

상호교환식 메트로놈 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 족저압과 낙상효능감에 미치는 영향

황원경 · 이한숙^{1†} · 박선옥²

강화 장애인 복지관, ¹을지대학교 물리치료학과, ²삼성 서울병원

Effects of Interactive Metronome Training on the Plantar Pressure and Fall Efficacy in Chronic Stroke Patients

Won Kyung Hwang, PT · Han Suk Lee PT, PhD^{1†} · Sun Wook Park PT, PhD²

Ganghwa Disabled Welfare Center, ¹Eulji university, ²Sam Sung Seoul Hospital

Received: October 17, 2019 / Revised: October 23, 2019 / Accepted: November 27, 2019

© 2020 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the effects of Interactive Metronome training on the plantar pressure and fall efficacy in chronic stroke patients.

METHODS: Twenty-two hemiplegic patients were allocated randomly to an experimental group and control group. The experimental group received conventional physical therapy and emphasized weight-bearing interactive metronome training, whereas the control group received conventional physical therapy. The training was performed three times per week, 40 minutes per each session, for a total of seven weeks. The plantar pressure was assessed using the contact area and contact pressure, whereas the fall efficacy was assessed using the FES (Fall Efficacy Scale), ABC

(Activities-specific Balance Confidence scale) and FOFQ (Fear of Falling Questionnaire).

RESULTS: After training, a significant increase was observed in the paretic side of the contact area and the paretic and non-paretic side of contact pressure in both groups ($p < .05$). The between-group differences in the changes before and after training were statistically significant in the paretic side of the contact pressure ($p < .05$). After training, both the FES of the between-group and ABC of the experimental group were increased significantly ($p < .05$), but the between-group differences in the changes before and after training were not statistically significant in the FES, ABC, and FOFQ ($p > .05$).

CONCLUSION: Interactive Metronome training is considered an effective treatment for improving the contact pressure of the paretic side in chronic stroke patients.

†Corresponding Author : Han-Suk Lee

leehansuk21@hanmail.net, <https://orcid.org/0000-0002-9336-0894>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Key Words: Interactive metronome, Stroke, Plantar pressure, Fall efficacy

I. 서 론

뇌졸중이 발생하면 상위중추신경계의 손상으로 비정상적인 근 긴장도가 나타나며[1], 근수축의 타이밍 조절과 근육의 순차적인 움직임 조절이 어렵게 된다[2]. 뇌졸중이 있는 환자들은 마비 측으로 체중이동을 어려워하고 갑작스런 자세 동요가 있을 때 반응이 느리기 때문에 쉽게 넘어진다[3]. 이러한 낙상의 경험은 낙상에 대한 두려움과 공포감으로 이어진다.

이전의 낙상경험으로 유발된 낙상에 대한 공포감과 [4,5], 비대칭적인 체중부하 및 자세동요가 낙상의 주요한 원인임으로[6], 이러한 문제를 해결하기 위해 뇌졸중 환자의 기능 회복 및 대칭성을 증진시킬 필요가 있다. 이에 따라 많은 선행연구에서 마비 측으로의 체중을 이동 및 시청각 자극을 이용한 감각 되먹임 훈련을 적용해 왔다[7-11].

마비 측의 체중부하를 향상시키기 위하여, 뇌졸중 환자에게 청각적 피드백을 이용한 체중 부하 훈련을 제공하였을 때 마비 측의 체중지지율을 증가시킨다고 하였으며[18], 시각적 피드백이 제공된 신체 무게중심 훈련을 통해 선 자세 대칭성을 향상시킨다고 하였다[13]. 또한 시청각적 피드백 훈련 모두를 사용한 경우, 뇌졸중 환자의 동적 균형 능력의 향상과 체중 분포가 대칭적으로 변화한다고 하였다[14].

최근에는 앞선 연구들에서 사용한 감각피드백훈련을 좀더 발전시킨 상호교환 식 메트로놈(Interactive Metronome, IM)이 사용되고 있으며, 이러한 훈련 법은 정해진 청각적 소리의 박자에 맞춰 동작을 실시하여 타이밍이 얼마나 잘 맞는지 시청각 피드백을 통해 1,000분의 1초 단위로 알려주어 감각 및 운동을 통합시킬 수 있다. 또한, 반복적인 청각리듬을 통해 동작의 빈도수를 높여 운동학습을 유도할 수 있고, 피드백을 통해 목표한 움직임을 더 정확하게 훈련할 수 있게 만든다[15].

IM을 활용한 운동을 실시할 경우 뇌졸중 환자의 상지의 기능과 삶의 질을 향상시키고[16], 파킨슨 환자의 안정성을 증진시킬 뿐 아니라[17], 성인 지적 장애인의 집중력, 타이밍, 양측 협응력과 균형능력을 향상시킨다

고 하였다[18]. 또한, 일반 노인의 집중력과 소 근육의 운동능력 향상시키고[19] 외상성 뇌손상 환자의 인지 기능을 향상시킨다고 하였다[20]. 단일 사례 연구에 따르면 성인뿐 아니라 아발달지연아동의 타이밍의 정확성과 대동작 및 소동작 운동기능의 향상시킬 수 있다고 하였다[21].

이와 같이 IM을 이용한 운동이 다양한 질환이 있는 성인 뿐 아니라 소아에게도 유용한 이유는 기존의 감각 되먹임 훈련과 유사하나, 타이밍 시스템으로 동작에 대한 오류를 밀리세컨드(ms) 단위로 구분하여 정상적인 박자에 느렸는지 빨랐는지를 시청각 피드백으로 제공할 수 있고[22], 10ms에서 100ms 단위의 정밀한 조정이 신경학적 기전을 통해 근육을 활성화시킬 수 있는 장점이 있기 때문이다[23].

이러한 장점이 있음에도, IM을 이용한 훈련을 뇌졸중 환자에게 적용한 사례는 매우 미비하며, 상지에 적용한 사례는 있으나 하지에 적용한 사례는 매우 드물다. 또한, 편마비 환자의 경우 비대칭적 체중분포의 향상을 위하여 마비 측으로 체중을 이동시키는 훈련의 한 방법으로 시각적피드백뿐 아니라 청각적 피드백을 함께 사용할 수 있는 IM 훈련을 이용한다면 치료의 효과를 높일 수 있을 것이다.

따라서, 본 연구자는 시청각 피드백을 매우 정밀하게 사용할 수 있는 IM훈련을 뇌졸중환자에게 적용함으로써 비대칭적인 체중부하의 향상과 낙상 효능 감에 영향을 미치는지 확인하고자 하여 낙상예방의 훈련방법으로 IM 훈련방법이 적합한지 알아보하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 인천광역시 G장애인복지관에 등록된 만성 뇌졸중 환자 중 연구 모집 공고를 보고 참여하길 희망한 사람을 대상으로 하였다. 대상자 수는 G*power 3.1.9.2를 사용하였고 효과크기 1.28, 유의수준 $\alpha=0.05$, 검정력 .80일 때 최소 표본 수 22명이 산출되었다. 선정 기준은 뇌졸중으로 진단 받은 후 6개월 이상 경과한 자, 보행 보조도구 없이 10m 이상 독립 보행 가능한

자, 한국형 간이정신상태 판별검사 점수가 24점 이상인 자, 연구에 대해 충분히 이해 가능하고 의사소통 가능한 자로 연구 동의서를 제공 받고 연구 참가에 동의한 자로 정하였다. 그리고 제외 조건은 보행에 크게 영향을 줄 수 있는 근골격계 질환이나 심호흡계 질환이 있는 자, 시력 및 청력에 문제가 있는 자로 정하였다. 본 연구는 을지대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 얻고 검토 받았다[승인번호 EU19-44].

2. 연구설계

본 연구는 모집된 대상자 중 선정 기준에 부합되는 24명의 뇌졸중 환자를 무작위 배정하여 실험군인 상호교환 식 메트로놈 훈련군 12명 그리고 대조군인 일반 물리치료 훈련군 12명으로 나누었다. 훈련 중 실험군과 대조군 각 1명씩 중도 탈락되어 최종적으로 각 군 당 11명이 연구에 참여하였다. 훈련은 물리치료에 대한 전문적 지식을 습득하고 치료 경력이 3년 이상인 물리치료사가 매일 40분, 주 3회, 총 7주간 적용했으며, 훈련 강도는 환자의 기능적 상태와 컨디션을 고려하여 시행하였다.

3. 훈련 방법

실험군은 신장운동 5분, 체중이동훈련, 앉은 상태에서 일어서기, 교각운동을 각 5분씩 적용한 일반적인 물리치료에 추가로 상호교환 식 메트로놈훈련을 20분간 실시하였다. 대조군은 종아리근과 뒤넙다리근 등의 하지 위주의 신장운동 10분을 실시하였고, 마비 측으로 체중 부하가 강조된 체중이동훈련, 앉은 상태에서 일어나기 훈련 그리고 교각운동을 각 10분씩 실시하도록 구성하여 총 40분간 실시하였다.

IM훈련은 일정한 박자의 청각적 자극에 맞추어 손과 발을 움직이는 훈련으로, 손 트리거와 발 트리거의 동작과 제공되는 청각적 자극의 시간적 차이를 천분의 1초 단위로 측정하여 알려주며 동작의 타이밍에 대한 시청각적 피드백을 즉시 제공하여 훈련자가 더 정확한 동작을 할 수 있게 해준다. 상호교환 식 메트로놈은 회기 당 20분을 실시했다. 기본 프로토콜 중 대상자의 기능적 특성을 고려하여 과제를 정했고, 회기 당 정해

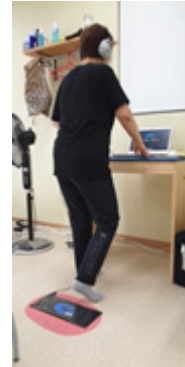


Fig. 1. Training on the non-paretic heel task of the IM program.

진 프로토콜로 손 트리거와 발 트리거를 사용해 대상자의 마비측과 비마비측이 청각적 자극에 대해 반복적인 박자감 훈련이 되도록 하였다. 손 트리거는 훈련 도구의 타이밍과 박자감을 익히기 위해서 사용하였고, 발 트리거는 균형 능력 향상을 위한 체중 및 부하 훈련으로 사용하였다(Fig. 1).

4. 평가도구 및 방법

1) 족저압 측정

F-SCAN system(F-SCAN system, Tekscan Inc, South Boston, U.S.A.)은 보행 중 족저압 측정 및 분석이 가능한 신발 내 센서 삽입 형태의 측정 도구이다. 센서는 .18mm의 두께로 960개의 압력 감지점이 격자 형태로 균일하게 분포되어 신발 크기에 맞게 잘라 넣어 사용한다. 뇌졸중 환자를 대상으로 한 검사-재검사 신뢰도 연구에서 접촉면적은 중등도 상관관계($r=.54-.88$)를 접촉압력은 강한 상관관계($r=.70-.99$)를 보여 뇌졸중 환자의 자세조절 비대칭 변수 측정에 있어 임상적으로 유용하다[24]. 본 연구에서는 뇌졸중 편마비 환자의 족저압 변화를 확인하기 위해 훈련 전과 후의 접촉면적(contact area, CA)과 접촉압력(contact pressure, CP)을 측정하였다(Fig. 2).

2) 낙상효능감 평가

낙상효능감 척도(Fall Efficacy Scale, FES)는 넘어지



Fig. 2. Evaluation of contact area and contact pressure using the F-SCAN system.

지 않고 일상생활을 수행하는 것에 대한 자신감의 정도를 평가하는 것으로 점수가 높을수록 자신감이 높은 것이다. 본 도구의 신뢰도는 $\alpha=.90$ 이었다[25]. 활동 특이적 균형 자신감 도구(Activities-specific Balance Confidence scale; ABC)는 낙상효능감을 측정하는 도구 중 하나로 집 안팎의 일상생활수행과 여러 활동에 대한 자신감을 의미하는 것으로 점수가 높을수록 균형자신감이 높은 것이다. 본 도구의 신뢰도는 $\alpha=.96$ 이었다[25]. 낙상공포(Fear of Falling Questionnaire; FOFQ)는 일상생활동작 시 낙상 할 것에 대한 두려움에 각 활동을 피하는 정도를 알아보는 도구로 점수가 높을수록 낙상공포심이 높은 것이다. 본 도구의 신뢰도는 $\alpha=.85\sim.92$ 이다[26]. 본 연구에선 앞에 언급된 세가지 평가의 훈련

전과 후의 각 총점을 사용해 크기 차이를 비교했다.

5. 자료 분석 방법

수집된 자료는 윈도우용 SPSS version 23.0을 이용해 통계처리 하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였고, 두 집단의 일반적 특성과 종속변수에 대한 동질성 검정은 카이제곱 검정(χ^2 -test)과 만 휘트니 U검정(Mann-Whitney U test)을 실시하였다. 훈련 전과 후의 두 집단 내 낙상효능감과 족저압의 비교는 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 사용하였고, 두 집단 간 훈련 전후 변화량의 차이는 만 휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

III. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성과 사전 동질성 검정을 실시한 결과, 일반적 특성과 사전 평가에 대해 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 1).

2. 훈련 전후의 족저압 변화량 비교

접촉면적은 두 군 모두 마비 측에서 훈련 후 유의한 증가를 보였으나($p<.05$), 비마비측에서는 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$). 두 그룹간 변화량은 마비측, 비마비측 모두 유의한 차이를 보이지 않았다($p>.05$).

Table 1. General Characteristics of the Subjects

(Mean \pm SD)

Variables	Experimental Group(n=11)	Control Group(n=11)	χ^2/z	<i>p</i>
Sex(Male/Female)	7/4	8/3	.210	.647
Age(years)	63.45 \pm 11.47	69.36 \pm 8.97	-1.022	.332
Height(cm)	164.909 \pm 4.76	165.727 \pm 7.93	-.033	1.000
Weight(kg)	65.400 \pm 12.94	67.418 \pm 10.10	-.723	.478
Duration(years)	15.091 \pm 7.26	14.727 \pm 6.05	-.033	1.000
Type(Hrr/Inf)	7/4	6/5	.188	.665
Paretic Side(Rt/Lt)	5/6	7/4	.733	.392
Foot Size(mm)	248.64 \pm 7.10	249.09 \pm 7.01	-.214	.847

SD: Standard deviation, Hrr; Hemorrhage, Inf; Infarction, Rt; Right, Lt; Left

Table 2. Comparison of the Contact Area and Contact Pressure before and after Training between the Two Groups (Mean±SD)

		Experimental Group(n=11)	Control Group(n=11)	z
CA (cm ²)	Pre	96.41±20.68	98.30±27.56	
	Post	113.40±19.24	113.14±21.94	
	z	-2.667*	-2.401*	
	Change	16.98±14.32	14.84±13.24	-1.64
NP	Pre	130.84±11.64	139.40±12.63	
	post	120.77±19.32	129.27±22.28	
	z	-1.867	-1.956	
	change	-10.07±15.04	-10.13±15.76	-2.30
CP (kPa)	Pre	71.79±30.79	68.82±24.31	
	Post	137.91±49.62	99.24±26.87	
	z	-2.934*	-2.667*	
	change	66.12±33.71	30.42±26.08	-2.52*
NP	Pre	67.48±24.83	66.76±36.04	
	Post	115.87±49.86	149.88±85.68	
	z	-2.357*	-2.134*	
	change	48.38±54.49	83.12±95.54	-1.609

*p<.05, SD: standard deviation ,CA; contact area, CP; contact pressure, P; paretic, NP; non-paretic

접촉압력은 두 군 모두 마비측, 비마비측에서 훈련 후 유의한 증가를 보였다(p<.05). 두 그룹간 변화량은 마비측에서만 유의한 차이를 보였다(p<.05)(Table 2).

3. 훈련 전후의 낙상요능감 변화량 비교

FES는 두 군 모두 훈련 전후에 통계학적으로 유의한 증가가 있었다(p<.05). ABC는 실험 군에선 유의한 증가가 있었으나(p<.05), 대조군에선 유의한 차이가 나타나지 않았다(P>.05). FOFQ는 실험군과 대조군 모두 통계학적으로 유의한 크기 차이를 보이지 않았다(p>.05). 두 군간 변화량 비교에서 FES, ABC, FOFQ 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05)(Table 3).

IV. 고 찰

상호교환식 메트로놈 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 족저압 변화와 낙상요능 감에 미치는 영향을 알아보고

자 하였다. IM훈련은 시청각 피드백을 통한 마비 측으로의 체중을 이동하는 훈련으로 구성하였고, 일반 물리치료는 시청각적 피드백이 없는 마비 측으로의 체중이동을 강조한 체중부하훈련 등으로 구성하였다. 그 결과, 일반 물리치료 훈련에 비해 상호교환식 메트로놈 훈련이 마비측 다리의 접촉압력을 향상시키는데 유의한 영향을 미쳤지만, FES, ABC, FOFQ에는 유의한 차이가 없었음을 알 수 있었다.

본 연구에서는 대상자의 족저압의 변화를 평가하기 위해 접촉면적과 접촉압력을 측정하였다. 그 결과 접촉면적은 실험군과 대조군 모두 마비 측에선 증가되어 유의한 크기의 차이를 보였다.

이러한 결과는 Yang의 연구에서[27] 뇌졸중 환자의 대칭성 향상을 위해 시각적 피드백을 이용한 연구에서 훈련 후 마비측 접촉면적의 유의한 증가가 있었다는 결과와 비슷하였다. 즉, 실험군과 대조군에 적용된 일반적 물리치료가 마비 측으로 체중 이동을 강조한 운동

Table 3. Comparison of the Fall Efficacy before and after Training between the Two Groups (Mean±SD)

		Experimental Group(n=11)	Control Group(n=11)	z
FES	Pre	62.45±30.79	70.00±19.31	
	Post	82.09±16.02	77.91±18.38	
	z	-2.731*	-2.001*	
	Change	19.64±29.48	7.91±14.52	-0.361
ABC	Pre	841.82±348.39	718.18±366.85	
	Post	964.55±388.21	765.45±385.06	
	z	-2.093*	-0.890	
	Change	122.73±168.77	47.27±172.57	-0.822
FOFQ	Pre	18.64±5.14	21.73±6.90	
	Post	19.18±7.25	20.82±9.92	
	z	-0.205	-0.256	
	Change	0.54±6.49	-0.91±9.52	-0.824

*p<.05, SD:standard deviation, FES; Fall Efficacy Scale, ABC; Activities-specific Balance Confidence scale, FOFQ; Fear of Falling Questionnaire

이기 때문에 두 군 모두 마비측의 접촉면적이 유의하게 증가하였고 이에 따라 비마비측에서 접촉면적은 감소한 것으로 보인다. 또한, 본 연구는 트레드밀 보행훈련은 아니지만 뇌졸중 환자의 대칭성 확보를 목적으로 한 훈련이고, 뇌졸중 환자의 대칭적인 체중 분포 획득에 있어 효율적이라는 시각적 피드백을 사용했다는 점이 같아 유사한 결과를 보인 것 같다[28,29].

체중이동을 중점으로 훈련 한 연구에선 마비측 접촉면적이 증가했으며, 통계적으로 유의하진 않았지만 본 연구와 비슷하게 상하지 복합운동 및 체중부하 운동을 적용한 연구에서 마비측과 비마비측에서 접촉면적이 증가하였다[30]. 그러나 두 군간 변화량에서 유의한 크기 차이를 보이지 않아 접촉면적에 있어 대조군보다 IM훈련을 적용한 실험군의 효과성을 검증하지 못했다. 이는 만성 뇌졸중 환자는 발의 내반 및 외반 등의 외관적 특징이 있어 IM훈련만으로 접촉면적을 변화시키기 어려웠던 것으로 보인다.

접촉압력은 실험군과 대조군 모두 훈련 후에 접촉압력이 증가되어 유의한 크기 차이를 보였다. 그러나 두 군간 훈련 전후 변화량에서 마비측은 유의한 크기 차이를 보였지만 비마비측은 유의한 크기 차이를 보이지 않았

다. 이는 IM훈련이 편마비 환자의 비마비측 접촉압력보다 마비측 접촉압력을 향상시키는데 더 효과적이었음을 의미한다. 이전 연구에서 뇌졸중 환자에게 청각적 피드백을 제공한 훈련을 통해 마비측에 체중지지를 향상시켰다고 하였고[12], 뇌졸중 환자에게 요부 안정화를 위해 가상현실운동을 적용했을 때 균형 상태를 조절할 수 있는 시청각적 피드백의 작용으로 전정계와 고유수용기의 자극을 유발시켜 균형 능력이 향상됐다고 하였다[31]. 이를 통해 IM훈련은 청각적 자극이 동일한 동작을 반복하게 하며 박자를 틀릴 경우 시청각적 피드백이 제공되어 마비측으로 체중부하를 더 정확하게 할 수 있는 환경을 제공하였고 청각리듬과 운동의 동기화를 통해 운동계획과 협응에 영향을 주어 그 결과 대조군보다 실험군에서 더 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

본 연구에서는 낙상효능감을 평가하기 위해 FES, ABC 그리고 FOFQ를 사용했다. 훈련 후 실험군은 FES와 ABC 모두 유의한 크기 차이를 보였으나, 대조군은 FES에서만 유의한 크기 차이를 보였다. 이와 유사하게 체중부하 훈련을 실시한 연구에서도 FES가 향상됐다고 하였다[32]. 이를 통해 정량적인 체중부하 훈련이 균형 유지에 대한 자신감 상승으로 이어져 본 연구의

FES와 ABC의 향상을 가져온 것으로 생각된다. 본 연구에서 FES, ABC, FOFQ 모두 두 군간 변화량은 유의한 차이를 보이지 않았다. 실험군과 대조군의 변화 량에 유의한 차이가 없었던 것은 낙상에 대한 주관적인 느낌에 대한 평가도구이기 때문에 군 간 훈련 효과를 확인하기 어려웠던 것으로 생각된다.

본 연구는 대상자 수가 적어 연구 결과를 모든 뇌졸중 환자에게 일반화하기 어렵다. 또한, 상호교환 식 메트로놈 훈련은 청각 신호 제공 후 시청각적 신호로 피드백을 받으므로 피드백에 대한 효과가 시각적 자극과 청각적 자극 중 어느 것에 영향을 더 받았는지 구분하기 어렵다. 추후 청각적 피드백만 주었을 때의 IM훈련과 만성 뇌졸중 환자에게 기능적 특성을 고려한 IM훈련을 제공하였을 때 그 효과를 확인하는 연구가 활발히 이루어진다면, 족저압 변화에 있어 청각적 피드백을 이용한 체중부하 훈련을 낙상 위험이 높은 뇌졸중 편마비 환자의 치료에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 상호교환 식 메트로놈 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 족저압 및 낙상효능 감에 미치는 효과에 대해 알아보고자 하였으며, 그 결과 상호교환 식 메트로놈 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 마비측의 접촉압력과 낙상효능감을 향상시켰다. 따라서 만성 뇌졸중 환자의 비대칭적인 체중부하 문제를 해결하기 위한 치료로 상호교환 식 메트로놈을 이용한 체중부하 훈련을 제공한다면 대칭적인 체중부하를 만들고 심리적 자신감을 주어 낙상에 대한 균형 자신감을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

References

- [1] An SH, Seo YI, Park CS. The relationship between postural control, ADL function, muscle tone, and functional improvement in chronic stroke patients. *TPK*. 2007; 14(1):64-73
- [2] Davies PM. *Steps to follow: the comprehensive treatment of patients with hemiplegia*(2th ed). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2000. pp.322-75.
- [3] Goldie PA, Matyas TA, Evans OM, et al. Maximum voluntary weight-bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. *Clin Biomech*. 1996; 11(6):333-42.
- [4] Simpson LA, Miller WC, Eng JJ. Effect of stroke on fall rate, location and predictors: a prospective comparison of older adults with and without stroke. *Plos ONE*. 2011;6(4):e19431.
- [5] Friedman SM, Munoz B, West SK, et al. Falls and fear of falling: which comes first? A longitudinal prediction model suggests strategies for primary and secondary prevention. *J Am Soc Geriatr Dent*. 2002;50(8):1329-35.
- [6] Song CH, Lee GC, Yoo JH, et al. The relation between postural sway and asymmetric weight-bearing for fall prevention in patients with stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2010;5(1):81-8.
- [7] Hwang YI, Kim KS. Effects of foot pressure using the elastic band with rings during sit-to-stand in persons with stroke. *Phys Ther Rehabil Sci*. 2017;6(4):159-63.
- [8] Kim JD, Cha YI, 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.
- [9] Mirelman A, Patrilli BL, Bonato P, et al. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait Posture*. 2010;31(4):433-7.
- [10] Kim SK. The effects of rhythmic exercise program on gait function and balance ability of adolescents with cerebral palsy. Master's Degree. Seoul National University. 2018.
- [11] Choi WJ, Lee SW, Tak SJ, et al. The effect of the cognitive motor dual task using the auditory feedback on chronic stroke patients' gait and their attention. *Journal of Special Education and Rehabilitation Science*. 2011;50(3): 483-504.
- [12] Jun HI, Lee JS, Kim KJ, et al. Effect of auditory biofeedback training and kicking training on weight-bearing ratio in

- patients with hemiplegia. *J Korean Soc Phy Med.* 2014;9(4):363-73.
- [13] Sackley CM, Baguley BI. Visual feedback after stroke with the balance performance monitor: two single-case studies. *Clin Rehabil.* 1993;7(3):189-95.
- [14] Youn SW. The effect of audiovisual biofeedback exercises on the balance and gait of chronic hemiplegia patients. Master's Degree. Eulji University. 2009.
- [15] Whittall J, Waller SM. Does the use of auditory cue facilitate the motor control and contribute to the rehabilitation of upper extremity movements after stroke?. *Music Ther Perspect.* 2013;31(1):40-9.
- [16] Yu GH, Lee JS, Kim SK, et al. Effects of interactive metronome training on upper extremity function, ADL and QOL in stroke patients. *NeuroRehabilitation.* 2017; 41(1):161-8.
- [17] Kim AR. The effects of interactive metronome on, cognitive and upper extrimity function, balance for parkinson' disease. Master's Degree. Kwangju women's University. 2016.
- [18] Kim KM, Kim MS, Lee SM. The effects of interactive metronome on timing, attention, bilateral coordination and balance for adult with intellectual disabilities: single subject design. *Journal of Special Education and Rehabilitation Science.* 2015;54(3):349-64.
- [19] Reilly R. Theh effectiveness of interactive metronome as a tool to improve cognition and motor performance in healty older adults in eastern north carolina. Master's Degree. Carolina University. 2016.
- [20] Nelson LA, MacDonald M, Stall C et al. Effects of Interactive Metronome Therapy on Cognitive Functioning After Blast-Related Brain Injury: A Randomized Controlled Pilot Trial. *Neuropsychology.* 2013;27(6): 666-79.
- [21] Bartscherer ML, Bartscherer ML, Dole RL. Interactive metronome® training for a 9-year-old boy with attention and motor coordination difficulties. *Physiother Theory Pract.* 2005;21(4):257-69.
- [22] Mauk MD, Buonomano DV. The neural basis of temporal processing. *Annu. Rev. Neurosci.* 2004;27:307-40.
- [23] Laje R, Cheng K, Buonomano DV. Learning of temporal motor patterns: an analysis of continuous versus reset timing. *Front Integr Neurosci.* 2011;5:61.
- [24] Hillier S, Lai MS. Insole plantar pressure measurement during quiet stance post stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2009;16(3):189-95.
- [25] Jang SN, Cho SI, Ou SW, et al. The validity and reliability of korean fall efficacy scale(FES) and activities-specific balance confidence scale(ABC). *Ann geriatr med res.* 2003;7(4):255-68.
- [26] Choi JH, Moon JS, Sohng KY. The effects of tai chi exercise on physiologic, psychological functions, and falls among fall-prone elderly. *J Rheum Dis.* 2003;10(1):62-76.
- [27] Yang DJ. Effects of biofeedback with task-related training on motor function and neural plasticity in subjects with stroke. Doctor's Degree. Dongshin University. 2011.
- [28] Shumway-Cook A, Anson D, Haller S, et al. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Archives of physical medline rehabilitation.* 1988;69(6):395-400.
- [29] Dault MC, de Haart M, Geurts AC, et al. Effects of visual center of pressure feedback on postural control in young and elderly healthy adults and in stroke patients. *Human movement science.* 2003;22(3):221-36.
- [30] Song JY. Effects of upper-lower extremity complex and weight bearing exercises of stance phase of chronic stroke patients. *Journal of Rehabilitation Research.* 2013; 17(2):355-71.
- [31] Jung DI, Seo TH, Ko DS. Comparative analysis fall-related psychophysiological according to virtual exercise and lumbar stabilization exercise in the patient with stroke. *Jour. of KoCon.a.* 2012;12(8):274-82.
- [32] Rha YH, Goo BO, Rho MH, et al. The effect of external-feedback weight-bearing training protecting a fall in hemiplegic patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2007;2(2):143-50.