뇌졸중 환자의 청지각 능력에 따른 리듬청각자극 되먹임 훈련이 보행변수에 미치는 효과

오승준, PT, PhD¹, 김도현, PT, PhD^{*2}

¹경운대학교 물리치료학과, ^{*2}안산대학교 물리치료학과

The Effects of Rhythmic Auditory Stimulation Training According to Auditory Perceptual Ability on Gait Variables in Patients with Stroke

Seung-Jun Oh, PT, PhD¹, Do-Hyun Kim, PT, PhD^{*2}

¹Dept. of Physical Therapy, Kyungwoon University, Republic of Korea

^{*2}Dept. of Physical Therapy, Ansan University, Republic of Korea

Purpose The purpose of this study was to investigate of rhythmic auditory stimulation feedback training according to auditory perceptual ability on gait variables in patients with stroke. **Methods** The subjects were 10 stroke patients with less than 2 seconds in TFM test and 10 stroke patients with more than 2 seconds in TFM test. A Zebris FDM-T Treadmill system was used to measure the gait velocity, cadence, step length, stride length, and COP. For the intervention, 4 weeks of rhythmic auditory stimulation feedback training was performed, and variables related to gait and balance were measured. **Results** There was no significant difference in gait-related variables between the experimental group and the control group ($p>0.05$), and a statistically significant difference was observed in center of pressure distance ($p<0.05$). **Conclusion** Our findings indicate that stroke patients with good auditory perceptual ability have improved balance ability as a result of rhythmic auditory stimulation feedback training compared to stroke patients with poor auditory perceptual ability.

Key words Ankle, Auditory perceptual ability, Balance, Gait ability, Stroke

Corresponding author Do-Hyun Kim (ilomlb77@gmail.com)

Received date 23 Sep 2021

Revised date 05 Oct 2021

Accept date 13 Oct 2021

1. 서론

뇌졸중은 뇌 조직에 혈액을 공급하는 혈관이 막히거나 터짐으로 인해 뇌 세포가 손상되는 의학적인 상태로 정의된다.¹⁾ 뇌졸중의 증상을 살펴보면 손상 받은 뇌의 반대쪽 얼굴, 몸통, 팔, 다리에 근육약화, 운동장애, 감각장애가 발생할 수 있으며, 그 외에도 언어장애, 발음장애, 시력장애와 같은 증상이 나타난다.²⁾ 뇌졸중 환자들은 근육약화와 과도하거나 낮아진 근 긴장도 그리고 감각장애로 인하여 균형능력의 저하와 보행장애가 나타나게 된다.²⁾

뇌졸중 환자들은 보행을 하는 동안 무릎 펴고 굽힘근의 약화와 경직으로 인하여 한 다리 지지기에서 무릎이 과도하게 젖혀지게 되고, 손상 측 다리의 디딤기에서 체중을 충분히 지지하지 못함으로 인하여 비대칭적인 보행이 나타나게 된다.³⁾ Dunskey 등(2010)은 17명의 뇌졸중 환자를 대상으로 보행의

비대칭성을 평가한 결과 보행 비대칭율은 약66.73%로 손상측과 비손상측의 차이가 있다고 하였다.⁴⁾ 뿐만 아니라 보행속도 측면에서, 뇌졸중 환자들이 트레드밀 위를 걸을 때 약 0.44m/s, 지면위를 걸을 때 약 0.88m/s로 건강한 성인의 보행속도와 차이가 보여 일상생활에서 보호자의 돌봄이 필요하다.⁵⁾ 따라서 보행능력의 향상은 뇌졸중 환자의 재활에서 중요한 기능적 목표이다.⁶⁾

뇌졸중 환자의 보행능력을 향상시키기 위한 중재방법으로 체중지지 트레드밀 보행훈련, 시각적 되먹임을 이용한 보행훈련, 중량조끼를 이용한 부하보행훈련에 대한 연구가 이루어지고 있다.^{7,8,9)} 선행연구들을 살펴보면 중재의 효과로 보행속도와 보행패턴의 변화가 있었지만 의식적인 방법의 보행훈련이 대부분이어서 율동적이고 자동적인 보행에는 제한이 있다. 반면에 리듬청각자극(rhythmic auditory stimulation, RAS)을 이용한 보행훈련은 일정한 리듬의 소리자극을 제공하여 뇌의 운동영역과 지각영역을 활성화시키며, 특별한 장비를 요구하

<http://dx.doi.org/10.17817/2021.10.05.1111680>

지 않고, 보행의 리듬적인 면을 강화할 수 있다는 장점이 있는 훈련 방법이다.

리듬청각자극 훈련은 규칙적인 청각정보가 반복적으로 제공됨에 따라 그물척수로(reticulospinal tract)을 통해서 하위 운동신경원으로 전달하는 경로가 만들어지고, 이는 부드럽고 조절된 움직임 생성을 보조하고, 효율적인 보행운동패턴을 유도하는 것으로 알려져 있다.¹⁰⁾ 훈련 효과에 대한 선행 연구들을 살펴보면, 뇌졸중 환자에게 트레드밀 보행훈련을 하면서 리듬청각자극을 제공하였을 때 골반과 몸통의 회전이 증가했으며, 팔과 다리의 협응력이 향상되었다고 보고하였다.¹⁰⁾ 이와 유사하게 Roerdink 등(2007)은 트레드밀 보행훈련 동안 다양한 빠르기의 리듬청각자극을 제공한 결과, 리듬청각자극의 속도가 빠를수록 활보장길이와 보장시간이 증가되고 보행의 대칭성이 향상된다고 보고하였다.¹¹⁾ Pelton 등(2010)은 만성 뇌졸중 환자들을 대상으로 트레드밀 보행훈련을 하는 동안 메트로놈을 사용하여 초기접지기(initial contact)를 조절했지만 보행안정성에 의미있는 변화를 관찰하지 못하여 리듬청각자극 훈련이 보행능력을 조절하고 보행안정성을 제공한다는 결과에는 논란이 있었다.⁵⁾ 또한 뇌졸중 환자들은 다양한 청지각 능력을 보이지만 청지각 능력에 따른 리듬청각자극 훈련의 효과에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자의 청지각 능력에 따른 리듬청각자극 되먹임 훈련이 보행변수에 미치는 효과를 확인하여, 뇌졸중 환자의 보행능력 향상을 위한 재활프로그램의 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상은 서울 소재의 C 재활병원에 입원중인 성인 환자 중 뇌졸중으로 진단받은 20명의 뇌졸중 환자를 대상으로

하였다. 연구 대상자의 선정조건은 첫 번째 뇌졸중 진단 후 6개월 이상 24개월 미만인 자, 두 번째 연구자의 지시사항을 이해하고 수행 가능한 자, 세 번째 보조기구 없이 독립적으로 보행이 가능한 자, 그리고 척추와 하지 등에 정형외과적 질환이 없는 자를 대상으로 선정하였다. 해당 조건에 부합하여 연구에 참여하게 된 모든 대상자들은 연구 진행에 관한 모든 절차에 대해서 전달받았으며, 연구 진행 중 연구에서 이탈하더라도 어떠한 불이익이 없음을 인지하고 연구참여에 동의하였다. 표본크기 산출은 G power 3.1.3(University of Dusseldorf, Dusseldorf, Germany)을 이용하였으며, 유의수준은 5%, 80% 파워, 효과크기 0.85조건에서 최소 표본크기는 군별 10명으로 확인되었다. 대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

2. 평가도구 및 측정방법

청지각 능력을 측정하기 위해 타이밍-기능적 움직임 검사(timing-functional movement, TFM) 검사를 실시하였다. 타이밍-기능적 움직임 검사를 위하여 대상자는 등받이가 있는 의자에 앉았으며, 신호음이 주어지면 버튼을 빠르게 누르도록 지시하였다. 신호음이 주어지고 버튼이 눌러질 때까지 시간을 기록하였고 3회 반복 측정하여 평균값을 데이터 분석에 이용하였다. 뇌졸중 환자의 보행능력을 측정하기 위하여 Zebris FDM-T Treadmill system(Zebris Medical GmbH, Germany)을 이용하였다. Zebris FDM-T Treadmill system은 300×60 매트를 사용하여 보행 능력을 분석할 수 있는 시스템으로 10,240개의 압력 센서 기기에 장착되어 있으며 측정자의 뇌졸중 환자의 보행 특성을 고려하여 측정 속도는 비교적 안전한 속도인 최소 0.05 m/s 속도에서 시작이 가능하고 점차적으로 0.025 m/s씩 가속이 가능하다. 검사-재검사 신뢰도0.86로 높은 신뢰도를 보인다. 본 연구에서는 측정을 위하여 대상자가 편안한 평소의 걸음을 걸을 수 있도록 요청하였다. 총 5분 동안 보행을 평가하였으며 처음과 마지막 1분을 각각 제외하고 3분의 결과를 분석하였다.

Table 1. Clinical characteristics of the patients in both groups (N=16)

	Control group (n=10)	Experimental group (n=10)
Age (years)	59.50±2.40	56.40±9.48
Sex (Males:Females)	4:6	7:3
Diagnosis (Infarction:Hemorrhage)	4:6	2:8
Affected side (Left:Right)	5:5	4:6
Duration (month)	11.50±1.77	11.90±1.25
Height (cm)	161.70±1.67	164.40±2.69
Weight (kg)	59.05±2.23	61.19±3.10
Timing-functional movement test (s)	2.27±0.79	1.69±0.89

3. 중재방법

타이밍-기능적 움직임 검사 결과 2초 미만인 10명을 연구군, 2초 이상인 10명을 대조군으로 배정하였다. 리듬청각자극 되먹임 훈련은, 실험 전 측정된 실험 참여자의 분속수에 맞춰 YAMAHA PSR-E213 키보드에 내장된 Metronome을 통해 리듬을 제공하였다. 중재는 총 4주간 진행하였으며, 중재 시간은 모든 환자가 동일하게 준비시간 3분, 마무리 시간 2분, 본 운동 25분 총 30분을 1일 1회 적용하였다. 치료실내 7m의 직선 구간과 3m의 회전 구간이 각각 2 구간씩 포함된 보행공간에서 반복적인 보행 훈련을 실시하였다(Figure 1).

4. 통계방법

통계적 분석은 SPSS for window version 22.0을 이용하였고, 대조군과 연구군의 보행능력 변화를 비교하기 위해 독립 표본 t검정(Independent T-test)을 실시하였다. 통계학적 유의 수준 α 는 .05로 하였다.

III. 결 과

뇌졸중환자의 보행속도(velocity)의 변화량과 분속수(cadence)의 변화량을 비교한 결과 두 그룹 모두 유의한 변화를 확인하지 못하였다. 또한 보폭(step length) 및 활보장 거리(stride length) 역시 유의한 결과를 확인하지 못하였다. 하지만 보행을 하는 동안 무게중심의 변화를 확인하여 보행의 안정성을

Figure 1. Rhythmic auditory stimulation feedback gait training

확인할 수 있는 무게중심(COP)의 변화량은 대조군과 비교하여 연구군에서 유의하게 감소하였음을 확인할 수 있었다.

IV. 고 찰

본 연구는 뇌졸중 환자의 청지각 능력에 따른 리듬청각자극 되먹임 훈련의 효과를 알아보기 위하여 진행되었다. 연구 결과 청지각 능력이 우수한 뇌졸중 환자 군은 청지각 능력이 낮은 뇌졸중 환자의 군과 비교하였을 때 보행속도, 분속수, 보폭, 활보장 거리에는 유의한 차이가 없었지만 무게중심 이동

Table 2. Comparison of the gait ability

		Control group (n=8)	Experimental group (n=10)	t	p
Velocity (cm/s)	Pre	38.94±9.69	36.14±8.89	.673	.518
	Post	38.91±9.06	35.86±8.68		
	Change	-0.03±1.06	-0.28±0.54		
	p	.931	.133		
Cadence (step/min)	Pre	70.87±11.08	71.93±8.22	.668	.521
	Post	71.00±10.58	71.78±8.01		
	Change	0.13±0.92	-0.15±1.91		
	p	.688	.615		
Step length (cm)	Pre	25.50±11.74	25.96±10.32	1.063	.315
	Post	25.74±10.76	25.61±9.51		
	Change	0.23±1.14	-0.34±1.91		
	p	.532	.581		
Stride length (cm)	Pre	54.32±16.76	54.92±16.19	.260	.801
	Post	54.15±16.89	54.46±14.17		
	Change	-0.17±2.02	-0.46±2.21		
	p	.793	.527		
COP (mm)	Pre	150.90±20.03	160.80±19.04	2.281	.049*
	Post	150.40±17.16	156.20±16.78		
	Change	-0.50±4.11	-4.60±4.572		
	p	.710	.011*		

거리는 유의한 차이가 있음을 관찰하였다.

Mainka 등(2018)은 45명의 뇌졸중 환자를 세 군으로 나누어 첫번째 군은 리듬청각자극 훈련을 제공하며 트레드밀 훈련을, 두 번째 군은 트레드밀 보행 훈련을, 다른 군은 중추신경계 발달치료를 주5회 4주 동안 훈련하고 훈련 전과 훈련 후를 비교한 결과 보행속도는 리듬청각자극 군과 트레드밀 보행 훈련 군은 보행속도가 유의한 차이를 보였지만 중추신경계 발달치료 군은 보행속도의 유의한 차이가 없다고 하였다.¹²⁾ Gonzalez-Hoelling 등(2021)은 55명의 뇌졸중 환자를 대상으로 고전적인 물리치료와 음악을 기반으로 한 리듬청각자극 훈련을 비교한 결과 보행속도는 유의한 차이를 관찰하지 못했지만, 기능적보행 범주(functional ambulatory category, FAC)는 음악을 기반으로 한 리듬청각자극 훈련 군이 고전적 물리치료 군과 비교하여 유의하게 향상되었다고 보고하였다.¹³⁾ 선행연구들에서는 청지각 능력에 따른 보행속도에 관한 연구가 없어서 본 연구의 결과와 직접적으로 비교할 수는 없지만, 리듬청각자극 되먹임 훈련과 관련된 선행연구들과 비교하였을 때, 본 연구에서도 선행연구들과 유사하게 청지각능력이 낮은 군과 청지각 능력이 우수한 군 사이에 보행속도는 유의한 차이가 없었다. 뇌졸중 환자는 트레드밀 위에서 보행을 할 때 지면에서 보행할 때 보다 보폭과 발보장 거리가 짧아지는 경향이 있었는데 이와 같은 이유 때문에 보행속도의 차이가 크지 않았을 것으로 생각된다.¹¹⁾

리듬청각자극 되먹임 훈련이 균형능력에 미치는 영향과 관련된 선행연구들을 살펴본 결과 리듬청각자극 훈련과 고전적인 물리치료를 함께하였을 때 유의한 차이가 없었다는 결과들이 있었다.^{14,15)} 중추신경계 손상환자에서 리듬청각자극 되먹임 훈련이 균형능력에 효과적이라는 선행연구는 미미했지만, 흥미롭게도 본 연구의 결과에서는 연구군의 COP값이 훈련 전 $160.80 \pm 19.04\text{mm}$ 에서 훈련 후 $156.20 \pm 16.78\text{mm}$ 로 유의한 차이가 있었을 뿐만 아니라, 대조군과도 유의한 차이가 있어서 청지각 능력이 우수하면 리듬청각자극 되먹임 훈련의 효과가 높음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과의 이유는 첫째, 청지각능력이 우수하면 보행훈련을 하는 동안 오차를 인식하고 오차를 줄이기 위해서 노력한 결과 마비측의 디딤기(stance phase)가 길어지고 이에 따라 균형능력이 향상되었을 것으로 생각된다.¹⁶⁾ 둘째, 본 연구에서 제공한 일정한 속도의 리듬감있는 청각자극에 대한 정보가 중추유형발생기(central pattern generator)를 효과적으로 자극함에 따라 균형과 관련된 변수가 향상되었을 것으로 사료된다. 또한, 본 연구의 결과는 뇌졸중환자를 대상으로 리듬감 있는 시각적 되먹임 훈련을 하였을 때 균형능력이 향상되었다고 보고한 Cheng(2004)의 연구결과를 지지한다.¹⁷⁾

위에서 언급한 결과를 종합해보았을 때 리듬청각자극 되먹

임 훈련은 청지각 능력이 낮은 뇌졸중 환자와 비교해서 청지각 능력이 높은 뇌졸중 환자에서 훈련의 효과가 높음을 알 수 있었다. 또한 오차를 줄이기 위한 노력과 같은 의식적인 훈련의 효과로 균형능력이 향상될 뿐만 아니라, 반복적인 리듬청각자극을 제공함에 따라 무의식적 훈련의 효과에 의해 균형능력을 향상시킬 수 있는 효과적인 치료방법이 될 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구의 제한점은 첫째, 대상자의 수가 적기 때문에 추후 연구에서는 더 많은 수의 대상자가 참여한 연구가 진행되어야 할 것이다. 하지만 본 연구에서는 파워검정을 바탕으로 표본크기를 산출하여 제한점을 보완하려고 노력하였다. 둘째, 본 연구는 보행이 가능한 뇌졸중 환자를 대상으로 하였기 때문에 모든 뇌졸중 환자를 대상으로 연구의 결과를 일반화하는 것은 어려움이 있을 것이다. 셋째, 본 연구에서는 보행관련 변수들에 한하여 측정하였기 때문에 리듬청각자극 되먹임 훈련이 근력, 관절가동범위, 경직에 미치는 영향을 알 수 없었다. 추후 연구에서는 보행과 관련된 변수들과 함께 근력, 관절가동범위, 경직과 관련된 요소들이 측정되어야 할 것이다.

References

1. Coupland AP, Thapar A, Qureshi MI, et al. The Definition of stroke. *Journal of the Royal Society of Medicine*. 2017;110(1):9-12.
2. Johnson W, Onuma O, Owolabi M, et al. Stroke: A global response is needed. *Bull World Health Organ*. 2016;94(9):634.
3. Balaban B, Tok F. Gait disturbances in patients with stroke. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2014;6(7):635-42.
4. Dunskey A, Dickstein R, Marcovitz E, et al. Home-based motor imagery training for gait rehabilitation of people with chronic poststroke hemiparesis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(8):1580-8.
5. Pelton TA, Johannsen L, Huiya C, et al. Hemiparetic stepping to the beat: Asymmetric response to metronome phase shift during treadmill gait. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2010;24(5):428-34.
6. Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008;89(2):304-10.
7. Duncan PW, Sullivan KJ, Behrman AL, et al. Body-weight-supported treadmill rehabilitation after stroke. *The New England Journal of Medicine*. 2011;364(21):2026-36.

8. Tamburella F, Moreno JC, Herrera Valenzuela DS, et al. Influences of the biofeedback content on robotic post-stroke gait rehabilitation: Electromyographic vs joint torque biofeedback. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2019;16(1):2-17.
9. Widener GL, Conley N, Whiteford S, et al. Changes in standing stability with balance-based torso-weighting with cerebellar ataxia: A pilot study. *Physiotherapy Research International*. 2020;25(1):1814.
10. Roerdink M, Lamoth CJ, van Kordelaar J, et al. Rhythm perturbations in acoustically paced treadmill walking after stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2009; 23(7):668-78.
11. Roerdink M, Lamoth CJ, Kwakkel G, et al. Gait coordination after stroke: Benefits of acoustically paced treadmill walking. *Journal of the American Physical Therapy Association*. 2007;87(8):1009-22.
12. Mainka S, Wissel J, Völler H, et al. The use of rhythmic auditory stimulation to optimize treadmill training for stroke patients: A randomized controlled trial. *Frontiers in Neurology*. 2018;9:755.
13. Gonzalez-Hoelling S, Bertran-Noguer C, Reig-Garcia G, et al. Effects of a music-based rhythmic auditory stimulation on gait and balance in subacute stroke. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(4).
14. Magee WL, Clark I, Tamplin J, et al. Music interventions for acquired brain injury. *Cochrane Database Systematic Reviews*. 2017;1(1):Cd006787.
15. Pohl P, Wressle E, Lundin F, et al. Group-based music intervention in parkinson's disease: Findings from a mixed-methods study. *Clinical Rehabilitation*. 2020;34(4):533-44.
16. Elsner B, Schöler A, Kon T, et al. Walking with rhythmic auditory stimulation in chronic patients after stroke: A pilot randomized controlled trial. *Physiotherapy Research International*. 2020;25(1):e1800.
17. Cheng PT, Wang CM, Chung CY, et al. Effects of visual feedback rhythmic weight-shift training on hemiplegic stroke patients. *Clinical Rehabilitation*. 2004;18(7): 747-53.