

청각자극(Rhythmic Auditory Stimulation)을 이용한 훈련이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 효과

The effect of training using rhythmic auditory stimulation on gait of stroke patients

박기연, 이인성, 오재진, 이일석, 최산호, 이상관, 성강경*

원광대학교 한의과대학 광주한방병원 심계내과학교실

Kee-eon Park, Insung Lee, Jaegun Oh, Ilsuk Lee, Sanho Choi, Sangkwan Lee, Kang-keyng Sung*

Department of internal medicine and neuroscience, College of Korean medicine, Wonkwang University

■ **Objectives** The goal of this pilot study is to observe the change of stroke gait by auditory cue training.

■ **Methods** An intracranial hemorrhage patient was trained for 4 weeks. For the 1st consecutive 6days(the 1st week), the patient was trained to walk with auditory cue, what was called auditory cue gait training condition. For the 2nd consecutive 6days(the 2nd week), the patient was trained to walk naturally without auditory cue, what was called free gait training condition. For the 3rd consecutive 6days(the 3rd week), the patient was trained to walk under auditory cue gait training condition. For the 4th consecutive 6days(the 4th week), the patient was trained to walk under free gait training condition. We analyzed the gait using a treadmill gait analysis system 3 hours after the 6th gait training.

■ **Results** Auditory cue gait training showed effects on gait parameters, which were increasing walking velocity, step length, stride length, decreasing cadence, step time and stride time.

■ **Conclusion** Auditory cue gait training improved gait parameters of a stroke patient.

■ **Key words** Rhythmic auditory stimulation, Stroke, Gait analysis

□ 서론

뇌졸중은 뇌혈관 순환장애¹⁾로 인하여 신체적 기능 상실 및 영구적인 신경학적 장애를 야기하는 질환이다²⁾. 그로 인해 발생하는 증상은 편마비, 언어장애, 발음장애 등이며, 특히 편마비로 인하여 보행장애가 발생한다. 그 특징은 비마비측을 이용하여

보행의 불편함을 보상하고 비대칭적인 좌우측 보행을 하며, 정상인에 비해 보폭이 짧고 보행 속도가 느리며, 마비측의 체중지지 시간이 짧아지는 것으로 나타난다³⁻⁵⁾.

뇌졸중 환자를 성공적으로 사회 복귀시키기 위해서는 보행장애를 개선시키는 것이 중요한데, 편마비 보행의 치료법에는 기존의 재활치료와 더불어 최근에는 청각자극(Rhythmic Auditory Stimulation)치료⁶⁾가 제안되고 있다. 청각자극치료는 본래 신경학

* 교신저자: 성강경
전화: 062 670 6412, E-mail: sungkk@wonkwang.ac.kr



Fig. 1. Brain CT image of a patient with cerebral hemorrhage.

Table 1. Personal and Medical Information of a Patient with Cerebral Hemorrhage.

	변OO
성별 / 나이	Male / 51
진단	뇌내출혈(Cerebral hemorrhage)
발병부위 / 증상	우측 대뇌 기저핵(Right basal ganglia) / 좌측 편마비
발병일	2013년 2월 22일
보행에 영향을 주는 수술 과거력	(-)
도수근력검사 (마비측 상지/하지)	4+/4+
고혈압	(+)

적 음악치료의 한 기법으로 운동기능을 통제하는 운동중추에 일정한 청각적인 리듬자극을 주어 운동 통제 기능의 증진과 반응의 촉진을 도모하는 신경학적 치료기술이다⁷⁾. 이때 청각자극은 규칙적이고 예측 가능하므로, 보행장애가 있는 환자는 그 청각자극을 대뇌피질, 기저핵, 소뇌, 뇌간, 척수에서 순서대로 정보 처리한 후 그 리듬에 맞춰 동조(Rhythmic entrainment)하게 되어 보행을 개선하게 된다⁶⁾. 이러한 원리를 이용하여, 최근에는 청각자극 치료법이 뇌졸중⁸⁾, 파킨슨 증후군⁹⁾, 뇌성마비¹⁰⁾ 환자에게 적용되고 있다. 그러므로 본 연구는 예비실험으로서 1명의 뇌졸중 환자에게 규칙적인 청각자극을 부여한 후, 보행변화를 반복 측정하여 그 효과를 파악하고자 하였다.

□ 재료 및 방법

1. 연구대상

뇌출혈 Brain CT 상 뇌출혈로 진단(Fig. 1) 받고, 원광대학교 광주 한방병원에 입원한 상태에서 편마비 증상과 보행장애를 보이는 환자 1명(Table 1)을 대상으로 하였다.

2. 청각자극 보행훈련 방법

실험기간은 2013년 9월 9일부터 2013년 10월 5일까지 4주간이었다. 환자의 보행상태를 측정하기 위해 실험 시작 전에 첫 번째 보행분석을 하였다. 청각자극 빈도(bpm)를 결정하기 위해 트레드밀 위에서 보행 훈련 전에 먼저 보행속도를 측정하였다. 트레드밀의 속도가 0.1km/h일 때, 1분간 보행수(cadence)는 93이었으며, 종종걸음이 관찰되었다. 따라서 정상보행 속도(60-80 steps/min)에 근접한 보행을 유도하기 위해서는 보행수 93의 20% 감소시키는 것이 필요하므로, 74bpm의 빈도로 청각자극을 주면서 보행 훈련을 하였다. 청각자극은 아이폰(애플사) 어플리케이션인 pro metronome을 이용하여 74bpm의 청각자극을 만든 후 이어폰을 통해서 환자에게 들려주었다.

1주차에는 청각자극 보행훈련(auditory cue gait training) 조건으로 74bpm 청각자극을 cue로 하여 초기닿기(initial contact)하는 훈련을 트레드밀 위에서 6일 동안 매일 시행하였다. 보행 훈련 마지막 날에는 보행 훈련을 끝내고 3시간 후에 보행 분석을 시행하였다(A). 2주차(6일간)에는 자유 보행훈련(free gait training) 조건으로 리듬청각자극 없이 트레드밀 위에서 보행 훈련을 6일 동안 매일 시행하였다. 보행 훈련 마지막 날에는 보행 훈련 후 3시간 후에 보행 분석하였다(B). 3주차(6일간)에는 청각자극 보행훈련 조건으로 보행훈련과 분석은 1주차와 동일하였다(A). 4주차(6일간)에는 자유 보행훈련 조건으로 보행훈련과 분석은 3주차와 동일하였다(B). 매주의 7일째는 환자의 피로 누적을 예방하기 위해 보행훈련 없이 휴식을 취하였다.

1주차 때는 전반 3일 동안은 0.1km/h로 보행 훈련하였고, 후반 3일동안과 2주, 3주차에는 0.3km/h



Fig. 2. Treadmill gait analysis system and unloading walker.

로 보행 연습을 하였으며, 4주차에는 0.6km/h의 속도로 보행연습을 하였다. 5-10분 보행훈련과 5분 휴식을 하나의 주기로 하여 최대 30분까지 반복하였다. 3주차 때부터 좌측 무릎과 우측 고관절에 통증이 발생하여, 훈련주기는 동일하지만, 총 훈련시간은 상태에 따라 감소시켰다. 또한, 통증이 심하면 바로 휴식을 취하게 하였다.

3. 보행분석 방법

4주 보행훈련 동안 매주 6일째에 보행훈련을 끝내고 보행분석을 1회씩 시행하였다. 보행분석은 treadmill gait analysis system(Zebris Co.Ltd FDM-T)을 이용하여 시간과 공간에 관련된 보행변수들(Table 2)을 측정하였다. 환자가 트레드밀 위에서 1분간 걷는 동안 0.05초마다 보행관련 데이터를 획득하였으며, 낙상에 대비하여 환자에게 안전벨트를 착용시켰으나 보행에 방해되지 않게 탈부하시키지는 않았다(Fig. 2). 보행 훈련 시에는 양손으로 가장자리의 안전대를 잡았고, 보행 분석 시에는 안전대를 잡지 않았다.

□ 결과

1. 시간관련 보행변수(Temporal gait parameter)의 변화

청각자극이 시간관련 보행변수에 미치는 효과를 확인하기 위해, 1분간 보행 수, 보행속도, 보행주기의 입각기와 유각기, 양하지 지지기, 한 발짝 시간과 한 걸음 시간 등을 측정하였다.

보행훈련 전, 1주차(청각자극 보행훈련), 2주차(자유 보행훈련), 3주차(청각자극 보행훈련), 4주

Table 2. Measured Gait Parameters and Their Definitions.

시간관련 보행변수(Temporal gait parameters)	
1분간 보행수(Cadence, step/min)	Step frequency for 1 minute
보행속도(Velocity, km/h)	Average gait speed
입각기(Stance phase, %)	The phase of a gait cycle in which a foot has contact with the ground
유각기(Swing phase, %)	The phase of a gait cycle during which a foot has no contact with the ground
양하지 지지기(Double support, %)	The phase of contact time of the both feet on the ground
한 발짝 시간(Step time, sec)	The time taking from the heel contact of one side of the body to the heel contact of the contralateral side
한 걸음 시간(Stride time, sec)	Time span of a stride
공간관련 보행변수(Spatial gait parameters)	
한 발짝 길이(Step length, cm)	The distance between the heel contact of one side of the body and the heel contact of the contralateral side
한 걸음 길이(Stride length, cm)	The distance between two heel contacts on the same side of the body

차(자유 보행훈련) 때, 1분간 보행 수(step/min)는 각각 93.45 ± 5.75 , 71.78 ± 5.90 , 80.47 ± 10.25 , 84.87 ± 11.61 , 77.65 ± 5.32 , 보행 속도(km/h)는 각각 0.30 ± 0.06 , 0.38 ± 0.04 , 0.37 ± 0.06 , 0.38 ± 0.05 , 0.38 ± 0.04 , 마비된 하지 입각기(%)는 각각 81.81 ± 4.51 , 82.24 ± 2.41 , 81.26 ± 3.87 , 86.31 ± 3.60 , 81.37 ± 2.74 , 비마비된 하지 입각기(%)는 각각 90.54 ± 2.44 , 90.73 ± 1.58 , 87.13 ± 2.62 , 86.88 ± 9.86 , 87.56 ± 2.69 , 마비된 하지 유각기(%)는 각각 18.19 ± 4.51 , 17.76 ± 2.41 , 18.74 ± 3.87 , 13.69 ± 3.60 , 18.63 ± 2.74 , 비마비된 하지 유각기(%)는 각각 9.46 ± 2.44 , 9.27 ± 1.58 , 12.87 ± 2.62 , 13.12 ± 9.86 , 12.44 ± 2.69 , 양하지 지지기(%)는 각각 72.34 ± 5.56 , 72.88 ± 3.27 , 68.37 ± 5.06 , 73.11 ± 9.04 , 68.99 ± 4.23 , 마비된 한 발짝 시간

(sec)은 각각 0.83 ± 0.06 , 0.98 ± 0.08 , 0.85 ± 0.08 , 0.81 ± 0.09 , 0.89 ± 0.07 , 비마비된 한 발짝 시간(sec)은 각각 0.46 ± 0.04 , 0.70 ± 0.10 , 0.67 ± 0.14 , 0.64 ± 0.30 , 0.67 ± 0.07 , 한 걸음 시간(sec)은 각각 1.29 ± 0.08 , 1.68 ± 0.15 , 1.52 ± 0.20 , 1.45 ± 0.29 , 1.55 ± 0.10 이었다(Fig. 3-6).

2. 공간관련 보행변수(Spatial gait parameter)의 변수

청각자극이 공간관련 보행변수에 미치는 효과를 확인하기 위해, 한 발짝 길이(step length)와 한 걸음 길이(stride length)를 측정하였다.

보행훈련 전, 1주차(청각자극 보행훈련), 2주차(자유 보행훈련), 3주차(청각자극 보행훈련), 4주차(자유 보행훈련) 때, 마비된 한 발짝 길이(cm)는 각각

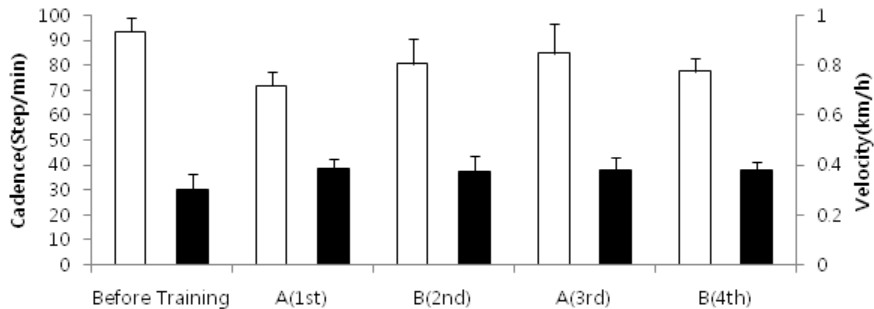


Fig. 3. The change of cadence(step/min) and velocity(km/h). White bar representing cadence is applied to left scale. Black bar representing velocity and is applied to right scale. A, auditory cue gait training condition; B, free gait training condition.

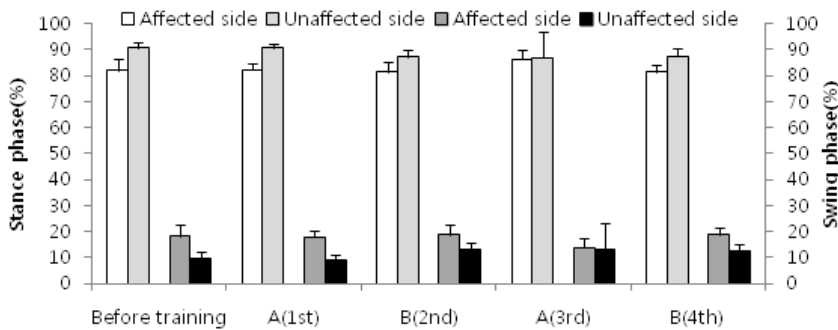


Fig. 4. The change of stance(%) and swing phase(%). The 1st and 2nd bars from left axis represent stance and are applied to left axis. The 3rd and 4th bars from left axis represent swing and are applied to right axis. A, auditory cue gait training condition; B, free gait training condition.

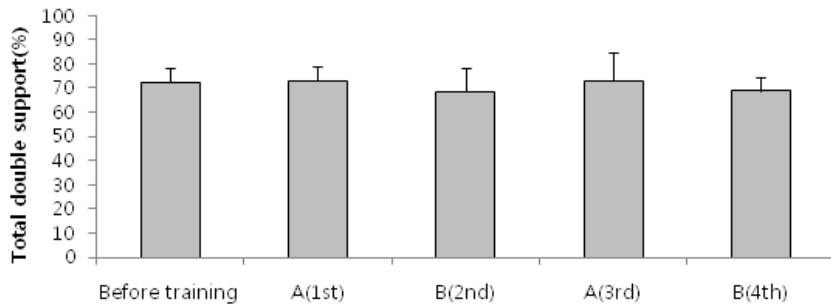


Fig. 5. The change of total double support(%). A, auditory cue gait training condition; B, free gait training condition.

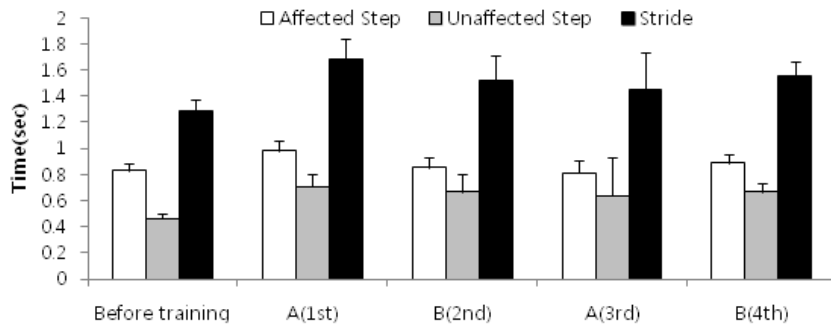


Fig. 6. The change of step time(sec) and stride time(sec). A, auditory cue gait training condition; B, free gait training condition.

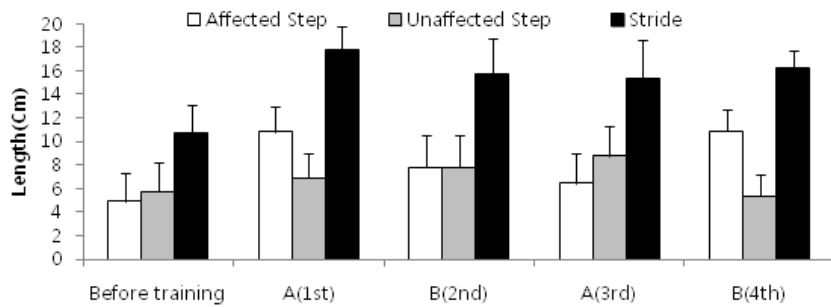


Fig. 7. The change of step length(cm) and stride length(cm). A, auditory cue gait training condition; B, free gait training condition.

4.90±2.39, 10.85±2.10, 7.82±2.66, 6.48±2.45, 10.87±1.81, 비마비된 한 발짝 길이(cm)는 각각 5.78±1.24, 6.92±1.63, 7.82±1.55, 8.78±3.73, 5.39±1.48, 한 걸음 길이(cm)는 각각 10.74±2.38, 17.83±1.96, 15.70±2.98, 15.30±3.31, 16.22±1.49이었다(Fig. 7).

□ 고찰 및 결론

뇌졸중 환자에게 청각자극 효과를 파악하기 위해서 청각자극 유무 변화와 함께 트레드밀 보행 훈련을 4주간 시행하면서 매주마다 보행의 변화를 treadmill gait analysis system을 사용하여 측정하였다. 첫 번째 결과는 보행훈련 전보다 청각자극 보

행훈련조건에서 보행속도, 한 발짝 길이, 한 걸음 길이는 증가하고, 1분간 보행 수, 한 발짝 시간, 한 걸음 시간은 감소하여 정상보행에 가까워지는 변화를 보였다(Table 3).

Roerdink 등¹¹⁾은 리듬 청각 자극을 이용한 트레드밀 보행훈련에서 청각자극의 빈도수가 증가함에 따라 1분간 보행수가 증가한다고 보고하였는데, 본 연구결과에서 환자의 종종걸음을 교정하기 위하여 청각자극의 빈도수를 환자 1분간 보행 수보다 감소시켜 1분간 보행수가 감소한 것이므로 Roerdink의 연구 결과와 유사하다. 또한, Ada 등¹²⁾에 따르면, 뇌졸중 환자에서 트레드밀 보행 후 한 걸음 길이의 증가는 보행 속도의 증가와 관련이 있고, Thaut 등⁸⁾에 따르면, 뇌졸중에 의한 편마비 환자에게 3주 동안의 청각자극 보행훈련은 단순 물리치료만 받은 환자에 비해 보행속도와 한 발짝 길이가 좋아진다는 결과와 일치된다.

다만, 이주영 등¹³⁾은 청각자극에 의해 마비측의 입각기와 단하지 지지기는 증가되고, 양하지 지지

기는 감소되어 균형적인 보행에 가까워진다고 하였는데, 본 연구에는 그러한 결과를 보이지 않았다. 또한, 김태연 등¹⁴⁾은 청각 자극 후 보행 시간의 감소를 보고하였는데, 본 연구 결과와 상충된 결과처럼 보인다. 그러나, 본 연구에서는 환자가 청각자극 보행 훈련 전에 빠른 종종걸음을 보였기 때문에 보행 수를 줄이는 목적으로 청각자극을 만들었으므로, 두 연구 목표가 완전히 반대 방향이다. 그러므로 결과 역시 반대방향으로 보이는 것이 당연하다.

두번째 결과는 3주째에 환자가 좌측 무릎 통증과 우측 고관절 통증이 발생하여 보행하기 어려웠는데, 청각자극이 있었음에도 불구하고 그 이전 자유 보행 훈련조건(2주째)보다 1분간 보행 수는 증가하고, 한 발짝 시간, 한 걸음 시간, 한 발짝 시간, 마비측 한 발짝 길이, 한 걸음 길이는 감소하여 보행에 부정적인 변화를 보였다(Table 4). 더욱이 통증이 사라진 4주째는 청각자극이 없음에도 불구하고, 3주째 보다 한 발짝 시간, 한 걸음 시간, 마비측 한 발짝 길이는 증가하고 1분간 보행 수는 감소하는 긍정적인 보행

Table 3. Change of Gait after Auditory Cue Training for 6 Days.

	보행훈련 전	1 st week 청각자극 보행훈련	2 nd week 자유 보행훈련
시간관련 보행변수(Temporal gait parameters)			
1분간 보행수(Cadence, step/min)	-	(+)	(-)
보행속도(Velocity, km/h)	-	(+)	(-)
입각기(Stance phase, %)	마비측	-	(-)
	비마비측	-	(+)
유각기(Swing phase, %)	마비측	-	(-)
	비마비측	-	(+)
양하지 지지기(Double support, %)	-	(-)	(+)
한 발짝 시간(Step time, sec)	마비측	-	(+)
	비마비측	-	(+)
한 걸음 시간(Stride time, sec)	-	(+)	(-)
공간관련 보행변수(Spatial gait parameters)			
한 발짝 길이(Step length, cm)	마비측	-	(+)
	비마비측	-	(+)
한 걸음 길이(Stride length, cm)	-	(+)	(-)

-, base line; (+), positive gait change; (-), negative gait change

변화를 보였다(Table 4). 이는 보행장애를 치료하는 과정 중에 쉽게 발생할 수 있는 통증이 보행변화에 지대한 영향을 줄 수 있다는 것을 시사한다. 왜냐하면, 뇌졸중 환자에게 통증파국화가 심할 수록, 과제 지향적 동기가 낮아지고, 통증 때문에 재활치료 참여도 저하되며¹⁵⁾, 환자의 활동에 제한을 주기 때문이다¹⁶⁾. 통증이 발생해서 부정적인 보행변화를 보이는 했지만, 보행훈련 전의 보행결과에 비해 청각자극 보행훈련을 격주로 2회 실시한 최종적인 보행 결과는 한 발짝 길이, 한 걸음 길이, 보행속도는 증가하고, 1분간 보행 수, 한 발짝 시간, 한걸음 시간은 감소하는 보행변화를 보였다. 그러므로 첫 주 청각자극 훈련 결과와 격주로 시행된 청각자극 훈련의 최종 결과가 보행훈련 이전보다 긍정적인 보행변화를 보인 것은 청각자극이 보행의 정상화에 효과적이라는 것을 시사한다.

본 논문의 제한점은 첫째, 청각자극 보행훈련 외에 다른 재활치료들이 동시에 시행되고 있어서 전

적으로 청각자극 보행훈련에 의한 긍정적인 보행변화라고 설명하기 어렵다. 그러나 ABAB 실험설계를 통해 조건간의 결과를 비교하는 것은 청각자극 보행훈련의 효과라고 할 수 있다. 둘째, 평지보행과 트레드밀 보행은 차이를 보이는데, 트레드밀 보행은 평지보행과 비교해 더 짧은 한 걸음 길이와 더 많은 1분간 보행 수, 유각기 감소, 양하지 지지기 증가를 보이는 경향이 있다¹⁷⁾. 그러므로 트레드밀 보행으로 측정된 결과가 평지보행의 변화를 전적으로 반영할 수 없다. 그러나, 다양한 연구자에 의한 운동학적, 운동역학적, 근전도 비교에서 평지와 트레드밀의 차이가 매우 작으므로^{18, 19)}, 실제 보행의 변화를 반영할 수 있을 것으로 사료된다. 셋째, 환자 1명을 반복 측정했기 때문에 환자 개인차를 통제하지 못한 제한점이 있다. 그러므로 향후 대규모 연구를 시행하면, 청각자극이 뇌졸중 환자의 편마비로 인한 보행장애에 긍정적인 효과를 보이는지 여부에 대한 보다 신뢰할 수 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. Change of Gait by Pain on Both Lower Limbs during the 3rd Week.

		2 nd week 자유 보행훈련	3 rd week 청각자극 보행훈련	4 th week 자유 보행훈련
시간관련 보행변수(Temporal gait parameters)				
1분간 보행수(Cadence, step/min)		-	(-)	(+)
보행속도(Velocity, km/h)		-	(+)	(+)
입각기(Stance phase, %)	마비측	-	(-)	(+)
	비마비측	-	(+)	(-)
유각기(Swing phase, %)	마비측	-	(-)	(+)
	비마비측	-	(+)	(-)
양하지 지지기(Double support, %)		-	(-)	(+)
한 발짝 시간(Step time, sec)	마비측	-	(-)	(+)
	비마비측	-	(-)	NC
한 걸음 시간(Stride time, sec)		-	(-)	(+)
공간관련 보행변수(Spatial gait parameters)				
한 발짝 길이(Step length, cm)	마비측	-	(-)	(+)
	비마비측	-	(+)	(-)
한 걸음 길이(Stride length, cm)		-	(-)	(+)

-, base line; (+), positive gait change; (-), negative gait change; NC, no change

Table 5. Change of Gait Pattern Before and After Auditory Cue Training.

	보행훈련 전	4 th week 훈련 끝날 때
시간관련 보행변수(Temporal gait parameters)		
1분간 보행수(Cadence, step/min)	-	(+)
보행속도(Velocity, Km/h)	-	(+)
입각기(Stance phase, %)	마비측	(+)
	비마비측	(+)
유각기(Swing phase, %)	마비측	(+)
	비마비측	(+)
양하지 지지기(Double support, %)	-	(+)
한 발짝 시간(Step time, sec)	마비측	(+)
	비마비측	(+)
한 걸음 시간(Stride time, sec)	-	(+)
공간관련 보행변수(Spatial gait parameters)		
한 발짝 길이(Step length, Cm)	마비측	(+)
	비마비측	(-)
한 걸음 길이(Stride length, Cm)	-	(+)

-, base line; (+), positive gait change

참고문헌

- Saah AL, Hartman EC, Aronson SM. Stroke: cause, prevention, treatment and rehabilitation: Coronet Books; 1979.
- Thaut M. Rhythm music and the brain: Scientific foundations and clinical applications: Routledge; 2005.
- Lehmann JF, Condon SM, Price R, deLateur BJ. Gait abnormalities in hemiplegia: their correction by ankle-foot orthoses. Arch Phys Med Rehabil. 1987;68(11):763-71.
- Esquenazi A, Hirai B. Assessment of gait and orthotic prescription. Phys Med Rehabil Clin North Am. 1991;2(3):473-85.
- De quervain iak, Simon SR, Leurgans S, Pease WS, McAllister D. Gait Pattern in the Early Recovery Period after Stroke. The Journal of Bone & Joint Surgery. 1996;78(10):1506-14.
- Thaut MH, McIntosh GC, Rice RR. Rhythmic facilitation of gait training in hemiparetic stroke rehabilitation. Journal of the Neurological Sciences. 1997;151(2):207-12.
- Thaut M, Leins A, Rice R, Argstatter H, Kenyon G, McIntosh G, et al. Rhythmic auditory stimulation improves gait more than ndt/bobath training in near-ambulatory patients early poststroke: A single-blind, randomized trial. Neurorehabilitation and Neural Repair. 2007;21(5):455-9.
- Thaut MH, McIntosh GC, Prassas SG, Rice RR. Effect of rhythmic auditory cuing on temporal stride parameters and EMG. Patterns in hemiparetic gait of stroke patients. Neurorehabilitation and Neural Repair. 1993;7(1):9-16.
- Spaulding SJ, Barber B, Colby M, Cormack B, Mick T, Jenkins ME. Cueing and Gait Improvement Among People With Parkinson's Disease: A Meta-Analysis. Archives of Physical Medicine and Rehabilitation. 2013;94(3):562-70.
- Kwak EE. Effect of rhythmic auditory stimulation on gait performance in children with spastic cerebral palsy. Journal of music therapy. 2007;44(3):198.
- Roerdink M, Lamoth CJ, Kwakkel G, van Wieringen PC, Beek PJ. Gait coordination after stroke: benefits of acoustically paced treadmill walking. Physical Therapy. 2007;87(8):1009-22.
- Ada L, Dean CM, Hall JM, Bampton J, Crompton S. 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):1486-91.
13. 이주영. 음악의 리듬이 뇌졸중 환자의 균형적 보행에 미치는 영향. 서울: 숙명여자대학교; 1999.
 14. 김태연. 리듬적 청각리듬적 청각자극이 편마비환자들의 보행에 미치는 영향. *The Effects of Rhythmic Auditory Stimulation(RAS) on Hemiplegia Patient's Gait*. 2008;5(1):1-16.
 15. 배자현, 이택영, 강대혁. 뇌졸중 환자의 통증과국화와 재활동기가 일상생활활동에 미치는 영향. *Impact of Pain Catastrophizing and Motivation for Rehabilitation on the Activities of Daily Living in Stroke Patients*. 2012;20(4):57-68.
 16. 김진국. 급성 뇌경색 환자의 기능회복에 관한 예비적 연구. *대한신경과학회지*. 1992;10:298-307.
 17. Murray M, Mollinger L, Gardner G, Sepic S. Kinematic and EMG patterns during slow, free, and fast walking. *Journal of Orthopaedic research*. 1984;2(3):272-80.
 18. Lee SJ, Hidler J. Biomechanics of overground vs. treadmill walking in healthy individuals. *Journal of Applied Physiology*. 2008;104(3):747-55.
 19. Riley PO, Paolini G, Della Croce U, Paylo KW, Kerrigan DC. A kinematic and kinetic comparison of overground and treadmill walking in healthy subjects. *Gait & Posture*. 2007;26(1):17-24.