

리듬청각자극이 만성 뇌졸중 환자의 보행대칭성에 미치는 효과

이순현¹, 이경진¹, 하귀현¹, 인태성¹, 송창호^{1*}
¹삼육대학교 물리치료학과

The Effects of Rhythmic Auditory Stimulation on the Gait Symmetry in the Chronic Stroke Patients

Sun-hyun Lee¹, Kyoung-Jin Lee¹, Gwee-Hyun Ha¹, Tae-Sung In¹
and Chang-Ho Song^{1*}

¹Dept. of Physical Therapy, Sahmyook University

요약 본 연구는 리듬청각자극을 이용한 보행훈련이 뇌졸중 환자의 보행의 대칭성에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 6개월이 지난 만성 뇌졸중환자 40명을 대상으로 중재 방법에 따라 4군으로 나누었다. A군은 편안한속도로 마비측에 청각자극을 주고 B군은 편안한속도로 비마비측에 청각자극을 주고 C군은 10%증가된 속도로 마비측에 청각자극을 주고 D군은 10%증가시킨 속도로 비마비측에 청각자극을 주었다. 각 군의 환자에게 5분동안 청각자극을 주며 보행훈련을 시행하였다. 보행분석 시스템을 이용하여 보행의 시간적인 변수를 측정하였으며 계산공식을 이용하여 보행의 대칭성을 구하였다. 보시간은 A군을 제외한 모든 군에서 유의하게 감소하였고(p<.05), 보행대칭성도 A군을 제외한 모든 군에서 유의하게 개선되었다(p<.05). 분속수는 A군을 제외한 모든 군에서 유의하게 증가하였고(p<.05), 속도는 모든 군에서 증가하지 않았다. 이 결과를 통해 리듬청각자극이 보행의 대칭성을 개선하는데 효과적임을 확인하였으며 뇌졸중 환자의 보행훈련에 효과적인 방법으로 적용할 수 있으리라 생각한다.

Abstract The objective of this study was to investigate the effect of gait training using rhythmic auditory stimulation on gait symmetry of stroke patients. Forty chronic stroke patients were divided into four groups by intervention. Group A and B received auditory stimulation when they walk with comfortable gait speed. Group A received auditory stimulation to paralyzed side while group B to non-paralyzed side. Group C and D received auditory stimulation with 10% faster gait speed than their comfortable gait speed. Group C received auditory stimulation to paralyzed side while group D to non-paralyzed side. Gait training using auditory stimulation was done in each group during five minutes. Gait symmetry was evaluated by formula and temporal variables of gait were measured by gait analysis system. Step time was decreased significantly in all groups except group A (P<.05), and gait symmetry was also improved significantly in all groups except group A (P<.05). Cadence was increased significantly in all groups except group A (p<.05), but velocity was not increased in all groups. Therefore we conclude that RAS gait training is effective in improving gait symmetry and can be useful to stroke patient's gait training.

Key Words : Rhythmic auditory stimulation, Gait training, Gait symmetry, Stroke

1. 서론

뇌혈관 손상으로 야기되는 뇌졸중으로 인한 편마비는 균형 능력의 저하, 상하지 움직임의 부조화, 운동조절 능

력의 소실을 초래한다[1]. 이로 인해 보행능력이 저하되며 뇌졸중 환자의 일상생활을 저해하는 가장 보편적인 문제로 확대되고 있다. 뇌졸중 환자의 보행은 느린 속도와 짧은 보장, 적은 보폭수 등의 특징이 나타난다[2]. 입

*교신저자 : 송창호(chsong@syu.ac.kr)

접수일 11년 03월 05일 수정일 (1차 11년 03월 24일, 2차 11년 03월 29일, 3차 11년 04월 11일), 게재확정일 11년 05월 12일

각기시 고관절 신전근의 약화와 유각기시 손상된 배측굴곡근 등으로 인하여 보행패턴에서 양측의 비대칭을 초래하게 된다[3]. 그리고 발목의 저측 굴곡 경직, 고관절 신전 근의 약화로 인해 비대칭적인 보행패턴이 발생하게 된다[4]. 또한 비대칭 보행을 시간적인 요소의 관점에서 보면 마비측 하지에서 유각기 시간의 증가가 나타나고 [5], 비마비측 하지에서 입각기 시간의 증가를 보이며[3], 공간적인 요소의 관점에서는 마비측 하지의 보폭 감소가 나타나고[6,7] 배측굴곡근의 약화로 인하여 마비측 하지에 짧은 보장을 하게 된다[3]. 이러한 시공간적인 불균형은 뇌졸중 환자의 비대칭 보행을 초래하며 보행 능력을 저하시키는 중요한 요인이 된다[2,5].

뇌졸중 환자의 보행 능력을 향상시키기 위하여 트레드밀 훈련[8], 발목보조기를 이용한 훈련[9], 기능적 전기자극[10], 청각자극훈련[11] 등을 실시한 연구들이 있으며, 최근에는 청각자극을 이용하여 보행 능력의 개선을 시도하는 다양한 연구들이 활발히 이루어지고 있다[12,13].

리듬청각자극(rhythmic auditory stimulation, RAS)이란 소리를 이용한 일정한 청각자극을 통해 리듬감을 자극하여 운동체계에 영향을 주고 안정된 시간 내에 운동영역과 지각 영역을 동기화시켜 뇌의 각 영역의 활성화를 유도하는 것으로[14], 안정감 있는 보행패턴을 만들어 보행능력을 개선하고[11], 움직임과 유연성을 개선시킬 뿐만 아니라 정신적 문제와 삶의 질까지 향상시킨다고 보고되고 있다[15].

청각자극을 파킨슨병 환자에게 적용하여 보행을 개선시킨 많은 연구들이 보고되었으며[16-18], 뇌졸중 환자의 보행개선을 위해 청각자극을 적용한 연구[19]를 기점으로

로 여러 연구를 통해 청각자극이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 효과에 대하여 입증하였다.

청각자극을 병행한 트레드밀 보행훈련은 보행 기능을 향상시키고[2,6], 건측과 환측의 보행속도의 시간적 비대칭성[2]과 보폭의 공간적 비대칭성[3]을 감소시킨다고 하였다. 이처럼 뇌졸중 환자에게 청각자극이 보행의 비대칭 개선에 효과적이라고 보고되었지만[11,16,20], Thaut 등 [19]과 Pelton 등[6]은 청각자극이 보행의 비대칭을 개선시키지 않음을 보고하고 있고, Hayden 등[21]은 한발 서기의 균형 향상은 보였지만 보행 능력의 개선은 명확하지 않다고 보고하여 중재 방법에 따라 효과의 차이가 있음이 확인되고 있다.

따라서 청각자극이 뇌졸중 환자의 비대칭적 보행에 미치는 효과를 다양한 중재방법을 통해 확인할 필요가 있으며 기존 연구에서의 육안으로 보폭수를 세는 방법이 아닌 정확하고 객관적인 보행측정장비를 이용한 객관화된 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 여러 방법의 청각자극훈련이 뇌졸중 환자의 보행의 비대칭성과 보행능력에 미치는 효과를 확인하고자 하며 이를 통해 뇌졸중 환자의 임상적 적용을 하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 및 방법

2.1.1 연구대상

본 연구는 경기도 소재의 B병원에 입원중인 만성뇌졸중 환자 48명을 대상으로 하였으며, 뇌졸중으로 유병기

【표 1】 연구 대상자의 특성 및 동질성 검정

		A군 (n=10)	B군 (n=10)	C군 (n=10)	D군 (n=10)	F/ X ²	P
연령(세)		54.60± 8.87 ^a	56.60± 8.65	57.00± 7.24	53.00± 9.64	0.462	.711
신장(cm)		160.67± 6.65	158.95± 7.55	159.67± 7.41	161.47± 4.97	0.980	.413
체중(kg)		68.41± 9.54	65.19± 8.02	63.68± 9.51	65.78±10.74	0.431	.732
성별(명)	남	6	5	4	5	0.800	.849
	여	4	5	6	5		
손상부위(명)	오른쪽	6	6	5	5	0.404	.939
	왼쪽	4	4	5	5		
뇌졸중유형(명)	경색	4	3	4	5	0.833	.841
	출혈	6	7	6	5		
유병기간(월)		11.00± 6.93	10.30± 7.06	13.40± 9.77	12.50± 9.99	0.270	.846
MMSE-K(점)		24.80± 6.86	24.70± 6.78	25.10± 6.85	26.50± 6.19	0.156	.925

주. ^amean±S.D, MMSE-K: 한국형간이정신상태 판별검사

간이 6개월 이상 2년 미만인 자, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 한국형 간이정신상태 판별검사(MMSE-K) 점수가 21점 이상인 자, 시각적 이상이나 청각에 문제가 없는 자, 독립적으로 최소 5분 이상 보행이 가능한 자로 하였다.

전체 48명 중 전정계의 손상이 있는 자 1명, 독립보행이 불가능한 5명과 실험참여를 거부한 자 2명, 총 8명을 제외한 후 연구에 동의한 40명이 선정되었다.

선별기준에 부합되어 선정된 40명을 컴퓨터 프로그램을 이용하여 무작위 방법으로 4군으로 분류하였다. 대상자들의 일반적 특성은 표 1과 같으며 4군 모두 일반적 특성이 동질한 것으로 나타났다.

2.1.2 실험방법

리듬청각자극은 메트로놈(TU-88, BOSS, China)을 통해 제공하였고 환자는 리듬에 따라 걸음을 맞추도록 보행훈련을 시행하였다. 이 때의 리듬청각자극은 훈련 전에 보행분석시스템에 의해 검사한 각 대상자의 분속수(보/분)를 기준으로 계산하여 제공하였다.

각 그룹의 리듬청각자극 보행훈련은 1회 5분간 실시하였고, 훈련 시간은 총 8분으로 준비훈련 3분, 보행훈련 5분으로 구성되었다. 보행훈련 전의 3분간의 준비훈련 시간은 본 훈련 시간에 포함시키지 않았다.

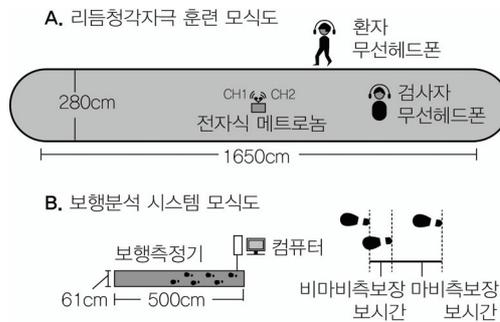
보행훈련에 앞서 준비훈련을 통해 리듬청각자극에 대한 적응과 근육의 긴장도를 높여 충분히 활성화 시켜주었다. 보행훈련 시 사용될 각 개인에게 맞춰진 리듬청각자극을 들으며 앉은 자세에서 고개를 좌우로 끄덕이면서 박자에 맞춰 발바닥으로 바닥을 두드리게 하였고, 선 자세에서 제자리 걸음을 하도록 하였다.

보행훈련은 3300cm의 직선 구간과 8792cm의 회전구간이 포함된 타원형의 트랙 구조로 독립적인 치료공간에서 실시하였다. 보행 시 발이 지면에 접지하여야 하는 시점을 강조하여, 양측의 규칙적인 보행을 유도하여 발뒤꿈치 닿기(heel strike)시 리듬청각 자극에 맞추도록 하였다. A군의 리듬청각자극은 편안한 속도의 분속수에 맞춘 박자의 리듬청각자극을 마비측에 맞추어 보행하도록 하였고, B군은 비마비측에 맞추어 보행하도록 하였으며, C군은 분속수의 10% 증가된 박자의 리듬청각자극을 마비측에 맞추어 보행하도록 하였고, D군은 분속수의 10% 증가된 박자의 리듬청각자극을 비마비측에 맞추어 보행하도록 하였다. 각 군에게 다른 중재 방법을 적용하여 적용 방법에 따라 보행의 대칭성의 변화를 확인하도록 하였다. 각 그룹이 같은 시간과 공간에서 훈련을 진행할 경우 다른 실험 중재에 대한 호오손 효과(Hawthorne effect)가 작용하여 훈련효과 외에 심리 요인이 실험결과에 영향이

미칠 수 있다고 판단하여 본 실험에서는 그룹별로 훈련 시간을 달리하였다.

보행훈련 시 외부의 간섭과 소음으로 인한 집중력 저하를 방지하기 위해 블루투스 무선 헤드폰(MDR-RF4000K, Sony, Japan, 유효거리 30m)을 통해 리듬청각자극을 제공하였다. 환자의 안전을 위하여 1명의 물리치료사가 실험보조를 하였고, 초시계(HS-80W-1D, Casio, Japan)를 이용하여 5분간의 보행시간을 측정하였으며, 1명의 연구 보조자는 환자가 사용하는 동일한 블루투스 무선 헤드폰을 통해 환자가 리듬청각자극에 맞추어 잘 보행하는지를 확인하였다.

또한 훈련담당자 2명과 측정담당자 1명은 실험자의 편견을 없애기 위하여 훈련의 목적과 효과에 대한 설명 없이 장비사용과 평가 측정에 관련된 교육만 실시하였다 [그림 1].



[그림 1] A. 리듬청각자극 훈련, B. 보행분석 시스템 모식도

2.2 자료 수집과정 및 측정 도구

2.2.1 보행 대칭성 측정

환자의 보행 유형에 대한 양적인 보행 분석의 자료를 수집하기 위해 보행분석기(GAITRite, CIR system Inc, USA, 2008)를 이용하여 시간적, 공간적 보행 능력을 측정하였다. 대상자를 보행판 전방에서 있도록 한 다음, 검사자의 구두신호에 의하여 가장 편안한 보행 속도로 보행판 땀까지 걷게 하였다. 이 검사의 측정자 신뢰도는 $r=.90$ 이고 편안한 보행 속도의 모든 보행 측정값 내 상관 계수(ICC=.99)는 .96이상이다[22].

모든 대상자는 훈련 시작 전 사전검사와 훈련 종료 후에 사후검사를 실시하였으며, 3번의 반복 측정하여 마비측의 보시간(step time)과 비마비측의 보시간, 보행속도(velocity), 분속수(cadence)를 구하였다. 측정 간 1분의 휴식시간을 주어 근 피로를 최소화 하였고, 보행 보조 도구의 사용 없이 검사를 실시하였다.

데이터의 수집은 보행분석기의 소프트웨어에서 Excel 파일로 추출하였고 추출된 데이터를 Excel v2007 프로그램에 입력하여 계산식에 의해 보행의 대칭성을 구하였다. 대칭성을 정확히 구하기 위해 선행연구에서 제시된 여러 계산공식 중 본 연구에 적합한 계산식을 선별하여 계산하였다. 대칭성지수(symmetry index, SI)는 마비측값과 비마비측의 합과 차를 비로 나타낸 것[23]이고 보행비대칭(gait asymmetry, GA)은 마비측값에서 비마비측값을 나눈 것의 로그값에 100을 곱한 것이며[24], 대칭비(symmetry ratio, SR)는 마비측값에서 비마비측값을 나눈 것이다[25][식1-1, 1-2, 1-3].

$$\text{symmetry index(SI)} = \left[\frac{(\text{마비측} - \text{비마비측})}{0.5(\text{마비측} + \text{비마비측})} \right] \times 100\%$$

[식1-1] 대칭성지수 계산 공식

$$\text{gait asymmetry(GA)} = \left| 100 \times \left[\ln \left(\frac{\text{마비측}}{\text{비마비측}} \right) \right] \right|$$

[식1-2] 보행비대칭 계산 공식

$$\text{symmetry ratio(SI)} = \frac{\text{마비측}}{\text{비마비측}}$$

[식1-3] 보행대칭비 계산 공식

2.3 자료분석

본 연구의 모든 통계적 분석은 SPSS 18.0을 이용하였

다. 모든 변수의 자료는 Shapiro-Wilk 검정으로 정규분포함을 확인하였고 훈련 전·후비교를 위해 대응표본 t 검정을 실시하였고 그룹간의 차이를 확인하기위해 F검정과 χ^2 검정을 실시하였으며 사후검정은 Scheffe의 검정 방법을 사용하였다. 모든 통계적 유의수준(α)은 0.05이하로 하였다.

3. 결과

3.1 리듬청각자극 보행훈련이 보시간에 미치는 효과

청각자극을 이용한 보행훈련이 보시간에 미치는 효과는 표 2와 같다. 훈련 전 네 군의 마비측 보시간과 비마비측 보시간은 모두 동질하였다.

마비측 보시간은 B군 0.09초, C군 0.04초, D군 0.07초 감소하여 A군을 제외한 나머지 세군에서 유의하게 감소하였으며($p < .05$), 비마비측은 B군 0.03초 D군 0.03초로 통계적으로 유의하게 감소하였다($p < .05$). B군과 D군은 양측의 보시간이 감소하였고, C군에서는 마비측의 보시간이 감소하여 뇌졸중 환자의 비정상적인 유각기 시간을 개선시켜주었다.

3.2 리듬청각자극 보행훈련이 대칭성에 미치는 효과

청각자극을 이용한 보행훈련이 대칭성에 미치는 효과는 표 3, 그림 2와 같다. 훈련 전 네 군의 SI, SR, GA는 모두 동질하였다.

[표 2] 중재 방법에 따른 보시간의 변화

	A군 (n=10)	B군 (n=10)	C군 (n=10)	D군 (n=10)	F
마비측 보시간(second)					
전	0.67±0.20	0.68±0.13	0.74±0.06	0.65±0.10	0.404
후	0.63±0.22	0.59±0.10	0.70±0.04	0.58±0.13	0.906
차	0.04±0.04	0.09±0.05	0.04±0.03	0.07±0.03	1.966
t	1.177	4.903**	3.871*	6.003**	
비마비측 보시간(second)					
전	0.55±0.09	0.53±0.06	0.60±0.07	0.51±0.07	1.586
후	0.54±0.09	0.50±0.06	0.59±0.06	0.48±0.07	2.509
차	0.02±0.05	0.03±0.02	0.01±0.02	0.03±0.02	0.501
t	0.645	3.467*	2.035	3.707*	

주. *mean±S.D, * p<0.05, ** p<0.01

[표 3] 중재 방법에 따른 보행대칭성의 변화

	A군 (n=10)	B군 (n=10)	C군 (n=10)	D군 (n=10)	F
SI(%)					
전	35.87±46.09 ^a	39.22±28.79	37.50±15.52	35.12±30.06	0.021
후	31.16±48.52	21.53±16.74	28.46±13.57	22.43±22.69	0.161
차	4.71± 6.62	17.69±16.04	9.04± 5.81	12.69± 9.84	1.252
t	1.424	3.106 [*]	4.156 [*]	3.330 [*]	
SR(ratio)					
전	1.21± 0.28	1.28± 0.17	1.24± 0.11	1.26± 0.16	0.130
후	1.16± 0.28	1.18± 0.15	1.20± 0.11	1.19± 0.16	0.134
차	0.05± 0.13	0.10± 0.09	0.04± 0.03	0.07± 0.04	0.731
t	0.772	3.099 [*]	4.200 [*]	3.952 [*]	
GA					
전	19.53±19.69	23.93±12.88	21.17± 9.11	22.36±12.71	0.098
후	15.28±20.36	16.22±11.89	17.77± 9.33	16.87±13.48	0.027
차	4.25± 6.27	7.71± 7.00	3.39± 2.08	5.48± 3.74	0.732
t	1.358	3.104 [*]	4.391 [*]	3.864 [*]	

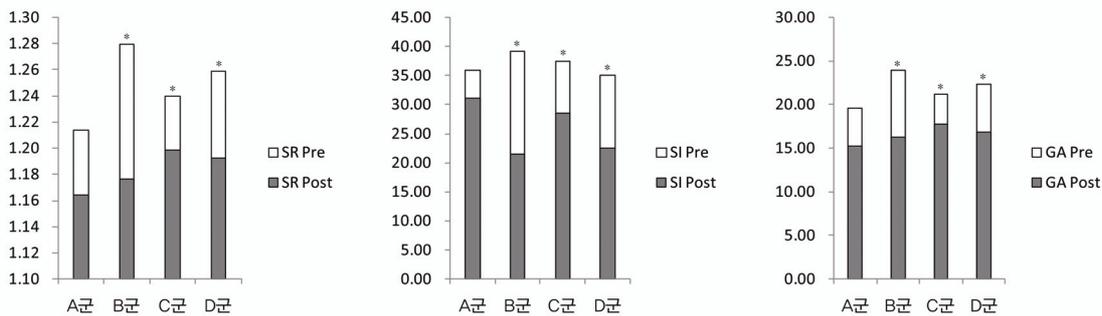
주. ^amean±S.D, *p<0.05

SI: symmetry ratio, SR: symmetry index, GA: gait asymmetry

[표 4] 중재 방법에 따른 분속수와 보행속도의 변화

	A군 (n=10)	B군 (n=10)	C군 (n=10)	D군 (n=10)	F
분속수(step/m)					
전	106.08±16.33	100.96±16.44	90.25± 8.07	107.29±20.82	1.128
후	113.19±22.61	111.93±16.50	94.07± 6.45	117.90±22.99	1.713
차	-7.11± 9.31	-10.96± 5.16	-3.82± 2.73	-10.70± 4.59	1.947
t	-1.525	-6.423 ^{**}	-3.653 [*]	-6.818 ^{**}	
보행속도(m/s)					
전	65.56±10.47	71.97±22.49	68.33±20.49	64.52±22.03	0.158
후	62.78± 7.56	72.09±22.08	68.25±21.95	65.03±24.94	0.203
차	2.79± 4.84	-0.13± 6.75	0.08± 3.92	-0.51± 4.54	0.342
t	1.153	-0.050	0.047	-0.244	

주. ^amean±S.D, *p<0.05, **p<0.01



[그림 2] 중재 방법에 따른 보행대칭성의 변화, *p<0.05

A군을 제외한 나머지 세군에서 모두 유의한 차이를 보였다. SI는 B군 17.69%, C군 9.04%, D군 12.69%로 통계적으로 유의하게 감소하였으며($p < .05$), SR은 B군 0.10ratio, C군 0.04ratio, D군 0.07ratio로 유의한 감소를 보였다($p < .05$). GA는 B군 7.71, C군 3.39, D군 5.48로 유의하게 감소하였다($p < .05$). B군, C군, D군에서의 SI, SR, GA의 감소는 뇌졸중 환자의 비대칭적 보행이 대칭되었음을 보여주었다.

3.3 리듬청각자극 보행훈련이 분속수와 속도에 미치는 효과

청각자극을 이용한 보행훈련이 분속수와 속도에 미치는 효과는 표 4와 같다. 훈련 전 네 군의 분속수와 속도는 모두 동일하였다.

분속수는 B군 10.96step/m, C군 3.82step/m, D군 10.70step/m로 통계적으로 유의하게 증가하여($p < .05$), A군을 제외한 나머지 세군에서 모두 유의한 차이를 보였지만, 보행속도는 네군 모두 유의한 차이가 없었다. B군, C군, D군에서의 분속수 증가는 보행능력이 향상되었음을 보여주었다.

4. 논의

본 연구는 정상 속도의 템포와 10% 빠른 템포에 맞춘 청각자극을 비마비측과 마비측에 각각 적용한 보행훈련이 마비측과 비마비측의 대칭성, 보행속도, 분속수에 미치는 효과를 알아보았다.

첫째, 청각자극을 이용한 보행훈련은 뇌졸중 환자의 보행에서 보시간을 단축시켰음을 입증하였다. 본 연구에서 A군을 제외한 나머지 세군에서 보시간이 단축되었는데, B군은 마비측이 0.68초에서 0.59초로, 비마비측이 0.53초에서 0.50초로 단축되었고, D군은 마비측이 0.65초에서 0.58초로, 비마비측이 0.51초에서 0.48초로 단축되었지만, C군에서는 마비측의 보시간만 0.74초에서 0.70초로 단축되었다. Roerdink 등[2]은 뇌졸중 환자에게 적용한 청각자극 보행훈련이 보시간을 단축시킨다고 하였고 Hausdorff 등[16]은 파킨슨 환자에게 정상속도의 템포로 청각자극을 적용한 보행훈련이 유각기 시간을 향상시킨다고 하여 본 실험 결과를 입증해주고 있다. 또한 청각자극을 적용한 보행훈련이 체중이동 능력을 증진시켜 유각기 시간이 향상되었고[17], 골반의 안정성 증가와 체간 움직임 감소를 보시간이 단축된다고 하였다[12]. C군에서의 결과는 비마비측에 청각자극을 맞춰 보행 시

마비측 하지에 대한 비마비측의 보상작용으로 마비측의 보시간이 단축되었다고 짐작할 수 있다. 하지만 정상속도의 청각자극을 마비측에 맞춰 보행하였을 때는 보시간의 변화가 없음을 알 수 있었다.

둘째, 청각자극을 이용한 보행훈련은 뇌졸중 환자 보행에서 시간적 요소의 대칭성을 증진시켰음을 입증하였다. 본 연구에서 A군을 제외하고 모두 유의한 차이를 보였다. B군에서 SI는 39.22%에서 21.53%로, SR은 1.28ratio에서 1.18ratio로, GA는 23.93점에서 16.22점으로, C군에서는 SI는 37.50%에서 28.46%로, SR은 1.24ratio에서 1.20ratio로, GA는 21.17점에서 17.77점으로, C군에서는 SI는 35.12%에서 22.43%로, SR은 1.26ratio에서 1.19ratio로, GA는 22.36점에서 16.87 점으로 감소시켜 대칭성이 증진되었다.

B군에서는 청각자극의 속도가 빨라짐에 따라 비마비측과 마비측 모두 보시간이 빨라지면서 소리에 맞춰 마비측 하지를 딛고 때는 과정에서 비마비측 하지가 충분한 도움을 주었다고 보여진다. Balasubramanian 등[7]은 비대칭적 보행을 보이는 뇌졸중 환자에게 빠른 속도의 보행이 보시간의 대칭성을 높이고 이는 비마비측의 보상작용으로 가능하다고 하여 이를 설명해주고 있다. 청각자극과 대칭성에 관련된 연구들에서 Roerdink 등[2]은 청각자극의 속도가 빨라짐에 따라 보장 길이와 스텝 길이가 길어지며 대칭성이 좋아진다고 하였고($p < .05$), Schauer와 Mauritz [26]은 뇌졸중 환자에게 일반적인 보행훈련보다 청각자극을 적용한 20분간의 보행훈련에서 길어진 활보장과 보다 짧아진 입각기간, 빨라진 발끝떼기(push-off)로 인하여 대칭성이 증진된다고 하였으며($p = .009$, $p = .008$), Pelton 등[6]은 마비측의 입각기 능력 향상으로 인하여 비대칭성이 감소된다고 하였다. 또한 Thaut 등[11]은 NDT/Bobath 치료를 적용한 보행훈련 그룹에 비해 청각자극을 적용한 보행훈련에서 청각자극을 적용한 그룹이 정상인 보행시 나타나는 활보장 길이의 60.5%에 가까운 수치를 보여 대칭성을 증진시켰다고 하여 본 실험 결과를 입증해주고 있다. 하지만 청각자극을 적용한 보행훈련은 분속수와 보시간은 감소시키지만 대칭성에는 유의한 차이가 없다는[19] 선행연구와 같이 A군에서는 대칭성에 유의한 차이를 보이지 않았다.

셋째, 청각자극을 이용한 보행훈련은 뇌졸중 환자의 분속수를 증진시켰음을 입증하였다. A군을 제외하고 B군, C군, D군 모두 분속수가 증가되었다. B군은 100.96step/m에서 111.93step/m로, C군은 90.25 step/m에서 94.06step/m로, D군은 107.29step/m에서 117.90step/m로 증가되었지만 A군에서만 유의한 차이가 없었다. 정상 속도보다 10% 빠른 템포의 청각자극은 실험군의 보행

속도를 빠르게 하여 증가된 속도만큼 분당 보폭수가 증가하여 B군과 D군 모두에서 분속수가 증가함을 알 수 있었고 정상 속도에서는 비마비측 발에 템포를 맞추다 보니 마비측의 입각기간을 짧게 하며 C군의 분속수를 증진시킨 것으로 사료된다. 분속수와 관련된 청각자극의 선행 연구에서는 청각자극을 적용한 보행훈련시 활보장 빈도 (stride frequency)가 증진되어 분속수가 증가하고[2], 편마비 환자의 속도와 스텝 길이 변화가 분속수를 증가한다고 하였으며[26], Goldshtrrom 등[27]은 외상성 뇌손상 환자에게 청각자극을 적용하였더니 분속수가 0.4m/s에서 1.4m/s로 증가하였다고 하여 본 연구 결과를 입증해주고 있다. 또한 Wada 등[28]은 빠른 속도로 보행훈련을 하면 그에 맞는 속도를 유지하기 위해 분속수가 증가하고 Willems 등[20]은 파킨슨 환자에게 5가지의 속도 변화를 주었더니 빠른 속도에 분속수가 증가한다고 하여 10A와 10B군에서 적용한 정상 속도보다 10% 빠른 청각자극에 의해 분속수가 증가되었음을 설명할 수 있다. 이외에 Hayden 등[21]의 연구에서도 청각자극을 적용한 보행훈련이 뇌졸중 환자의 분속수를 증진시킨다고 하여($p=.05$) 뇌졸중 환자의 분속수 증가에 청각자극이 효과적임을 증명해주고 있다.

넷째, 청각자극을 이용한 보행훈련은 속도에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 10% 템포의 청각자극을 적용한 보행훈련 두 군에서 모두 약간의 속도 변화는 있었지만 유의한 차이를 보이지는 않았다. 정상 속도의 템포로 적용한 청각자극은 마비측과 비마비측 하지의 타이밍만을 조절하였을 뿐 실험군의 속도에 맞는 보행이어서 실제로 속도의 증감은 없었고, 정상속도보다 10% 빠른 템포의 청각자극을 적용하였을 때는 실험군의 속도를 빠르게 하여 약간의 속도 변화가 있었지만 보행을 템포에 맞추는 과제 수행에 어려움으로 인하여 유의한 차이를 보이지 못했다. 이는 청각자극을 적용하였을 때 속도를 증진시킨다는 여러 선행 연구와 다른 결과인데 선행 연구들에서는 템포에 맞는 음악에 리듬을 맞추거나[26], 메트로놈을 이용하여 리듬을 맞추는[2] 등 보행에 리듬을 적용한 연구 방법들이어서 본 실험과는 다른 방법을 적용하였다. 기존의 연구에서는 점진적 속도 변화를 준 리듬에 맞춰 보행하였으므로 실험군은 편안한 보행을 할 수 있었고 속도에도 변화가 있었지만 본 연구에서는 청각자극에 맞춰 초기 입각기를 하도록 한 인지적 과제 수행이 포함되어 속도의 변화는 없었다고 사료된다.

연구 결과에서 정상 속도 템포의 청각자극 적용은 비마비측에 맞추는 것이 보다 대칭적이며 분속수의 증진을 보였고 정상속도보다 10% 빠른 템포의 청각자극 적용에서는 마비측에 맞추는 것이 보다 대칭적이면서 분속수를

증가시킨다는 결과를 얻었다. 하지만 속도에서는 변화가 없었다. 이는 기존 연구에서는 중재 시간이 최소 10분 이상의 청각자극을 적용한 보행훈련을 하였고 3주 이상의 중재 기간이었으나 본 연구에서는 5분 적용 후 즉각적인 효과를 보았으므로 속도에서는 변화가 없었던 것으로 사료된다. 기존 연구에서는 리듬에 맞는 음악을 들려주어 보행하거나, 메트로놈을 이용한 청각자극을 주었으며 청각자극의 템포에 맞는 보행을 했을뿐 청각자극의 템포에 초기입각기를 맞추는 연구들은 없었다.

5. 결론

본 연구 결과 정상 속도의 템포를 적용한 청각자극은 마비측에 적용시 유의한 변화를 줄 수 없었지만 비마비측에 적용하였을 때 마비측의 보시간이 감소되었고, 대칭성이 증진되었으며 분속수가 증가되었다. 또한 정상 속도보다 10% 빠른 템포를 적용한 청각자극은 두군에서 모두 양측의 보시간이 감소되었고 분속수가 증가되었지만 마비측에 적용하였을 때에만 대칭성이 증진되었다. 보행 속도는 네군 모두 유의한 차이를 나타내지 못했다.

본 실험에서는 기존 연구의 재해석을 통하여 뇌졸중 환자의 비대칭적인 보행 패턴과 분속수, 속도를 분석하였다. 기존 선행 연구와 비슷한 결과를 알 수 있었고 트레드밀이 아닌 평지에서의 청각자극 적용이 보행 패턴과 분속수에 긍정적인 효과를 보인다고 할 수 있다.

향후 짧은 시간의 중재가 아닌 장기간의 중재가 필요하고, 다양한 중재방법의 청각자극을 적용한 훈련 효과에 대한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

참고문헌

- [1] Michael, K. M., Allen, J. K., & Macko, R. F., "Reduced ambulatory activity after stroke: the role of balance, gait, and cardiovascular fitness", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 86, No. 8, pp. 1552-1556, 2005,
- [2] Roerdink, M., Lamoth, C. J., Kwakkel, G., van Wieringen, P. C., & Beek, P. J., "Gait coordination after stroke: benefits of acoustically paced treadmill walking", *Phys Ther*, Vol. 87, No. 8, pp. 1009-1022, 2007.
- [3] Roerdink, M., & Beek, P. J., "Understanding Inconsistent Step-Length Asymmetries Across Hemiplegic Stroke Patients: Impairments and Compensatory Gait",

- Neurorehabil Neural Repair, Vol., No., pp., 2011.
- [4] Arene, N., & Hidler, J. (2009). Understanding motor impairment in the paretic lower limb after a stroke: a review of the literature. *TopStrokeRehabil*, 16(5),346-356.
- [5] Alexander, L. D., Black, S. E., Patterson, K. K., Gao, F., Danells, C. J., & McIlroy, W. E., "Association between gait asymmetry and brain lesion location in stroke patients", *Stroke*, Vol. 40, No. 2, pp. 537-544, 2009.
- [6] Pelton, T. A., Johannsen, L., Huiya, C., & Wing, A. M., "Hemiparetic stepping to the beat: asymmetric response to metronome phase shift during treadmill gait", *Neurorehabil Neural Repair*, Vol. 24, No. 5, pp. 428-434, 2010.
- [7] Balasubramanian, C. K., Bowden, M. G., Neptune, R. R., & Kautz, S. A., "Relationship between step length asymmetry and walking performance in subjects with chronic hemiparesis", *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 88, No. 1, pp. 43-49, 2007.
- [8] Franceschini, M., Carda, S., Agosti, M., Antenucci, R., Malgrati, D., & Cisari, C., "Walking after stroke: what does treadmill training with body weight support add to overground gait training in patients early after stroke?: a single-blind, randomized, controlled trial", *Stroke*, Vol. 40, No. 9, pp. 3079-3085, 2009.
- [9] Abe, H., Michimata, A., Sugawara, K., Sugaya, N., & Izumi, S., "Improving gait stability in stroke hemiplegic patients with a plastic ankle-foot orthosis", *Tohoku J Exp Med*, Vol. 218, No. 3, pp. 193-199, 2009.
- [10] Kesar, T. M., Perumal, R., Reisman, D. S., Jancosko, A., Rudolph, K. S., Higginson, J. S., & Binder-Macleod, S. A., "Functional electrical stimulation of ankle plantarflexor and dorsiflexor muscles: effects on poststroke gait", *Stroke*, Vol. 40, No. 12, pp. 3821-3827, 2009.
- [11] Thaut, M. H., Leins, A. K., Rice, R. R., Argstatter, H., Kenyon, G. P., McIntosh, G. C., Bolay, H. V., & Fetter, M., "Rhythmic auditory stimulation improves gait more than NDT/Bobath training in near-ambulatory patients early poststroke: a single-blind, randomized trial", *Neurorehabil Neural Repair*, Vol. 21, No. 5, pp. 455-459, 2007.
- [12] Malcolm, M. P., Massie, C., & Thaut, M., "Rhythmic auditory-motor entrainment improves hemiparetic arm kinematics during reaching movements: a pilot study", *Top Stroke Rehabil*, Vol. 16, No. 1, pp. 69-79, 2009.
- [13] Sarkamo, T., Tervaniemi, M., Laitinen, S., Forsblom, A., Soinila, S., Mikkonen, M., Autti, T., Silvennoinen, H. M., Erkkila, J., Laine, M., Peretz, I., & Hietanen, M., "Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke", *Brain*, Vol. 131, No. Pt 3, pp. 866-876, 2008.
- [14] Thaut, M. H., Stephan, K. M., Wunderlich, G., Schicks, W., Tellmann, L., Herzog, H., McIntosh, G. C., Seitz, R. J., & Homberg, V., "Distinct cortico-cerebellar activations in rhythmic auditory motor synchronization", *Cortex*, Vol. 45, No. 1, pp. 44-53, 2009.
- [15] Jeong, S., & Kim, M. T., "Effects of a theory-driven music and movement program for stroke survivors in a community setting", *Appl Nurs Res*, Vol. 20, No. 3, pp. 125-131, 2007.
- [16] Hausdorff, J. M., Lowenthal, J., Herman, T., Gruendlinger, L., Peretz, C., & Giladi, N., "Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in Parkinson's disease", *Eur J Neurosci*, Vol. 26, No. 8, pp. 2369-2375, 2007.
- [17] del Olmo, M. F., Arias, P., Furio, M. C., Pozo, M. A., & Cudeiro, J., "Evaluation of the effect of training using auditory stimulation on rhythmic movement in Parkinsonian patients--a combined motor and [18F]-FDG PET study", *Parkinsonism Relat Disord*, Vol. 12, No. 3, pp. 155-164, 2006.
- [18] Arias, P., & Cudeiro, J., "Effects of rhythmic sensory stimulation (auditory, visual) on gait in Parkinson's disease patients", *Exp Brain Res*, Vol. 186, No. 4, pp. 589-601, 2008.
- [19] Thaut, M. H., McIntosh, G. C., & Rice, R. R., "Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation", *J Neurol Sci*, Vol. 151, No. 2, pp. 207-212, 1997.
- [20] Willems, A. M., Nieuwboer, A., Chavret, F., Desloovere, K., Dom, R., Rochester, L., Jones, D., Kwakkel, G., & Van Wegen, E., "The use of rhythmic auditory cues to influence gait in patients with Parkinson's disease, the differential effect for freezers and non-freezers, an explorative study", *Disabil Rehabil*, Vol. 28, No. 11, pp. 721-728, 2006.
- [21] Hayden, R., Clair, A. A., Johnson, G., & Otto, D., "The effect of rhythmic auditory stimulation (RAS) on physical therapy outcomes for patients in gait training following stroke: a feasibility study", *Int J*

Neurosci, Vol. 119, No. 12, pp. 2183-2195, 2009.

- [22] van Uden, C. J., & Besser, M. P., "Test-retest reliability of temporal and spatial gait characteristics measured with an instrumented walkway system (GAITRite)", BMC Musculoskelet Disord, Vol. 5, No., pp. 13, 2004.
- [23] Patterson, K. K., Gage, W. H., Brooks, D., Black, S. E., & McIlroy, W. E., "Evaluation of gait symmetry after stroke: a comparison of current methods and recommendations for standardization", Gait Posture, Vol. 31, No. 2, pp. 241-246, 2010.
- [24] Plotnik, M., Giladi, N., & Hausdorff, J. M., "A new measure for quantifying the bilateral coordination of human gait: effects of aging and Parkinson's disease", Exp Brain Res, Vol. 181, No. 4, pp. 561-570, 2007.
- [25] Plotnik, M., Giladi, N., Balash, Y., Peretz, C., & Hausdorff, J. M., "Is freezing of gait in Parkinson's disease related to asymmetric motor function?", Ann Neurol, Vol. 57, No. 5, pp. 656-663, 2005.
- [26] Schauer, M., & Mauritz, K. H., "Musical motor feedback (MMF) in walking hemiparetic stroke patients: randomized trials of gait improvement", Clin Rehabil, Vol. 17, No. 7, pp. 713-722, 2003.
- [27] Goldshtrom, Y., Knorr, G., & Goldshtrom, I., "Rhythmic exercises in rehabilitation of TBI patients: a case report", J Bodyw Mov Ther, Vol. 14, No. 4, pp. 336-345, 2010.
- [28] Wada, Y., Kondo, I., Sonoda, S., Miyasaka, H., Teranishi, T., Nagai, S., & Saitoh, E., "Preliminary trial to increase gait velocity with high speed treadmill training for patients with hemiplegia", Am J Phys Med Rehabil, Vol. 89, No. 8, pp. 683-687, 2010.

이 순 현(Sun-hyun Lee)

[정회원]



- 2009년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2011년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 박사과정 재학중
- 2009년 7월 ~ 현재 : 의정부 보람병원 물리치료사

<관심분야>

신경계 물리치료, 임상운동학, 근골격계 물리치료

이 경 진(Kyoung-Jin Lee)

[정회원]



- 2010년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2011년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 박사과정 재학중
- 2009년 3월 ~ 현재 : 삼육대학교 물리치료학과 생역학실험실 연구조교

<관심분야>

생체역학, 노인 물리치료

하 귀 현(Gwee-hyun Ha)

[정회원]



- 2011년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 석사과정 재학중
- 2009년 4월 ~ 현재 : 의정부 보람병원 물리치료실 팀장 물리치료사

<관심분야>

신경계 물리치료, 운동조절론

인 태 성(Tae-Sung In)

[정회원]



- 2009년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2010년 8월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 박사과정 재학중
- 2009년 6월 ~ 현재 : 동국사랑병원 물리치료사

<관심분야>

신경계 물리치료, 임상운동학, 근골격계 물리치료

송 창 호(Chang-Ho Song)

[정회원]



- 2000년 8월 : 경희대학교 체육대학원(체육학 석사)
- 2005년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 삼육대학교 물리치료학과 조교수

<관심분야>

신경과학, 운동처방학, 전기치료학