

Effect of Action Observation Training with Auditory Feedback for Gait Function of Stroke Patients with Hemiparesis

Hyeong Min Kim¹, Sung Min Son²

¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Health Sciences, Cheongju University; ²Department of Physical Therapy, College of Health Science, Cheongju University, Cheongju, Korea

Purpose: Previous studies have reported that action observation training has beneficial effects on enhancing the motor task, such as balance and gait functions. On the other hand, there have been few studies combined with action observation training and auditory feedback. The purpose of this study was to determine the effects of action observation training with auditory feedback on the gait function in stroke patients with hemiparesis

Methods: A total of 24 inpatients with post-stroke hemiparesis were assigned randomly to either an experimental group 1 (EG 1, n=8), experiment group 2 (EG 2, n=8), control group (CG, n=8, EG 1). The EG 2 and CG watched video clip demonstrating three functional walking tasks with auditory feedback, without auditory feedback, and showing a landscape image, respectively. The exercise program consisted of 30 minutes, five times a week, for four weeks. The participants were measured to 10MWT (10 m walk test), 6MWT (6 minutes walking distance test), TUG (timed up and go test), DGI (dynamic gait index), time and steps of F8WT (figure-of-8 walk test).

Results: In the intra-group comparison after the intervention, EG 1 and EG 2 showed a significantly different gait function (10MWT, 6MWT, DGI, TUG, F8WT) ($p < 0.05$). In the inter-group comparison after intervention, EG 1 showed significant improvements in the entire gait parameters and EG 2 only showed significant improvement in DGI and TUG compared to CG ($p < 0.05$).

Conclusion: These findings show that action observation training with auditory feedback may be used beneficially for improving the gait function of stroke patients with hemiparesis.

Keywords: Auditory feedback, Action observation training, Stroke

서론

뇌졸중 환자들은 비대칭적인 자세, 균형 능력 감소 및 체중이동능력의 감소로 인해 보행 장애가 나타난다. 뇌졸중 환자의 보행 특징은 줄어든 보행속도와 비대칭적인 보행패턴이 가장 일반적이다.¹⁻⁴ 특히 줄어든 보행속도는 뇌졸중 환자의 병리적인 보행 정도와 일반적인 기능 상태를 나타내는 신뢰성 있는 지표로서 지속적으로 사용되고 있으며,⁵ 보행속도에 따라 일상생활활동, 독립적인 생활 및 사회 참여에 중요한 영향을 미친다.⁶ 따라서 뇌졸중 환자의 독립성과 삶의 질을 향상시키는 최선의 방법은 보행 능력을 향상시키는 것이며, 최근 재활치료 방향도 보행 속도 증가에 초점이 맞춰지고 있다.⁷⁻¹⁰

오랜 기간 뇌졸중 환자들의 보행능력의 회복을 촉진하기 위한 많은 치료적 접근법들이 연구되었다. 마비측 사지에 대한 근력강화 및

근지구력운동과 과제지향훈련(task-oriented training) 등이 뇌졸중 환자들의 보행 기능 향상을 위한 대표적인 훈련으로 사용되고 있다. 하지만 이전 연구들에서 근력강화(strength), 균형(balance), 협응(coordination) 훈련과 같은 개별적으로 구성된 훈련보다는 보행 훈련이 기능적 향상에 더 효율적이라고 보고하였다.^{11,12} 추가적으로 뇌졸중 환자들은 재활기간 동안 미숙한 운동 기능에 의해 강도 높은 훈련을 할 수 없거나 낮은 기능적 움직임에 의해 경험 의존적인 운동기술(experience-dependent motor skill)을 학습하는 데 어려움이 있을 수 있다. 그래서 최근에는 뇌의 직·간접적인 자극을 제공하여 뇌 영역의 활성화를 유발시켜 운동 기능 향상을 이끌어내기 위한 운동연상훈련(motor imagery training)과 동작관찰훈련(action observation training) 방법 등을 실시하고 있다.¹³⁻¹⁵ 그 중 동작관찰훈련은 다른 사람의 행동을 관찰한 후 그 동작들을 반복적으로 훈련하는 방법이며, 이는

Received Sep 7, 2017 Revised Oct 15, 2017

Accepted Oct 18, 2017

Corresponding author Sung Min Son

E-mail ssm0417@hanmail.net

Copyright ©2017 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

선행연구들에서 대뇌 걸질의 신경세포를 자극하여 기능적 움직임 향상시킬 수 있다고 제시하였다.¹⁶ 또한 기능적 자기공명영상(fMRI)을 이용한 선행 연구에서도 비디오 영상을 이용해 동작 관찰 시에 활성화되는 뇌 영역과 실제 움직임을 할 때 활성화되는 뇌 영역이 동일하다고 보고하였다.¹⁷

청각적 피드백 훈련은 신경계 질환을 가진 환자들을 치료하기 위해 매우 효율적인 방법으로 알려져 있으며 임상에서도 다양한 피드백 훈련을 사용하고 있다. 선행연구에서 초기 접지기 시 뇌졸중 환자들에게 청각적 피드백을 제공한 훈련이 일반적 보행 훈련을 실시한 대조군에 비해 균형 능력과 보행 기능에 향상을 보였다고 보고하였다.¹⁸ 지금까지 뇌졸중 환자들의 상지 움직임과 보행을 향상시키기 위해 동작관찰훈련을 적용한 많은 선행연구들이 이루어졌다. 하지만 선행 연구들은 시각적 관찰만을 이용해 대뇌 걸질의 신경세포를 자극하는 훈련방법이 대부분이었으며, 동작관찰훈련과 함께 청각적 피드백(auditory

feedback)을 제공한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구의 목적은 동작관찰훈련과 함께 청각적 피드백을 적용한 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 능력을 향상시킬 수 있는지 확인하는 것이다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 대전광역시 B재활요양병원에 입원 중으로 뇌졸중 진단을 받고 6개월 이상 경과한 사람 24명을 대상으로 하였다. 대상자들의 의무기록을 확인하여 다음과 같은 조건에 해당하는 사람을 대상으로 선정하였다.

- 1) 뇌졸중 진단을 받고 발병일로부터 6개월 이상 경과한 사람
- 2) 인지적 손상이 없는 사람(MMSE-K 24점 이상인 사람)
- 3) 시각 및 청각에 이상이 없는 사람

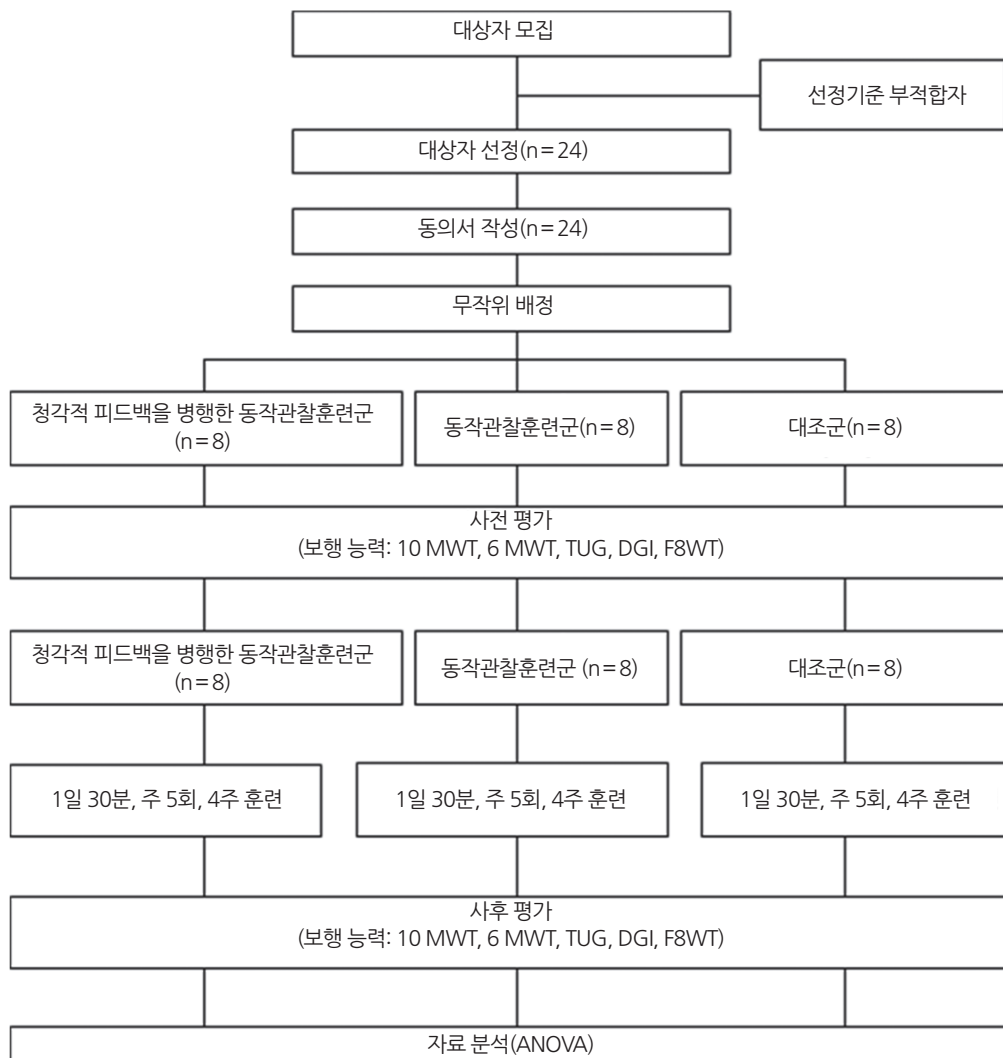


Figure 1. 10 MWT: 10 m walk test, 6 MWT: 6 minute walk test, TUG: timed up&go test, DGI: dynamic gait index, F8WT: figure of 8 walk test.

- 4) 보행 보조도구를 이용하거나 독립적으로 10 m 이상 보행을 할 수 있는 사람
- 5) 양 쪽 하지에 정형 외과적 질환이 없는 사람

2. 연구 절차

본 연구는 뇌졸중 발병일로부터 6개월 이상 경과된 사람 중, 선정기준에 적합한 대상자 24명을 모집하였다. 연구 시작 전 연구에 대한 목적과 훈련 및 측정 절차에 대한 설명을 듣고 자발적인 동의를 한 환자들이 참여하였다. 실험군1, 실험군2, 대조군으로 무작위 배정을 한 후 측정도구들을 이용하여 대상자들의 보행 능력을 측정하였다. 기간은 1일 30분, 주 5회, 4주간 훈련을 실시하였다. 모든 대상자들은 신경계 물리치료를 실시하였으며, 실험군 1에는 청각적 피드백을 병행한 동작관찰훈련, 실험군 2에는 소리가 제거된 동작관찰훈련, 대조군에

는 보행훈련과 관련 없는 풍경사진을 관찰하였다. 대상자들의 훈련 전·후 비교를 위하여 보행능력 검사를 실시하였다. 평가도구로는 10 m 걷기검사, 6분 보행검사, 일어나 걷기검사, 동적 보행지수, 8자 보행검사를 측정하였다. 본 연구의 절차는 다음과 같다(Figure 1).

3. 훈련 방법

1) 청각적 피드백을 병행한 동작관찰훈련군(action observer training with auditory feedback, AOTWA)

훈련기간 내 대상자들은 조용한 방에서 편안하게 앉아 노트북 화면을 통해 기능적 보행과제로 구성된 동영상을 시청하였다(Figure 2). 대상자들이 동작을 관찰하는 동안 동영상에 집중하도록 유도하였다. 동영상 내용의 구성은 보행과 관련된 선행연구를 바탕으로 평지 보행, 장애물 보행, 계단 보행과제로 구성되었으며(Table 1, Figure 3), 청각적 피드백은 동영상 속 대상자가 편안한 속도로 걷는 1분 동안의 분속수를 3회 측정하여 평균 분속수를 적용하였다. 동영상 내에서 대상자가 분속수에 맞춰서 보행 시 발뒤꿈치가 닿는 시점에 구두 소리를 제공하였다.

동영상은 앞, 옆, 뒷면에서 움직임을 볼 수 있도록 촬영하여 입체적으로 움직임을 관찰할 수 있도록 하였다(Figure 4). 동영상은 2분 30초



Figure 2. Watched the consist of functional walking tasks video with auditory feedback.

Table 1. Action observation training video composition tasks

Flatland walking tasks	Straight walking
	Walking with head turned to the left, right
	Side walking
Obstacle walking tasks	Walking over obstacles
	Turn the obstacle clockwise
	Turn the obstacle counterclockwise
Stair walking tasks	Stair up
	Stair down

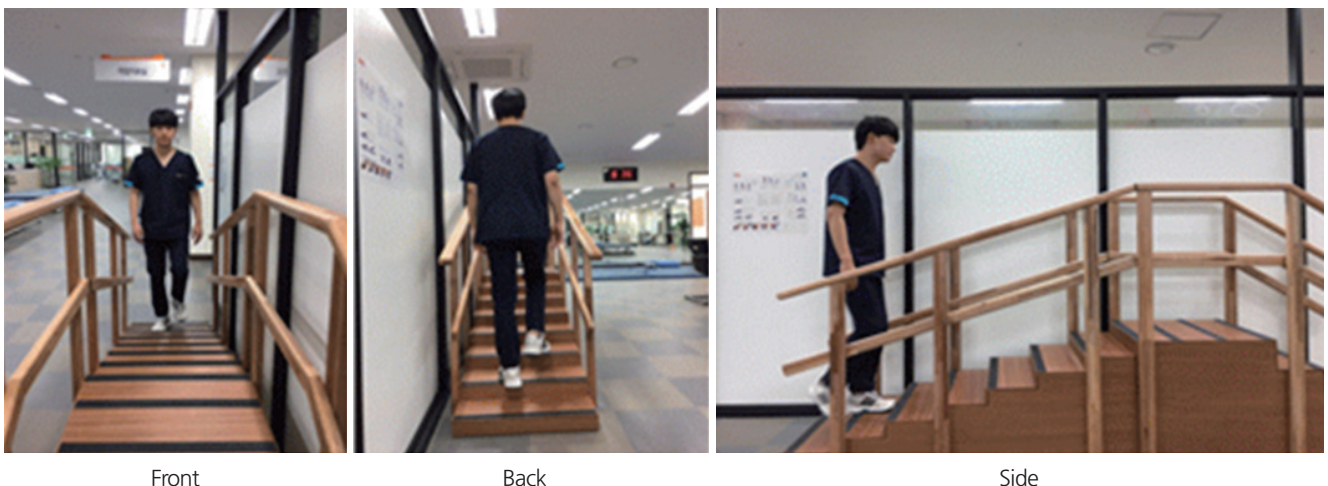


Figure 3. Functional walking task video consist three dimension view.



Flatland walking task

Obstacle walking task

Stair walking task

Figure 4. Flatland, obstacle, stair walking task example.

로 구성되어 있으며, 처음에 일반적인 속도의 동영상을 관찰하였고, 다음은 2배 느리게 관찰한 후 다시 일반적인 속도로 관찰하였다. 두 번씩 반복 시청하여 5분간 관찰한 후 10분간 해당 과제를 수행하도록 하여 15분씩 총 2회기를 훈련하였다. 대상자들은 청각적 피드백이 포함된 동영상을 관찰하고, 관찰한 영상과 같은 과제를 개인의 분속수에 해당하는 청각적 피드백을 들으며 훈련을 하였다. 청각적 피드백은 스마트폰의 어플리케이션인 메트로놈(Pro Metronome, china)으로 대상자의 보행 능력에 맞게 분속 수를 조절하였고, 청각적 피드백을 보행 시 발뒤꿈치가 바닥에 닿는 시점에 맞추도록 하여 규칙적인 보행을 요구하였다. 청각적 피드백의 제공은 이어폰으로 하였고 치료사가 같이 들으며 보조를 하였다. 훈련에 앞서 대상자들은 메트로놈 청각적 피드백을 들으며 충분히 박자를 익히도록 하였다.

2) 동작관찰훈련군(action observer training, AOT)

동작관찰훈련군은 청각적 피드백을 병행한 동작관찰훈련군과 똑같은 기능적 보행 과제로 구성된 동영상을 음소거 후 관찰한 뒤, 같은 과제를 반복 훈련하였다. 동작관찰훈련군은 5분 동작관찰 후 10분 신체훈련을 반복하는 훈련방법으로 1회 2번 반복하여 1일 30분 주 5회, 총 4주간 실시하였다.

3) 대조군

대조군은 동작관찰 대신 움직이는 사람이 없는 자연풍경으로 구성된 동영상을 관찰하도록 하였다. 동영상 구성을 제외하고는 훈련 과제, 훈련시간은 동작관찰훈련군과 모두 동일하였다.

4. 평가 도구 및 측정 방법

본 연구에서는 보행능력을 측정하기 위해서 10 m 걷기검사, 6분 보행

검사, 일어나 걷기검사, 동적 보행지수, 8자 보행검사를 실시하였다. 모든 측정은 임상경험이 충분한 물리치료사 한 명이 훈련 전과 후, 총 2회 시행하였으며 평가된 모든 항목들은 3회 반복 측정 후 평균값을 사용하였다. 결과로 측정된 점수는 대상자들에게 공지하지 않았다.

1) 10 m 걷기검사

본 연구에서는 보행속도를 평가하기 위해 10 m 걷기검사(10 m walk test, 10 MWT)를 실시하였다. 측정방법은 대상자들의 안전에 유의하도록 측정자의 관찰 하에 대상자들은 자신의 평상시 속력으로 치료실 바닥에 표시되어있는 14 m를 걷는다. 가속기 구간 2 m와 감속기 구간 2 m를 제외한 10 m를 걷는 동안 걸린 시간을 초(sec) 단위로 측정하였다. 연습 없이 3회 측정 후 평균값으로 하였다. 10 m 걷기검사는 $r=0.95-0.96$ 로 높은 신뢰도를 보인다.¹⁹

2) 6분 보행검사

본 연구에서는 보행 지구력을 평가하기 위해 6분 보행검사(6 minutes walking distance test, 6 MWT)를 실시하였다. 측정방법은 대상자가 6분 동안 최대로 이동한 거리를 측정하는 방법으로 실내용의 바닥 위에 출발점과 반환점까지 25 m의 거리에 표시를 해놓고 치료사가 6분을 입력한 후 보행을 시작함과 동시에 시작하여 시간을 측정하였다. 시간이 경과하면 알람이 울리도록 하여 대상자를 정지시킨 후 바닥에 테이프로 표시를 하였다. 출발점에서 반환점까지의 반복 횟수를 측정하여 거리를 기록하였다. 6분 보행검사는 $r=0.91$ 로 높은 신뢰도를 보인다.²⁰

3) 일어나 걷기검사

본 연구에서는 기능적 수행능력 및 보행 균형을 평가하기 위하여 일

어나 걷기검사(timed up and go test, TUG)를 실시하였다. TUG는 기능적 수행능력 및 이동 능력을 측정할 수 있는 검사 방법이다. 측정방법은 대상자가 일정한 높이의 의자에 앉아 측정자의 지시와 함께 의자에서 일어나 3 m 거리에 반환점을 돌아 다시 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법이다. 일어나 걷기검사는 측정내 신뢰도가 $r=0.99$ 이고, 측정자 간 신뢰도는 $r=0.98$ 로 신뢰할 만한 도구이다.²¹

4) 동적 보행지수

본 연구에서는 기능적 보행능력을 평가하기 위해 동적 보행지수(dynamic gait index, DGI)를 실시하였다. DGI는 걷기, 속력의 변화를 주면서 걷기, 머리를 수평적이고 수직적으로 돌리면서 걷기, 축을 회전하면서 걷기, 장애물 넘어가기와 돌아가기, 계단오르기로 구성된 총 8개 항목으로 이루어져 있다. 점수는 0-3점까지 4점 척도로 되어있으며 최고점은 24점이다. 뇌졸중 환자를 위한 한국어판 DGI의 검사-재검사 신뢰도 $r=0.92$, 측정자 간 신뢰도 $r=0.88$ 로 높은 신뢰도를 갖는다.²²

5) 8자 보행검사

본 연구에서는 곡선보행 능력을 평가하기 위해 8자 보행검사(figur-of-8 walk Test, F8WT)를 실시하였다. F8WT는 원뿔의 주변을 8자 모양으로 걷는 측정방법으로 직선보행, 곡선보행, 시계방향과 반시계 방향으로 걷는 것이 포함되어있다. F8WT는 시간, 걸음수, 정확도, 자연스러운 의 4가지 측정요소를 포함한다. 측정방법으로는 안전에 유의하도록 측정자의 관찰 하에 대상자는 원뿔 중앙에 선 후, 주행 방향을 선택하고 8자모양으로 걷는 뒤 시작위치로 되돌아오면 된다. 8자모양 걷기 검사의 측정자 간, 측정자 내 신뢰도는 $r=0.98$ 로 신뢰도가 높은 검사 도구이다.²³ 본 연구에서는 측정 요소 중 속도와 걸음수를 측정하였다.

5. 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료들은 윈도우용 SPSS version 22.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, US)을 이용하여 통계처리 하였다. 정규성 검정을 위해 Kolmogorov-Sminov 검정을 실시하였다. 그룹 내 전후를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였고, 중재 전·후 변화량의 그룹 간 비교를 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)를 사용하였다. 일원배치분산분석에 따른 사후검정은 본페르니 검증(Bonferroni adjustment)을 사용하였다. 통계적 검증을 위한 유의수준은 0.05로 설정하였다.

결 과

1. 연구대상자의 특성

본 연구에 참여한 사람들의 일반적 특성은 Table 1에 제시하였다. 본 연구의 대상자들은 총 24명으로 청각적 피드백을 병행한 동작관찰 훈련군 8명, 동작관찰훈련군 8명과 대조군 8명이었다. 각 군의 일반적 특성은 성별, 연령, 신장, 체중, MMSE-K (score), 뇌졸중 형태, 마비 쪽 비율, 유병 기간 등에서 집단 간 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

2. 훈련 전·후 보행의 변화

1) 훈련 전·후 직선 보행 시간의 변화

세 군의 훈련 전과 후에 보행 속도 비교를 위한 10 MWT 변화는 Table 2에 제시하였다. AOTWA군은 훈련 전 20.09 ± 13.41 에서 훈련 후 16.34 ± 12.66 으로, AOT군은 훈련 전 21.93 ± 9.99 에서 훈련 후 19.95 ± 9.85 로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p<0.05$), 대조군도 훈련 전 21.50 ± 12.75 에서 훈련 후 21.19 ± 12.55 로 감소하여, 세 군 모두에서 훈련 후 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 세 군의 중재 전·후 변화량을 비교한 결과 유의한 차이를 보였다($F=19.60, p<0.05$). 사후분석 결

Table 2. General characteristics of the subjects

	AOTWA	AOT	Control group	χ^2 or F	p
Gender					
Male/female [n(%)]	5/3 (62/38)	5/3 (62/38)	5/3 (62/38)	0.000	1.000
Age (year)	58.38 ± 13.88	59.75 ± 20.00	58.00 ± 15.00	0.064	0.938
Height (cm)	164.62	165.25	164.37	0.019	0.982
Weight (kg)	65.76	63.12	66.62	0.403	0.674
MMSE-K (score)	27.20 ± 3.56	26.40 ± 2.07	25.40 ± 1.52	0.076	0.927
Stroke type					
Infarction/hemorrhage	6/2	6/2	7/1	0.226	0.800
Right/left [n(%)]	6/2	6/2	4/4	0.636	0.539
Onset (month)	74	64.25	70.87	0.209	0.813

*Mean \pm SD.

AOTWA: action observation training with auditory feedback, AOT: action observation training.

Table 3. Comparison of the results of the clinical walking tests in the AOTWA, AOT and Control group

Variable	Group	AOTWA (n=8)	AOT (n=8)	Control group (n=8)	p
		Mean±SD ^a	Mean±SD	Mean±SD	
Walking Speed 10 MWT (s)	Pre	20.09±13.41	21.93±9.999	21.50±12.75	0.951
	Post	16.34±12.66	19.95±9.85	21.19±12.55	
	Post-Pre	-3.74±1.84 ^{††}	-1.98±0.35 [†]	-0.30±0.33	0.000*
	p	0.001	0.000	0.038	
Walking endurance 6 MWT (m)	Pre	212.50±98.56	194.38±78.03	191.25±79.49	0.868
	Post	223.13±95.65	200.00±76.76	192.50±78.33	
	Post-Pre	10.63±6.78 [†]	5.63±5.63	1.25±4.43	0.013*
	p	0.03	0.026	0.451	
Functional walking DGI (score)	Pre	13.88±4.22	13.13±5.02	13.63±4.80	0.949
	Post	17.00±3.54	14.75±5.12	13.88±4.88	
	Post-Pre	3.13±1.12 ^{††}	1.63±0.51 [†]	0.25±0.707	0.000*
	p	0.000	0.000	0.351	
Walking balance TUG (s)	Pre	21.25±11.42	22.76±8.77	22.08±12.64	0.964
	Post	16.60±9.46	19.67±7.16	22.01±12.55	
	Post-Pre	-4.65±2.27 [†]	-3.08±2.05 [†]	-0.07±1.25	0.000*
	p	0.001	0.004	0.870	
Curve walking F8WT (time[s])	Pre	25.83±13.24	30.13±10.36	28.64±13.06	0.779
	Post	23.87±13.08	28.85±10.58	28.43±13.05	
	Post-Pre	-1.95±0.82 [†]	-1.28±0.59 [†]	-0.20±0.74	0.000*
	p	0.000	0.001	0.457	
Curve walking F8WT (step)	Pre	25.75±14.90	30.50±10.70	26.63±13.26	0.745
	Post	23.38±14.70	29.63±10.01	27.00±12.68	
	Post-Pre	-2.38±1.30 [†]	-0.88±1.35	0.38±1.59	0.004*
	p	0.001	0.111	0.528	

^aMean±SD, *Homogeneity test result between group.

[†]significant difference in the change values between control groups.

^{††}significant difference in the change values between AOT groups.

과 AOTWA군이 AOT군과 대조군보다 유의하게 감소하였다($p < 0.05$) (Table 3).

2) 훈련 전·후 장거리 보행 거리의 변화

세 군의 훈련 전과 후에 보행 지구력 비교를 위한 6 MWT 변화는 Table 2에 제시하였다. AOTWA군은 훈련 전 212.50에서 훈련 후 223.13으로, AOT군은 훈련 전 194.38에서 훈련 후 200으로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 대조군은 훈련 전 191.25에서 훈련 후 192.50으로 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 세 군의 중재 전·후 변화량을 비교한 결과 유의한 차이를 보였다($F = 5.42, p < 0.05$). 사후분석 결과 AOTWA군이 대조군보다 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

3) 훈련 전·후 기능적 보행 점수의 변화

세 군의 훈련 전과 후에 기능적 보행 능력의 비교를 위한 DGI의 변화는 Table 2에 제시하였다. AOTWA군은 훈련 전 13.88±4.22에서 훈련

후 17.00±3.54로, AOT군은 훈련 전 13.13±5.02에서 훈련 후 14.75±5.12로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 대조군은 훈련 전 13.63±4.80에서 훈련 후 13.88±4.88로 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 세 군의 중재 전·후 변화량을 비교한 결과 유의한 차이를 보였다($F = 24.37, p < 0.05$). 사후분석 결과 AOTWA군이 AOT군과 대조군보다 유의하게 증가하였고($p < 0.05$), AOT군은 대조군보다 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

4) 훈련 전·후 보행 균형 시간의 변화

세 군의 훈련 전과 후에 보행 균형의 비교를 위한 TUG의 변화는 Table 2에 제시하였다. AOTWA군은 훈련 전 21.25±11.42에서 훈련 후 16.60±9.46으로, AOT군은 훈련 전 22.76±8.77에서 훈련 후 19.67±7.16으로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 대조군은 훈련 전 22.08±12.64에서 훈련 후 22.01±12.55로 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 세 군의 중재 전·후 변화량을 비교한 결과 유의한 차이를 보였다($F = 11.84, p < 0.05$). 사후분석 결과

AOTWA군과 AOT군이 대조군보다 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

5) 훈련 전·후 곡선 보행 시 시간의 변화

세 군의 훈련 전과 후에 곡선 보행 능력의 비교를 위한 F8WT의 변화는 Table 2에 제시하였다. AOTWA군은 훈련 전 25.83 ± 13.24 에서 훈련 후 23.87 ± 13.08 로, AOT군은 훈련 전 30.13 ± 10.36 에서 훈련 후 28.85 ± 10.58 로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 대조군은 훈련 전 28.64 ± 13.06 에서 훈련 후 28.43 ± 13.05 로 감소하였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 세 군의 중재 전·후 변화량을 비교한 결과 유의한 차이를 보였다($F = 11.79, p < 0.05$). 사후분석 결과 AOTWA군이 대조군보다 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

6) 훈련 전·후 곡선 보행 시 걸음 수 변화

세 군의 훈련 전과 후에 곡선 보행 능력의 비교를 위한 F8WT의 변화는 Table 2에 제시하였다. AOTWA군은 훈련 전 25.75 ± 14.90 에서 훈련 후 23.38 ± 14.70 로, AOT군은 훈련 전 30.50 ± 10.70 에서 훈련 후 29.63 ± 10.01 로 통계적으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 대조군은 훈련 전 26.63 ± 13.26 에서 훈련 후 27 ± 12.68 로 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 세 군의 중재 전·후 변화량을 비교한 결과 유의한 차이를 보였다($F = 7.47, p < 0.05$). 사후분석 결과 AOTWA군이 대조군보다 유의하게 증가하였다($p < 0.05$).

고찰

본 연구에서는 동작관찰과 청각적 피드백을 적용한 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 기능 향상에 도움을 줄 수 있는지 확인하는 것이었다. 본 연구의 결과는 AOTWA이 AOT만을 실시한 그룹과 대조군에 비해 뇌졸중 환자의 보행 기능 향상에 유의한 치료 중재일 수 있음을 제시한다.

본 연구의 결과는 10 M 걷기검사와 6분 보행검사에서 AOTWA 그룹과 AOT 그룹이 대조군에 비해 보행 속도와 6분 보행검사에서 보행 거리가 유의하게 증가하였다. 또한 기능적 보행 정도를 나타내는 동적 보행지표와 일어나 걷기 검사에서도 유의한 향상을 보였으며, 곡선 보행 검사에서도 유의한 향상을 보였다. 선행 연구에서도 신체적 훈련만 실시한 그룹보다 동작관찰훈련을 함께한 그룹에서 뇌졸중 환자의 동적 균형과 보행과 관련한 보행속도, 분속수 및 손상측 하지의 한발지지가 증가하였다고 보고하였고,²⁴ Kim 등²⁵의 연구에서도 버그균형검사와 일어서서 걷기(TUG)에서 기능적 향상이 나타났다. 이와 같이 동작 관찰 훈련을 활용한 선행 연구 결과들과 본 연구의 결과가 동일하게 나타났으며, 이는 본 연구의 결과를 뒷받침하는 근거가 될 수 있다.

동작관찰훈련이 뇌졸중 환자의 기능 향상에 기여한 메커니즘에 대한 정확한 원리는 아직 밝혀지지 않았다. 하지만 선행연구들을 통해 밝혀진 결과로 토대로 몇 가지 고려할 수 있는 부분이 있다. 우선 동작관찰훈련이 뇌의 운동 영역 활성화에 영향을 줄 수 있다는 것이다. 동작 관찰 훈련은 거울신경세포를 자극하여 뇌 영역의 가소성을 촉진시키는 방법으로서 보행 기능에 장애를 가진 뇌졸중 환자들은 동작 관찰 훈련을 통해 보행을 담당하는 뇌 운동 영역이 자극되어 보행 기능의 개선으로 이어진 것으로 생각할 수 있다. 동작관찰과 같이 타인의 행동을 보면서 유사한 반응을 보이는 현상을 거울행동(mirroring)이라고 하며, 거울행동과 관련된 뇌의 신경회로는 거울신경세포시스템이다.²⁶ 많은 선행 연구들에서 동작관찰 훈련 과정에서 보완 운동영역, 운동앞겉질, 소뇌, 위·아래마루엽과 일차운동겉질영역에서 활성화되었다고 보고하였으며, 이러한 연구결과들은 거울신경세포시스템과 동작관찰훈련을 기반으로 한 상상훈련이 연관성이 있음을 밝히는 근거가 될 수 있다.²⁷⁻²⁹ Rizzolantti와 Craighero의 연구에서 동작을 실제로 수행할 때 활성화되는 뇌 영역과 동작 관찰 시 활성화되는 뇌 영역이 동일하다는 보고를 하였다.²⁷ 다음으로 동작관찰을 하는 동안 실질적인 움직임 유발하는 근육에 직접적인 영향을 줄 수 있다는 것이다. Gangitano 등³⁰의 연구에서 손 동작의 움직임을 관찰할 때 동작이 이루어지게 하는 해당 근육들의 운동유발전위폭이 증가하였다고 보고하였으며, 이는 동작관찰만으로도 실제 움직임을 유발시키는 근육의 활성화를 유발시켜 기능 개선에 영향을 줄 수 있음을 시사한다. 이와 같이 동작관찰훈련은 뇌 운동 영역뿐만 아니라 움직임 조절하는 근육에 영향을 주어 뇌졸중 환자들의 기능적 향상에 기여한 것으로 생각된다.

청각적 피드백 훈련은 모든 인지 단계에 관련되어 영향을 줄 수 있고, 운동 학습을 촉진시킬 수 있다고 보고하였다.³¹ 규칙적인 청각적 자극은 그물척수로(reticulospinal tract)를 통해 신체 움직임을 동조화를 유발하며, 뇌에서는 운동패턴을 시간적으로 구조화시켜 기능적인 근육 움직임이 발생할 수 있도록 학습시켜 준다고 보고하였다.^{32,33} 이전 선행 연구들에서 뇌졸중과 파킨슨병과 같은 신경계 질환을 가진 환자들을 대상으로 규칙적인 청각 자극이 제공했을 때, 보행 기능에 향상이 나타났다고 보고하였다.^{34,35} 본 연구의 결과에서 AOTWA 그룹이 AOT 그룹에 비해 보행 기능의 향상이 더 많이 나타났다. 이는 시각적 관찰만 제공한 훈련보다는 시각적 관찰과 함께 청각적 피드백을 제공할 경우 뇌졸중 환자의 기능 향상에 도움이 될 수 있음을 시사한다. 본 연구에서도 발걸음에 맞춘 구두 소리를 제공함으로써 뇌의 운동 영역과 지각 영역을 영향을 주어 운동 체계에 활성화를 유도한 것으로 보인다. fMRI를 사용해 시각과 청각적 자극의 정보 처리과정과 시간적 특성을 알아본 선행연구에서도 시각과 청각적 자극을 개별적으로 제공했을 때보다 두 자극을 동시에 제공했을 때

대뇌 걸질에 먼저 도달하여 활성화된다고 보고하였으며,³⁶ 이러한 선행연구 결과는 동작관찰훈련과 함께 청각적 피드백 자극을 적용한 그룹이 시각적 동작관찰훈련만을 제공한 그룹보다 보행능력의 향상을 보인 본 연구의 결과를 뒷받침한다.

동작관찰훈련은 고가의 장비나 치료사의 도움 없이 뇌졸중 환자들의 기능 향상에 도움을 줄 수 있는 치료적 중재 방법이며, 본 연구의 결과에서 시각적 동작관찰훈련만 제공하는 것보다 동작관찰훈련과 청각적 피드백을 함께 제공하는 것이 뇌졸중 환자들의 보행 능력 향상에 더 도움을 줄 수 있는 치료적 방법임을 알 수 있었다. 하지만 본 연구에서는 몇 가지 제한점을 고려해야 한다. 첫 번째는, 대상자의 수가 적어 모든 뇌졸중 환자들에게 일반화시키기에 어려움이 있다는 것이다. 두 번째는, 4주간의 치료적 중재가 끝난 후 추가적인 평가(follow up)가 이루어지지 않아 동작관찰훈련과 함께 청각적 피드백을 제공한 훈련이 얼마나 지속적인 효과를 가지고 있는지 평가할 수 없었다는 것이다. 향후 연구에서는 이러한 제한점을 고려한 연구들이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Flansbjer UB, Downham D, Lexell J. Knee muscle strength, gait performance, and perceived participation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87(7):974-80.
2. Grysiwicz RA, Thomas K, Pandey DK. Epidemiology of ischemic and hemorrhagic stroke: incidence, prevalence, mortality, and risk factors. *Neurol Clin.* 2008;26(4):871-95.
3. Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Phys Ther.* 1997;77(5):517-33.
4. Kim MG, Kim JH, Park JW. The effect of turning training on figure of 8 tract on stroke patients' balance and walking. *J Korean Soc Phys Ther.* 2012;24(2):143-50.
5. Perry J, Garrett M, Gronley JK et al. Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke.* 1995;26(6):982-9.
6. Schmid A, Duncan PW, Studenski S et al. Improvements in speed-based gait classifications are meaningful. *Stroke.* 2007;38(7):2096-100.
7. Dickstein R. Rehabilitation of gait speed after stroke: a critical review of intervention approaches. *Neurorehabil Neural Repair.* 2008;22(6):649-60.
8. Dobkin BH, Plummer-D'Amato P, Elashoff R et al. International randomized clinical trial, stroke inpatient rehabilitation with reinforcement of walking speed (sirrows), improves outcomes. *Neurorehabil Neural Repair.* 2010;24(3):235-42.
9. Kesar TM, Reisman DS, Perumal R et al. Combined effects of fast treadmill walking and functional electrical stimulation on post-stroke gait. *Gait Posture.* 2011;33(2):309-13.
10. Mulroy SJ, Klassen T, Gronley JK et al. Gait parameters associated with responsiveness to treadmill training with body-weight support after stroke: an exploratory study. *Phys Ther.* 2010;90(2):209-23.
11. 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. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(10):1486-91.
12. Hesse S, Bertelt C, Jahnke MT et al. Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke.* 1995;26(6):976-81.
13. Dettmers C, Braun N, Busching I et al. [Neurofeedback-based motor imagery training for rehabilitation after stroke]. *Nervenarzt.* 2016; 87(10):1074-81.
14. Park HJ, Oh DW, Choi JD et al. Action observation training of community ambulation for improving walking ability of patients with post-stroke hemiparesis: a randomized controlled pilot trial. *Clin Rehabil.* 2017;31(8):1078-86.
15. Song YH, Lee HM. The effect of treadmill training applied simultaneously with action observation on walking ability in chronic stroke patients. *J Kor Phys Ther.* 2016;28(3):176-82.
16. Mulder T. Motor imagery and action observation: cognitive tools for rehabilitation. *J Neural Transm.* 2007;114(10):1265-78.
17. Iacoboni M, Woods RP, Brass M et al. Cortical mechanisms of human imitation. *Science.* 1999;286(5449):2526-8.
18. Kim JD, Cha YJ, Youn HJ. Effects of emphasized initial contact auditory feedback gait training on balance and gait in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2015;10(4):49-57.
19. van Loo MA, Moseley AM, Bosman JM et al. Test-re-test reliability of walking speed, step length and step width measurement after traumatic brain injury: a pilot study. *Brain Inj.* 2004;18(10):1041-8.
20. Mossberg KA. Reliability of a timed walk test in persons with acquired brain injury. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82(5):385-90.
21. 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.
22. An SH, Seo HD, Chung YJ. Reliability and validity the Korean version of the dynamic gait index in patients with stroke. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science.* 2011;50(2):289-306.
23. Kim YH, Lim JH. The reliability and validity of figure-of-8 walk test in patients with stroke. *J Kor Acad Clin Elec.* 2012;10(1):29-38.
24. Kim JH, Lee BH. Action observation training for functional activities after stroke: a pilot randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation.* 2013;33(4):565-74.
25. Kim JS, Kim K. Effect of motor imagery training with visual and kinesthetic imagery training on balance ability in post stroke hemiparesis. *J Korean Soc Phys Med.* 2010;5(4):517-25.
26. Pan SH. Principles of empathy training derived from the ways to fire the mirror neuron. *Theology and Praxis.* 2010;24(2):87-107.
27. Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci.* 2005;27:169-92.
28. Jackson PL, Lafleur MF, Malouin F et al. Functional cerebral reorganization following motor sequence learning through mental practice with motor imagery. *Neuroimage.* 2003;20(2):1171-80.
29. Jeannerod M. Neural simulation of action: a unifying mechanism for motor cognition. *Neuroimage.* 2001;14(1 Pt 2):S103-9.
30. Gangitano M, Mottaghy FM, Pascual-Leone A. Phase-specific modulation of cortical motor output during movement observation. *Neurore-*

- port. 2001;12(7):1489-92.
31. Thielman G, Kaminski T, Gentile AM. Rehabilitation of reaching after stroke: comparing 2 training protocols utilizing trunk restraint. *Neuro-rehabil Neural Repair*. 2008;22(6):697-705.
 32. Thaut MH, Kenyon GP, Hurt CP et al. Kinematic optimization of spatio-temporal patterns in paretic arm training with stroke patients. *Neuropsychologia*. 2002;40(7):1073-81.
 33. Whittall J, McCombe Waller S, Silver KH et al. Repetitive bilateral arm training with rhythmic auditory cueing improves motor function in chronic hemiparetic stroke. *Stroke*. 2000;31(10):2390-5.
 34. 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):2183-95.
 35. Rochester L, Hetherington V, Jones D et al. The effect of external rhythmic cues (auditory and visual) on walking during a functional task in homes of people with Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(5):999-1006.
 36. Fuhrmann Alpert G, Hein G, Tsai N et al. Temporal characteristics of audiovisual information processing. *J Neurosci*. 2008;28(20):5344-9.