는 동시에 척수상위 청각 시스템(supraspinal auditory system)을 통해 일차 청각 피질(primary auditory cortex)로 전달되어 운동패턴을 시간적으로 구조화하고 조절하며 기능적인 운동수행을 도와 움직임의 시공간적

요소를 향상 시킬 수 있게 한다(Luft 등, 2004; Thaut 등, 2007).

리듬청각자극의 제공에 따른 보행훈련의 효과를 연구한 선행 연구를 살펴보면 리듬청각자극을 제공하였을 때, 보행속도와 활보장, 보행의 대칭성이 증가되는 것에 따른 청각적 되먹임에 의한 치료 효과를 검증하였다(Park 등 2015; Prassas 등, 1997; Schauer와 Mauritz, 2003; Thaut 등, 1997). 또한 뇌졸중 환자에게 리듬청각자극 제공에 따른 트레드밀 보행훈련 시 팔과 다리의 협응력이 향상되고 골반, 흉부 회전의 증가를 보인다고 하였다(Ford 등, 2007; Roerdink 등, 2009). 이를 토대로 리듬청각자극을 이용한 트레드밀 보행훈련은 뇌졸중 환자의 보행능력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 알 수 있다. 그러나 뇌졸중 환자의 경우 척수상위수준에서 감각통합과 정보처리과정의 문제로 인해 리듬에 즉각적으로 반응하는 것에 제한이 된다(Roerdink 등, 2009).

이러한 제한점을 개선하기 위하여 척수상위수준에서 보행을 조절 하는 것에 관여하는 시각적 피드백을 고려해 볼 수 있다. 시각은 뇌졸중 환자에게 특징적으로 나타날 수 있는 감각저하를 보완하기 위하여 신체 상(body image)과 신체 도식(body scheme)을 형성하도록 돕는 중요한 요소이다(Sackley 등 1992). 시각을 통해 입력되어진 정보는 중추신경계에서 인지 기능이 이루어지고 다른 감각영역과 통합되어 적절하게 운동을 조절하게 된다(Bonan 등, 2004). 뇌졸중 환자의 보행훈련 시 시각적 피드백의 제공에 따른 효과는 이미 검증되었다(Druzbecki 등, 2015; Hollands 등 2013; Khallaf 등, 2014). 이를 바탕으로 리듬청각자극에 즉각적으로 반응하는 것에 제한이 있는 뇌졸중 환자에게 시각적 피드백을 동시에 제공하는 것은 보행능력 향상에 효과적일 수 있다. 그러나 시각적 피드백이 리듬청각자극과 함께 중추 유형 발생기를 효과적으로 활성화하는가에 대한 연구는 미미하다.

따라서 본 연구의 목적은 리듬청각자극에 따른 트레드밀 보행훈련 시 시각적 피드백의 유, 무에 따른 차이를 비교하여 중추 유형 발생기를 효과적으로 자극하기 위한 시각적 피드백의 효과를 검증하고자 하였다. 본 연구의 가설은 리듬청각자극에 따른 트레드밀 보행훈련 시 시각적 피드백의 제공은 뇌졸중 환자의 보행능력에 영향을 미치게 되어, 훈련 후 시각적 피드백을 제공한 군에서 시각적 피드백을 제공하지 않은 군과 비교하여 보행능력이 유의하게 향상될 것이라고 설정하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구기간 및 연구대상

2017년 7월부터 2017년 8월까지 전주 D재활병원에서 재활운동치료를 받는 뇌졸중 환자 중 연구의 목적을 이해하고 연구에 참여하겠다고 동의한 24명의 대상자에게 동의서를 받은 후 실시하였다. 제외조건에 포함되는 대상자 3명을 제외한 총 21명의 대상으로 실시하였으며, 연구대상자의 선정 기준은 다음과 같았다.

- 가. 뇌졸중 발병 후 6개월 이상 2년 미만인 자
- 나. 보조도구 없이 10 m이상 보행 가능한 자
- 다. 약시(amblyopia), 현훈(vertigo), 전정기능이상(vestibular dysfunction) 등의 시각 및 청각에 장애가 없는 자
- 라. 하지에 보행에 영향을 줄 수 있는 정형외과적 문제가 없는 자
- 마. 한국판 간이 정신상태 검사(mini mental state examination-Korean; MMSE-K) 점수가 24점 이상으로 치료사의 지시사항을 따를 수 있는 자
- 바. 6분 동안 걷기 후 혈압, 맥박, 호흡의 이상이 없는 자

연구 대상자의 제외조건은 보행에 영향을 줄 수 있는 뇌졸중 이외의 다른 신경학적 질환을 가진 자와 편측무시를 가지고 있는 자, 본 연구에서 정한 트레드밀 보행훈련 이외에 트레드밀 훈련을 실시한 자는 제외하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같으며 두 집단 간 나이, 유병기간, 키, 몸무게의 일반적 특성

에는 통계학적 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).

### 2. 연구절차

연구대상자의 진단명, 나이, 성별, 손상 부위, 유병기간 등을 대상자와의 면접과 의무 기록을 통해 조사하여 두 군 간의 동질성을 확보하였다. 또한 대상자의 균형능력의 측정을 위해 Berg 균형 척도(Berg balance scale; BBS)와 Space balance 3D(CyberMedic, Iksan, Korea)를 사용하여 정적서기 자세에서의 체중분포(weight distribution)를 측정하여, 균형능력이 유사한 대상자들을 짝짓기 설계방법으로 각 군에 무작위 배정하였다. 시각적 피드백과 리듬청각자극에 따른 트레드밀 보행훈련 군(treadmill rhythmic auditory stimulation with visual feedback; TRASVF)은 10명이었다. 리듬청각자극에 따른 트레드밀 보행훈련 군(treadmill rhythmic auditory stimulation; TRAS)은 11명이었다.

두 군 모두 신경발달치료(neuro-developmental therapy) 후, 30분으로 구성된 보행훈련을 실시하였고 주 5회, 총 3주간 실시하였다. 보행훈련을 시작하기 전 대상자들의 편안한 속도를 결정하기 위하여 지면에서 10 m의 거리를 표시해 두고 편안한 속도로 걷도록 하여 초시계로 측정한 후 대상자의 편안한 속도를 결정하였으며, 훈련 전과 후 대상자의 보행능력 측정을 통해 보행훈련의 효과를 알아보았다.

- 가. 시각적 피드백과 리듬청각자극에 따른 트레드밀 보행훈련
- 트레드밀 보행훈련은 Biodex gait trainer 2(Biodex

**Table 1.** General characteristics of subjects

(N=21)

		TRASVF <sup>a</sup> (n <sub>1</sub> =10)	TRAS <sup>b</sup> (n <sub>2</sub> =11)	p
	Age (years)	52.8±10.7 <sup>c</sup>	52.2±11.1	.898
Gender	Male	6 (60%)	6 (55%)	.813
	Female	4 (40%)	5 (45%)	
	Time since stroke (month)	11±4	12.2±4.4	.525
Type of lesion	Hemorrhagic	4 (40%)	4 (36%)	.872
	Infarction	6 (60%)	7 (64%)	
Side of lesion	Right	3 (30%)	7 (64%)	.136
	Left	7 (70%)	4 (36%)	
	Height (cm)	167.5±9.4	164.1±9.3	.415
	Weight (kg)	64.1±6.8	67.8±12.4	.403

<sup>a</sup>treadmill rhythmic auditory stimulation with visual feedback, <sup>b</sup>treadmill rhythmic auditory stimulation, <sup>c</sup>mean±standard deviation.

Medical System Inc, NY, U.S.A)에서 실시하였다. 시각적 피드백을 제공하기 위하여 Biodex gait trainer 2의 바닥면을 통해 인식되는 대상자의 마비측과 비마비측의 보장이 화면에 표시되도록 하였다. 보행훈련 간 리듬청각자극의 제공을 위하여 컴퓨터용 메트로놈프로그램(Fretway Metro, Fretway, USA)을 이용하였다. 대상자는 무선 헤드셋을 착용하고 제공되는 시각적 피드백과 리듬청각자극에 발을 맞추도록 하여 보행훈련을 실시하였다. 제공되는 리듬청각자극은 훈련 전 Biodex gait trainer 2를 통하여 측정된 분속수(steps/min)를 기준으로 제작하였다. 제공되는 소리의 크기는 대상자들이 트레드밀 보행훈련 시 편안하게 들을 수 있는 정도의 크기로 훈련동안 일정하게 유지하였다. 보행훈련 전 리듬청각자극의 적응력을 높이기 위해 앉은 자세에서 2분간 리듬청각자극을 들으며 발을 이용해 박자를 맞추도록 하였고 10분간 리듬청각자극에 따른 보행훈련을 실시하였다. 1분간 리듬청각자극 없이 보행을 실시한 후에 피로도를 최소화하기 위하여 2분간 휴식하도록 하고 총 2회 실시하였다(Hayden 등, 2009).

트레드밀 보행속도는 훈련 전 측정된 대상자의 편안한 속도에서 실시하였다. 리듬청각자극의 템포는 90%, 100%, 110%로 점차 증가시키기에 따라 보행속도의 유의한 증가를 나타낸다는 연구를 바탕으로 첫째 주에는 대상자마다 제작된 리듬청각자극의 90%에 해당되는 템포에 맞추어 보행훈련을 실시하였고, 둘째 주에는 100%에 해당되는 템포, 셋째 주에는 110%에 해당되는 템포에 맞추어 보행훈련을 실시하였다(Hausdorff 등, 2007; Roerdink 등, 2007).

보행훈련 간 대상자가 피로를 호소할 경우 휴식을 제공하여 대상자의 피로도를 최소화 하였고, 대상자의 안전을 위해 비마비측 속으로 트레드밀의 지지대를 붙잡도록 하여 보행훈련을 실시하였으며 1명의 치료사가 대상자의 뒤에서 보조하였다.

#### 나. 리듬청각자극에 따른 트레드밀 보행훈련

리듬청각자극만 제공한 트레드밀 보행훈련군의 경우 시각적 피드백의 차단을 위하여 Biodex gait trainer 2의 화면에 마비측과 비마비측의 보장이 나타나지 않게 하였다. TRASVF군과 동일하게 제작된 리듬청각자극의 템포를 각 주 별로 90%, 100%, 110%로 점진적으로 증가시켜 적용하였다(Hausdorff 등, 2007; Roerdink 등, 2007). 훈련의 과정 또한 TRASVF군과 동일하게 적용



Figure 1. Biodex gait trainer 2.

하였으며 보행훈련 간 대상자가 피로를 호소할 경우 휴식을 제공하여 대상자의 피로도를 최소화 하였고, 대상자의 안전을 위해 1명의 물리치료사가 실험보조 하였다.

#### 다. 보행평가

뇌졸중 대상자들의 보행능력 측정을 위해 신경 및 정형외과적 보행 기능 장애의 재교육과 체중 지지 시스템을 통하여 균형훈련 및 보행훈련을 통합하여 훈련 할 수 있는 Biodex gait trainer 2(Biodex Medical System Inc., NY, U.S.A)를 사용하였다. 보행변수는 보행속도(walking speed), 보행주기(step cycle), 마비측과 비마비측의 보장(step length), 마비측과 비마비측의 체중분포 시간(time on each foot)을 측정하였다. 측정 전 대상자는 Biodex gait trainer 2에 익숙해지기 위해 3분 동안 보행 연습을 실시 후 대상자의 일반적 정보를 입력하고 5분 동안 측정을 실시하였다. 측정동안의 오류를 최소화하기 위하여 1명의 연구자가 측정장비의 조작을 충분히 연습 후 측정을 실시하였다. 대상자가 트레드밀 바닥면에 올라간 후 연구자는 .3 km/h의 속도로 시작하고 점진적으로 .1 km/h씩 증가시켜 편안한 속도를 유지하도록 하였다. 이후 측정이 시작되며 1회 측정된 운동학적 데이터를 통계처리 하였다. Biodex gait trainer 2의 측정 변수들은 측정 전 입력한 대상자의 성별과 나이, 키에 따라 정상인의 표준값과 자동으로 비교된 값이다(Gharib 등, 2011).

#### 3. 통계방법

본 연구의 모든 통계적 분석은 PASW 18.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 한글판을 이용하였고, Kolmogorov-Smirnov test에 의한 정규성 검정을 실시하였다. 연구 대상자의 일반적 특성의 동질성 검사를 위하여 독립표

본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 또한 TRASVF군과 TRAS군의 보행변수 전, 후 변화를 알아보기 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 군 간 보행변수의 변화량 차이를 알아보기 위하여 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 유의수준은 .05로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 연구대상자의 의학적 특성

본 연구에 참여한 대상자 총 21명을 BBS, 정적서기 자세에서의 체중분포를 사용하여 균형능력이 유사한 대상자들을 짝짓기 설계방법으로 각 군에 무작위 배정하였다. TRASVF군은 10명이었고, TRAS군은 11명이었다. 대상자의 의학적 특성은 Table 2와 같았으며, 두 집단 간 통계학적 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ).

#### 2. 보행 변수의 실험 전, 후 변화 비교

보행훈련 전 측정된 보행속도, 보행주기, 마비측과 비마비측의 보장, 마비측의 체중분포 시간은 TRASVF군과 TRAS군을 비교했을 때 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ). 보행변수 중 보행속도에 대한 훈련 전후 비교 결과, TRASVF군은 훈련 전  $.34\pm.15\%$ 에서 훈련 후  $.39\pm.15\%$ 로 통계학적으로 유의하게 보행속도가 빨라졌다( $p<.05$ ). TRAS군은 훈련 전  $.31\pm.16\%$ 에서 훈련 후  $.33\pm.15\%$ 로 통계학적으로 유의하게 보행속도가 빨라졌다( $p<.05$ ). 훈련 후 군 간 비교에서 TRASVF군은 TRAS군과 비교하여 통계학적으로 유의한 보행속도의 향상된 결과를 보였다( $p<.05$ ).

보행주기에 대한 집단 내 비교 결과, TRASVF군은 훈련 전  $.59\pm.1$  cycle/s에서 훈련 후  $.56\pm.1$  cycle/s로 통계학적 유의한 감소를 나타냈다( $p<.05$ ). TRAS군은 훈련 전  $.65\pm.17$  cycle/s에서 훈련 후  $.64\pm.16$  cycle/s로 감소하였으나 통계학적 유의한 감소는 나타나지 않았다( $p>.05$ ). 훈련 후 군 간 비교에서는 TRASVF군은

TRAS군과 비교하여 통계학적 유의한 보행주기의 감소를 나타내지 않았다( $p>.05$ ).

마비측의 보장에 대한 집단 내 비교 결과, TRASVF군은 훈련 전  $34.5\pm 13.19$  cm에서 훈련 후  $38.3\pm 12.02$  cm로 통계학적 유의하게 보장이 증가했다( $p<.05$ ). TRAS군에서는 훈련 전  $30.45\pm 16.12$  cm에서 훈련 후  $32.27\pm 14.93$  cm로 증가하였으나 통계학적 유의한 차이는 나타나지 않았다( $p>.05$ ) 훈련 후 군 간 비교에서는 TRASVF군에서 TRAS군과 비교하여 통계학적으로 유의하게 마비측의 보장이 향상된 결과를 나타냈다( $p<.05$ ).

비마비측의 보장에 대한 집단 내 비교 결과, TRASVF군은 훈련 전  $32.2\pm 10.98$  cm에서 훈련 후  $36.2\pm 12.59$  cm로 유의하게 증가하였다( $p<.05$ ). TRAS군에서는 훈련 전  $30.1\pm 13.99$  cm에서 훈련 후  $31.18\pm 12.45$  cm로 증가하였으나 통계학적으로 유의하지 않았다( $p>.05$ ). 훈련 후 군 간 비교에서는 통계학적으로 유의한 비마비측의 보장 차이가 나타나지 않았다( $p>.05$ ).

보행 시 마비측의 체중분포 시간의 경우 집단 내 비교 결과, TRASVF군은 훈련 전  $45.4\pm 3.2\%$ 에서 훈련 후  $48.4\pm 2.37\%$ 로 통계학적으로 유의한 마비측 체중분포 시간의 증가가 나타났다( $p<.05$ ). TRAS군에는 훈련 전  $46.64\pm 3.04\%$ 에서 훈련 후  $46.91\pm 2.43\%$ 로 통계학적 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p>.05$ ). 훈련 후 군 간 비교 결과 TRASVF군에서 TRAS군과 비교하여 통계학적 유의한 마비측 체중분포 시간의 향상된 결과가 나타났다( $p<.05$ )(Table 3).

### IV. 고찰

본 연구는 리듬청각자극 트레드밀 보행훈련 시 시각적 피드백 적용이 뇌졸중 환자의 보행능력에 미치는 효과 검증을 통하여 뇌졸중 환자의 보행개선을 위한 훈련 시 효과적인 임상적 방법을 제시하고자 실시하였다. 이를 위하여 리듬청각자극에 따른 트레드밀 보행훈련 시 시각적 피드백의 제공에 따른 차이를 검증하고 어떠한

Table 2. Clinical characteristics of subjects

(N=21)

	TRASVF <sup>a</sup> (n <sub>1</sub> =10)	TRAS <sup>b</sup> (n <sub>2</sub> =11)	p
BBS <sup>c</sup> (score)	46.6±7.4 <sup>d</sup>	45.8±6.9	.805
Weight distribution (%) affected	41.2±5.1	41.8±3.7	.743

<sup>a</sup>treadmill rhythmic auditory stimulation with visual feedback, <sup>b</sup>treadmill rhythmic auditory stimulation, <sup>c</sup>Berg balance scale, <sup>d</sup>mean±standard deviation.

영향에 의하여 뇌졸중 환자의 보행개선에 영향을 미치는가에 대한 부분을 알아보고자 시공간적 보행변수를 측정하였다.

그 결과 TRASVF군과 TRAS군 모두에서 보행변수 중 보행속도와 마비측 보장의 향상된 결과가 나타났다. 이는 리듬청각자극에 따른 트레드밀 보행훈련이 보행속도 향상과 마비측 보장의 향상에 효과적인 것을 나타낸다. Roerdink 등(2009)의 연구에서 뇌졸중 환자에게 리듬청각자극이 적용된 트레드밀 보행훈련이 보행속도의 향상된 결과를 나타냈으며, Park 등(2015)의 연구에서도 뇌졸중 환자에게 리듬청각자극이 적용된 트레드밀 보행훈련이 보행속도 및 마비측의 보장을 향상시키는 결과를 나타냈다. Wagenaar와 Beek(1992)은 뇌졸중 환자의 보행을 중추 유형 발생기(central pattern generator)를 바탕으로 설명하였는데, 뇌졸중 환자의 중추 유형 발생기 조절 문제는 보행속도가 감소된 결과를 나타낸다고 하였다. 이를 조절하기 위해 트레드밀 발판의 움직임에 따라 제공되는 일정한 속도의 구심성 자극은 척수나 뇌간의 중추 유형 발생기를 활성화하고, 보행속도의 향상을 이끌어 낼 수 있다고 하였다(Barbeau, 2003). 그러나 뇌졸중 환자의 경우 트레드밀 보행훈련 시 짧은 보장을 나타내기 때문에 보장을 개선하는 것에 제한이 있다

(Roerdink 등, 2007). 따라서 트레드밀 보행훈련 시 리듬청각자극을 제공한다면 하지의 변화를 이끌어내고 중추 유형 발생기를 적절하게 조절하는 것에 따른 보장의 증가로 인한 보행속도의 향상을 이끌어 낼 수 있다.

중추 유형 발생기는 시각이나 전정감각, 고유수용감각 등의 새로운 구심성 정보에 의해 활성화 된다(Van de Crommert 등, 1998). 특히 보행훈련을 실시하는 동안에 제공되는 시각적 피드백은 뇌졸중 환자에게 새로운 정보를 제공하는 것에 따른 신체적인 반응을 이끌어 낼 수 있다(Brasileiro 등, 2015). 본 연구에서 시각적 피드백을 제공한 TRASVF군의 훈련 후 보행변수 측정 결과 보행속도, 보행주기, 마비측과 비마비측의 보장, 보행 시 마비측의 체중분포도가 향상된 것으로 나타났다. 선행연구에서도 뇌졸중 환자를 대상으로 트레드밀 보행훈련 시 제공된 시각적 피드백은 보행속도와 마비측 비마비측 보장의 대칭성, 체중분포 등을 향상시킨다고 하였다(Hollands 등, 2015; Lewek 등, 2012). 이는 시각적 피드백을 통한 구심성 정보가 중추 유형 발생기를 효과적으로 자극한 것에 따른 결과라 할 수 있다. 또한 본 연구에서 제공된 보장에 대한 시각적 피드백은 대상자에게 보행훈련에 집중하도록 할 수 있으며, 대칭

**Table 3.** Comparison of pre and post training outcome measures of gait ability within and between groups

		TRASVF <sup>a</sup> (n <sub>1</sub> =10)	TRAS <sup>b</sup> (n <sub>2</sub> =11)	p	
Walking speed (m/s)	Before	.34±.15 <sup>c</sup>	.31±.16	.011 <sup>†</sup>	
	After	.39±.15 <sup>*</sup>	.33±.15 <sup>*</sup>		
	Change scores	.05±.03	.02±.02		
Step cycle (cycle/s)	Before	.59±.1	.65±.17	.078	
	After	.56±.1 <sup>*</sup>	.64±.16		
	Change scores	-.04±.03	-.01±.03		
Step length (cm)	Affected	Before	34.5±13.19	30.45±16.12	.039 <sup>†</sup>
		After	38.3±12.02 <sup>*</sup>	32.27±14.93 <sup>*</sup>	
		Change scores	3.8±1.81	1.82±2.23	
	Unaffected	Before	32.2±10.98	30.1±13.99	
		After	36.2±12.59 <sup>*</sup>	31.18±12.45	
		Change scores	4±3.8	1.09±3.96	
Time on each foot (%)	Before	45.4±3.2	46.64±3.04	.033 <sup>†</sup>	
	After	48.4±2.37 <sup>*</sup>	46.91±2.43		
	Change scores	3±1.5	.27±3.47		

<sup>a</sup> treadmill rhythmic auditory stimulation with visual feedback, <sup>b</sup> treadmill rhythmic auditory stimulation, <sup>c</sup> mean±standard deviation, \*p<.05; significant difference between pre and post intervention within the group, <sup>†</sup> p<.05; significant difference between the change values among the groups .

적으로 유도되는 것에 따른 동기부여가 발생하여 보행 변수의 향상된 결과가 나타난 것으로 사료된다.

본 연구에서 TRASVF군은 TRAS군과 비교하여 보행 속도, 마비측의 보장, 마비측 체중분포 시간의 향상된 결과를 나타냈다. 뇌졸중 환자를 대상으로 트레드밀 훈련 시 시각적 피드백과 리듬청각자극을 제공한 군과 제공하지 않은 군으로 나누어 보행변수의 변화를 알아본 연구에서는 시각적 피드백과 리듬청각자극을 제공한 군에서 마비측 보장의 향상과 함께 보행의 대칭성이 향상된 결과가 나타났다(Shin 과 Chung, 2017). 리듬청각자극에 맞춰 훈련하는 동안 발생할 수 있는 오차를 줄이기 위해 시각적 피드백을 제공하여 발의 위치를 인식하고 마비측과 비마비측 입각기의 지속시간과 대칭성이 향상된 것에 따른 결과라 할 수 있다(Druzbecki 등, 2015). 리듬청각자극 제공에 따른 트레드밀 보행훈련은 뇌졸중 환자의 보행변수 향상에 영향을 미칠 수 있지만 제공되는 리듬청각자극에 즉각적으로 반응하는 것에 제한이 있는 뇌졸중 환자에게 시각적 피드백을 동시에 제공한다면 중추 유형 발생기를 활성화 시키는 것에 효과적인 방법이 될 수 있다.

본 연구의 제한점으로 3주간의 중재에 대한 효과만 확인하였으며, 중재 후 치료의 효과가 지속적으로 유지되었는지는 확인하지 못하였다. 또한 시각적 피드백과 리듬청각자극에 집중하여 보행훈련을 실시하기 때문에 잘못된 움직임으로 나타날 수 있는 보상적 움직임을 고려하지 못했다. 추후 뇌졸중 환자에게 시각적 피드백 및 리듬청각자극의 제공시 이를 충분히 고려하여야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 리듬청각자극 트레드밀 보행훈련 시 시각적 피드백 적용이 뇌졸중 환자의 보행능력에 미치는 영향을 검증하여 뇌졸중 환자의 보행개선을 위한 훈련 시 효과적인 임상적 방법을 제시하고자 실시하였다.

뇌졸중 환자에게 리듬청각자극 트레드밀 보행훈련 시 제공된 시각적 피드백은 리듬청각자극 트레드밀 보행훈련만 실시하였을 때 보다 시공간적 보행변수를 향상시켰다. 이는 트레드밀 발판의 움직임에 따라 입력되는 구심성 자극, 척수상위수준에서의 생리적 기전 변화를 일으키는 리듬청각자극과 시각적 피드백이 중추 유형 발생기를 효과적으로 활성화하였기 때문에 나타난

결과라 할 수 있다. 따라서 뇌졸중 환자의 보행능력 향상을 위하여 트레드밀 보행훈련을 실시하고 중추 유형 발생기를 활성화 시키고자 한다면 리듬청각자극과 함께 시각적 피드백도 고려하여야 할 것이다.

## References

- Ada L, Dean CM, Lindley R, et al. Improving community ambulation after stroke: The ambulate Trial. *BMC Neurol*. 2009;9:8. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-9-8>
- Aaslund MK, Moe-Nilssen R. Treadmill walking with body weight support effect of treadmill, harness and body weight support systems. *Gait Posture*. 2008;28(2):303-308. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.01.011>
- Barbeau H. Locomotor training in neurorehabilitation: emerging rehabilitation concepts. *Neurorehabil Neural Repair*. 2003;17(1):3-11. <https://doi.org/10.1177/0888439002250442>
- Bayat R, Barbeau H, Lamontagne A. Speed and temporal-distance adaptations during treadmill and overground walking following stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2005;19(2):115-124. <https://doi.org/10.1177/1545968305275286>
- Bonan IV, Yelnik AP, Colle FM, et al. Reliance on visual information after stroke. Part II: Effectiveness of balance rehabilitation program with visual cue deprivation after stroke: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(2):274-278.
- Brasileiro A, Gama G, Triqueiro L, et al. Influence of visual and auditory biofeedback on partial body weight support treadmill training of individuals with chronic hemiparesis: A randomized controlled clinical trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2015;51(1):49-58.
- Druzbecki M, Guzik A, Przysada G, et al. Efficacy of gait training using a treadmill with and without visual biofeedback in patients after stroke: A randomized study. *J Rehabil Med*. 2015;47(5):419-425. <https://doi.org/10.2340/16501977-1949>

- Eng JJ, Tang PF. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: A synthesis of the evidence. *Expert Rev Neurother.* 2007; 7(10):1417-1436. <https://doi.org/10.1586/14737175.7.10.1417>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2006.08.007>
- Gharib NM, El-Maksoud GM, Rezk-Allah SS. Efficacy of gait trainer as an adjunct to traditional physical therapy on walking performance in hemiparetic cerebral palsied children: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011;25(10):924-934. <https://doi.org/10.1177/0269215511400768>
- Hase K, Suzuki E, Matsumoto M, et al. Effects of therapeutic gait training using a prosthesis and a treadmill for ambulatory patients with hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2011;92(12):1961-1966. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2011.07.005>
- Hausdorff JM, Lowenthal J, Herman T, et al. Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in parkinson's disease. *Eur J Neurosci.* 2007;26(8):2369-2375. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2007.05810.x>
- Hayden R, Clair AA, Johnson G, et al. The effect of rhythmic auditory stimulation (RAS) on physical therapy outcomes for patients in gait training following stroke: A feasibility study. *Int J Neurosci.* 2009;119(12):2183-2195. <https://doi.org/10.3109/00207450903152609>
- Hollands KL, Pelton T, Wimperis A, et al. Visual cue training to improve walking and turning after stroke: A study protocol for a multi-centre, single blind randomised pilot trial. *Trials.* 2013;14:276. <https://doi.org/10.1186/1745-6215-14-276>
- Hollands KL, Pelton TA, Wimperis A, et al. Feasibility and preliminary efficacy of visual cue training to improve adaptability of walking after stroke: Multi-centre, single-blind randomised control pilot trial. *PLoS One.* 2015;10(10):e0139261. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139261>
- Khallaf ME, Gabr AM, Fayed EE. Effect of task specific exercises, gait training, and visual biofeedback on equinovarus gait among individuals with stroke: Randomized controlled study. *Neurol Res Int.* 2014;2014:693048. <https://doi.org/10.1155/2014/693048>
- Lau KW, Mak MK. Speed-dependent treadmill training is effective to improve gait and balance performance in patients with sub-acute stroke. *J Rehabil Med.* 2011;43(8):709-713. <https://doi.org/10.2340/16501977-0838>
- Lewek MD, Feasel J, Wentz E, et al. Use of visual and proprioceptive feedback to improve gait speed and spatiotemporal symmetry following chronic stroke: A case series. *Phys Ther.* 2012; 92(5):748-756. <https://doi.org/10.2522/ptj.20110206>
- Luft AR, McCombe-Waller S, Whittall J, et al. Repetitive bilateral arm training and motor cortex activation in chronic stroke: A randomized controlled trial. *JAMA.* 2004;292(15):1853-1861. <https://doi.org/10.1001/jama.292.15.1853>
- Park J, Park SY, Kim YW, et al. Comparison between treadmill training with rhythmic auditory and ground walking with rhythmic auditory stimulation on gait ability in chronic stroke patients: A pilot study. *NeuroRehabilitation.* 2015; 37(2):193-202. <https://doi.org/10.3233/NRE-151252>
- Pelton TA, Johannsen L, Huiya Chen, et al. Hemiparetic stepping to the beat: Asymmetric response to metronome phase shift during treadmill gait. *Neurorehabil Neural Repair.* 2010;24(5): 428-434. <https://doi.org/10.1177/1545968309353608>
- Peurala SH, Könönen P, Pitkänen K, et al. Postural instability in patients with chronic stroke. *Restor Neurol Neurosci.* 2007;25(2):101-108.
- Pizzi A, Carlucci G, Falsini C, et al. Gait in hemiplegia: Evaluation of clinical features with the Wisconsin gait scale. *J Rehabil Med.* 2007;39(2): 170-174. <https://doi.org/10.2340/16501977-0026>
- Prassas S, Thaut M, McIntosh G, et al. Effect of auditory rhythmic cuing on gait kinematic pa-



- rameters of stroke patients. *Gait Posture*. 1997; 6(3):218-223.
- Roerdink M, Lamoth CJ, Kwakkel G, et al. Gait coordination after stroke: Benefits of acoustically paced treadmill walking. *Phys Ther*. 2007;87(8):1009-1022. <https://doi.org/10.2522/ptj.20050394>
- Roerdink M, Lamoth CJ, van Kordelaar J, et al. Rhythm perturbations in acoustically paced treadmill walking after stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2009;23(7):668-678. <https://doi.org/10.1177/1545968309332879>
- Sackley CM, Baguley BI, Gent S, et al. The use of a balance performance monitor in the treatment of weight-bearing and weight-transference problems after stroke. *Physiotherapy*. 1992;78(12):907-913.
- Schauer M, Mauritz KH. Musical motor feedback (MMF) in walking hemiparetic stroke patients: Randomized trials of gait improvement. *Clin Rehabil*. 2003;17(7):713-722.
- Shin J, Chung Y. Influence of visual feedback and rhythmic auditory cue on walking of chronic stroke patient induced by treadmill walking in real-time basis. *NeuroRehabilitation*. 2017;41(2): 445-452. <https://doi.org/10.3233/NRE-162139>
- Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR. Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. *J Neurol Sci*. 1997;151(2):207-212.
- Thaut MH, Leins AK, Rice RR, et al. Rhythmic auditory stimulation improves gait more than NDT/Bobath training in near-ambulatory patients early poststroke: A single-blind, randomized trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2007;21(5): 455-459. <https://doi.org/10.1177/1545968307300523>
- Van de Crommert HW, Mulder T, Duysens J. Neural control of locomotion: sensory control of the central pattern generator and its relation to treadmill training. *Gait Posture*. 1998;7(3):251-263.
- Wagenaar RC, Beek WJ. Hemiplegic gait: A kinematic analysis using walking speed as a basis. *J Biomech*. 1992;25(9):1007-1015.

---

---

This article was received April 3, 2018, was reviewed April 3, 2018, and was accepted May 8, 2018.