

Effects of Treadmill Training with Knowledge of Result on Balance in Stroke Patients

결과지식 피드백 제공에 따른 트레드밀 훈련이 뇌졸중 환자의 균형능력에 미치는 영향

Jin Park¹

박진¹

¹ Physical Therapist, Drim Sol Hospital Rehabilitation Center, Republic of Korea,
mnipj1119@gmail.com

Abstract: The purpose of this study was to compare the balance ability in stroke patients following either treadmill training with knowledge of result (KR group) or treadmill training with knowledge of performance (KP group). Nineteen patients with stroke were recruited from rehabilitation hospitals. They were randomly assigned to two groups. There were 10 people in the KR group and 9 people in the KP group. Subjects in both groups performed treadmill training for 30 minutes with each providing feedback, 5 times a week for a total of 3 weeks. The KR group provided visual feedback during treadmill, and the KP group provided verbal instructions during treadmill training. Balance abilities were measured before and after the training. After the training periods, the KR group showed a significant improvement in average velocity, area 95% COP, and weight distribution of the affected side, five sit-to-stand tests were performed in comparison to the KP group ($p < 0.05$). The results of this study showed that the treadmill training with KR feedback was more effective at improving balance ability than the treadmill training with KP feedback. Based on this, if you want to conduct treadmill training to improve the balance ability of stroke patients in clinical practice, it is recommended to conduct training based on the provision KR feedback.

Keywords: Balance, Feedback, Knowledge of Performance, Knowledge of Result, Stroke

요약: 본 연구에서는 뇌졸중 환자의 균형능력 향상을 위하여 트레드밀 보행훈련을 실시하는 동안 외재적피드백의 형태 중 결과지식 피드백과 수행지식 피드백을 제공하여 어떤 피드백을 제공하는 것이 효과적인가에 대한 검증을 하고자 실시하였다. 뇌졸중 환자 총 19명을 대상으로 결과지식 피드백을 제공한 군 10명과 수행지식 피드백 제공한 군 9명으로 예비뽑기를 실시하여 무작위 배정하였다. 두 군의 대상자는 각 각의 제공되는 피드백에 맞춰 30분간 트레드밀 훈련을 실시하였으며, 주 5회, 총 3주간 실시하였다. 훈련 전과 후 정적균형능력과 동적균형능력을 평가 하여 통계처리 하였다. 그 결과 결과지식 피드백을 제공한 군에서 수행지식 피드백을 제공한 군과 비교하여 정적, 동적균형능력의 향상된 결과가 나타났다. 이를 바탕으로 임상에서 뇌졸중 환자의 균형능력을 향상시키기 위하여 트레드밀 훈련을 실시하고자 한다면 결과지식 피드백의 제공에 따른 훈련을 실시하는 것을 권장한다.

핵심어: 균형, 되먹임, 결과지식, 수행지식, 뇌졸중

Received: October 19, 2023; 1st Review Result: November 22, 2023; Accepted: January 25, 2024

1. 서론

뇌졸중은 지각 및 인지, 감각, 운동기능의 소실과 뇌 손상부위 반대편이 마비되는 편마비 증상으로 인하여 비정상적인 자세와 움직임 조절 문제를 야기한다[1,2]. 특히 편마비로 인한 비대칭적인 체중분포와 마비측으로 체중이동 능력의 감소는 외부자극에 대항하는 자세조절 문제로 이어지며 이는 곧 자세를 유지하는 균형능력의 문제로 인한 일상생활을 영위함에 문제를 초래한다[3][4]. 따라서 뇌졸중 환자의 균형능력 향상은 일상생활에서의 삶의 질 향상을 위하여 중요하게 고려해야 한다[5].

균형능력은 시각, 체성감각, 전정감각 등의 신경감각과 함께 근골격계 요소들의 조화가 필요하다[6,7]. 뇌졸중 환자는 이러한 요소들의 문제가 발생하는 것에 따른 균형능력의 문제가 야기 되므로 이를 조절해 줄 수 있는 중재가 필요하다. 이를 위해 피드백의 제공에 따른 균형훈련을 고려해 볼 수 있다. 피드백이란 움직임을 수행할 때, 혹은 움직임을 수행한 후에 이와 관련된 질적, 양적인 정보를 제공하는 것을 뜻한다[8]. 피드백의 분류 중 외재적피드백은 외부에서 움직임과 관련된 정보를 제공하고 이에 맞춰 대상자 스스로 수정해 나갈 수 있도록 하는데, 결과지식 피드백(Knowledge of result, KR)과 수행지식 피드백(Knowledge of performance, KP)으로 분류한다[8]. 결과지식 피드백은 움직임의 결과값에 대한 정보를 제공하며, 대상자는 목표와의 차이에 관한 정보를 제공 받아 목표에 가까워지도록 움직임을 수정하게 된다. 반면 수행지식 피드백은 움직임 패턴의 질이나 동작의 특징에 대한 정보를 대상자에게 제공하며, 대상자는 피드백에 맞춰 잘못된 움직임을 수정하는 차이가 있다[9].

트레드밀에서의 보행 동안 외재적피드백의 제공은 결과값에 도달하기 위하여 움직임을 스스로 수정하며 이를 바탕으로 운동조절과 운동학습을 촉진시킨다[10]. 뇌졸중 환자의 트레드밀 훈련 동안 외재적피드백 제공의 효과를 검증한 연구들을 살펴보면, 뇌졸중 환자에게 트레드밀 훈련 동안 시각과 청각을 통한 외재적피드백의 제공은 균형능력 향상에 효과적임을 보고하였다[11]. 또한 경사 트레드밀을 이용한 보행 훈련 시 외재적피드백의 제공은 균형능력 향상에 효과적임을 확인하였다[12]. 트레드밀 보행 훈련 동안 외재적피드백의 제공은 보행능력 향상에도 영향을 미치는 것으로 보고하였는데[13][14], 이를 토대로 외재적피드백은 트레드밀 훈련 동안 균형과 보행 개선에 긍정적인 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

이렇게 외재적피드백 제공에 따른 트레드밀 훈련이 뇌졸중환자의 균형능력 향상에 긍정적인 영향을 나타내는 것을 검증하였지만, 외재적피드백 형태 중 결과지식 피드백과 수행지식 피드백을 제공하고 비교하여 균형능력에 미치는 영향을 검증한 연구는 드문 실정이다. 뇌졸중 환자의 경우 뇌 손상으로 인한 운동과 감각신경의 문제가 있기때문에 운동조절과 운동학습을 위해 피드백을 제공하더라도 피드백의 유형에 따라 움직임을 수정하는 것에 차이가 있다. 따라서 본 연구에서는 결과지식 피드백과 수행지식 피드백을 트레드밀 훈련 동안 각각 제공하여 뇌졸중 환자의 균형능력 개선을 위한 효과적인 피드백이 무엇인지 검증하고자 실시하였다.

2. 연구방법

2.1 연구대상자

대상자는 뇌졸중으로 진단받고 전주시에 위치한 재활전문병원에 입원하여 재활치료를

받고 있는 환자 24명을 대상으로, 헬싱키 선언에 입각한 동의서를 작성한 후 실시하였다. 이 중 5명은 실험 중 퇴원과 개인적인 사정으로 인하여 제외하였고, 총 19명의 대상자로 실시하였다. 연구대상자의 선정기준은 다음과 같다.

뇌졸중 발병 후 6개월 이상 경과하고 2년 미만인 자, 한국판 간이 정신상태 검사(Korean version of mini mental state examination; K-MMSE) 결과 24점 이상으로 치료사의 지시사항을 이해하고 수행이 가능한 자, 하지에 정형외과적 문제가 없는 자, 실험을 수행하기 위하여 시각과 청각에 문제가 없는 자, 트레드밀 훈련을 실시하는 동안 호흡, 혈압, 맥박에 이상이 없는 자로 정하였다. 뇌졸중 이 외 다른 신경학적 질환을 가지고 있거나 편측 무시를 가지고 있는 대상자는 제외하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 [표 1] 과 같고, 군 간 나이, 성별, 유병기간, 뇌 손상 유형, 손상위치, 키, 몸무게, 한국판 간이 정신상태 검사 결과 통계학적 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$).

[표 1] 대상자의 일반적 특성

[Table 1] General characteristics of subjects

	KR group (n=10)	KP group (n=9)
Age (years)	53.6±9.2	51.9±10
Gender (Male/Female)	7/3	7/2
Time since stroke (Month)	11.2±3.8	11.4±3.9
Type of lesion		
Hemorrhagic	7	2
Infarction	3	7
Side of lesion (Rt/Lt)	3/7	4/5
Height (cm)	169.7±9.9	168.2±9.7
Weight (kg)	63.9±15.4	64.1±7.3
K-MMSE (score)	27.2±1.55	26±1.41

KR group: Knowledge of result feedback group, KP group: Knowledge of performance feedback group, K-MMSE: Korean version of mini-mental state examination, Mean ± standard deviation.

2.2 연구절차

두 군으로 분류하기 위하여 대상자에게 종이를 이용하여 준비뿔기를 실시하고, 각 군에 무작위 배정하였다. 대상자의 일반적인 특성들은 면접과 의무기록을 통해 확보하고 군간 동질성을 확보하였다. 총 19명의 대상자 중 결과지식 피드백에 따른 트레드밀 훈련 군(Knowledge of result feedback group, KR group)은 10명이었으며, 수행지식 피드백에 따른 트레드밀 훈련 군(Knowledge of performance feedback group, KP group)은 9명이었다.

대상자들은 일반적인 신경발달치료(Neuro developmental therapy)를 30분 동안 실시하였고, 각 각의 피드백에 따른 트레드밀 훈련을 30분간 주 5회, 총 3주간 실시하였다. 트레드밀 훈련을 실시하기 전 대상자가 트레드밀 훈련을 수행할 수 있는 편안한 속도를 결정하기 위하여 지면에 10 m 거리를 표시해두고 편안하게 걷도록 하였다. 동시에 연구자가 초시계로 시간을 측정하여 대상자의 편안한 속도를 결정하였다.

2.2.1 결과지식 피드백 제공에 따른 트레드밀 훈련 군 (KR group)

결과지식 피드백은 움직임의 결과에 대한 정보를 제공하는 것인데, 본 연구에서는 치료사의 피드백 없이 트레드밀(Biodex gait trainer 2, Biodex Medical System, NY, USA) 바닥면의 센서를 통하여 인식되는 대상자의 마비측, 비마비측의 보장에 대한 정보가

화면에 표시되면 대상자가 목표에 맞춰 대칭적으로 보행할 수 있도록 결과지식 피드백을 제공하였다.

훈련 프로그램은 1분 동안 트레드밀에 적응하기 위하여 편안속도로 보행하도록 하였다. 이 후 10분 동안 결과지식 피드백 제공에 따른 트레드밀 훈련을 실시하였으며, 1분 동안 피드백 제공 없이 트레드밀 훈련을 실시하고 3분 휴식하도록 하여 피로도를 최소화하였다. 총 2회 실시하였으며 30분 동안 훈련을 실시하였다. 훈련 후에 보행동안 마비측과 비마비측 보장에 대한 평균 값을 제시하고 다음 훈련 시 대칭을 이루도록 피드백을 제공하였다.

트레드밀 훈련 속도는 훈련 전에 측정된 대상자의 편안한 속도를 바탕으로 시작하였으며, 속도에 적응되지 않도록 주차 별로 점진적 속도를 증가시켜 연구자가 대상자에게 수행이 가능한지 확인 후 속도를 증가시켜 훈련하였다. 트레드밀 훈련 동안 대상자가 피로 또는 통증을 호소할 경우 휴식을 제공하였으며, 안전을 위해 대상자에게 트레드밀 지지대를 붙잡도록 하고 1명의 연구자가 근접한 거리에서 낙상이 발생할 상황에 대비하였다.

2.2.2 수행지식 피드백 제공에 따른 트레드밀 훈련 군 (KP group)

수행지식 피드백은 움직임을 수행하는 동안의 특징에 대한 정보를 제공하는 것인데, 본 연구에서는 트레드밀 바닥면의 센서를 통하여 인식되는 대상자의 마비측, 비마비측의 보장에 대한 정보를 화면에 표시되지 않도록 하고, 대상자를 보조하고 있는 연구자가 대상자의 움직임을 확인하고 “골반을 지지하는 발로 옮기세요”라는 구두지시를 통해 체중이동을 강조하여 수행지식 피드백을 제공하였다[15]. 훈련 프로그램은 결과지식 피드백 제공에 따른 트레드밀 훈련군과 동일하게 적용하였으며, 훈련 후 움직임 형태에 관한 피드백은 따로 제공하지 않았다.

2.3 균형능력

훈련 전과 훈련 후 정적균형능력의 평가는 균형측정장비(Balancia software, Mintosys, Korea)를 통해 측정하였다. 이 장비는 압력판을 바탕으로 인식된 대상자의 압력중심(Center of pressure, COP)을 연결된 프로그램(Balancia software)을 통하여 분석하고 값을 제시한다. 대상자에게 압력판 위에 정면을 응시보고 바르게 선 자세에서 양 팔은 팔짱을 끼도록 하였다. 이 때 1분간 정적균형능력을 측정하였으며, 반복적으로 3회 측정하고 평균값을 사용하였다. 측정을 실시하는 동안 대상자의 안전을 위해 연구자가 근거리에서 보조하였다. 이 프로그램의 측정자간 신뢰도는 .79-.96이었으며, 타당도는 .85-.96이다[16].

본 연구에서 사용된 측정값은 COP의 이동거리를 시간으로 나누는 동요속도 평균(average velocity), COP의 총 이동거리를 나타내는 이동거리(path length), 선 자세 동안의 중심을 기준으로 95%의 COP 동요영역을 나타내는 95% 동요영역(area 95% COP), 마비측 다리 체중분포도(weight distribution of affected side)이다.

또한 동적균형능력의 변화를 비교하기 위해 5회 반복 앉고 일어서기 평가(Five times sit to stand test, FTSST)와 버그 균형척도(Berg balance scale, BBS)를 실시하였다. FTSST는 먼저 대상자의 무릎높이 의자에 앉도록 한다. 이 후 양 팔을 가슴 앞에 교차하여 고정된 후 앉았다 일어서기 동작을 최대한 빠른속도로 5회 반복하도록 하였다. 동시에 연구자가

수행 시간을 측정하였으며, 3회 실시하여 평균값을 분석하였다. FTSST 검사 재검사 신뢰도는 ICC=.97이었으며, 측정자간 신뢰도 ICC=.99이다[17]. BBS는 14개 문항 5점 서열 척도로써 낙상에 대한 위험 요인을 가진 대상자를 예측하고 선별하기 위한 검사방법이다. 점수가 낮을 수록 낙상위험도가 높은 것으로 평가한다. BBS 검사 재검사 신뢰도는 ICC=.98이며, 측정자간 신뢰도 ICC=.97이다[18]. 본 연구에서는 동일한 연구자가 훈련 전 후 평가하여 분석하였다.

2.4 자료분석

훈련을 통해 측정값에 대한 통계처리는 SPSS 22.0(SPSS Inc., Chicago, USA)을 사용하였다. Kolmogorov-Smirnov test를 실시하여 정규성검정을 하였고, 독립 표본 t-검정(independent t-test)을 실시하여 두 군의 일반적 특성에 대한 동질성 검정을 하였다. 또한 두 군의 정적, 동적균형능력의 전, 후 변화 분석은 대응표본 t-검정(paired t-test)을 통해 실시하였다. 군 간 정적, 동적균형능력의 차이 분석은 중재 전 값을 공변량으로 설정하여 공분산분석(analysis of covariance)을 실시하였다. 자료의 모든 통계학적 유의 수준(p)은 0.05 로 검정하였다.

3. 결과

3.1 정적균형능력

훈련 전 측정한 정적균형능력 측정값의 군 간 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 두 군 모두 중재 전과 비교하여 중재 후 정적균형 측정값이 유의하게 향상되었다($p<0.05$). 군 간 비교에서는 KR group의 동요속도 평균, 95% 동요영역에서 KP group과 비교하여 유의하게 감소된 결과가 나타났으며, 마비측 다리 체중분포도가 KP group과 비교하여 유의하게 증가한 것으로 나타났다($p<0.05$)[표 2].

[표 2] 정적균형능력 비교

[Table 2] Comparison of Static Balance Ability Within and Between Groups

		KR group (n=10)	KP group (n=9)	p
Velocity average (cm/s)	Pre	2.62±0.44	2.65±0.41	0.00†
	Post	2.09±0.29	2.46±0.43	
	p	0.00*	0.00*	
Path length (cm)	Pre	78.78±13.51	80.82±10.99	0.06
	Post	69.75±13.20	75.02±9.88	
	p	0.00*	0.00*	
Area 95% (cm ²)	Pre	3.50±0.71	4.12±0.50	0.02†
	Post	2.66±0.62	3.60±0.54	
	p	0.00*	0.00*	
Weight distribution (%)				
Affected	Pre	44.43±1.21	45.34±1.67	0.04†
	Post	48.39±1.57	47.30±1.50	
	p	0.00*	0.01*	

KR group: Knowledge of result feedback group, KP group: Knowledge of performance feedback group, Mean ± standard deviation, significant difference between pre and post intervention within the group (* $p<0.05$), significant difference between the change values among the groups († $p<0.05$).

3.2 동적균형능력

훈련 전 측정된 동적균형능력 측정값의 군 간 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 두 군에서 모두 중재 전과 비교하여 중재 후 동적균형능력 측정값이 유의하게 향상되었다($p<0.05$). 군 간 비교에서는 KR group의 5회 반복 앉고 일어서기 평가에서 KP group과 비교하여 유의하게 감소된 결과가 나타났다($p<0.05$)[표 3].

[표 3] 동적균형능력 비교

[Table 3] Comparison of Dynamic Balance Ability Within and Between Groups

		KR group (n=10)	KP group (n=9)	p
FTSST (sec)	Pre	15.89±3.89	15.62±2.51	0.01†
	Post	12.49±2.74	13.99±2.68	
	p	0.00*	0.00*	
BBS (score)	Pre	47.50±2.99	47.33±3.16	0.41
	Post	49.50±3.50	48.67±3.64	
	p	0.01*	0.02*	

KR group: Knowledge of result feedback group, KP group: Knowledge of performance feedback group, Mean ± standard deviation, significant difference between pre and post intervention within the group (* $p<0.05$), significant difference between the change values among the groups († $p<0.05$).

4. 고찰

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 균형능력을 향상시키기 위하여 트레드밀 훈련 동안 외재적 피드백 형태 중 결과지식 피드백과 수행지식 피드백을 적용하여 어떤 피드백이 효과적인지 검증하였다.

그 결과 결과지식 피드백을 제공한 군과 수행지식 피드백을 제공한 군에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후 모든 균형능력 측정값의 향상된 결과가 나타났다. 이는 결과지식 피드백, 수행지식 피드백과 같은 외재적 피드백을 트레드밀 훈련 동안 적용하는 것이 뇌졸중 환자의 균형능력에 영향을 미칠 수 있음을 뜻한다. 외재적 피드백을 제공하여 트레드밀 훈련을 실시한 선행연구에서도 뇌졸중 환자의 균형능력 향상에 영향을 미칠 수 있음을 검증하였다[19][20]. 이는 대상자가 보행 훈련 동안 보행과 관련된 정보를 실시간으로 제공받음으로써 스스로 움직임을 수정하고 보행하는 기능적인 신체 활동 능력의 향상된 결과가 나타나기 때문이라 하였다[19]. 본 연구에서도 대상자가 트레드밀 훈련 동안 움직임과 관련된 정보를 전달하고 수정하도록 하는 외재적 피드백을 제공받아 마비측으로 체중지지와 체중이동능력의 향상과 같은 기능적인 신체활동이 증가되어 균형능력이 향상된 것으로 사료된다.

결과지식 피드백을 제공한 군은 수행지식 피드백을 제공한 군과 비교하여 동요속도 평균, 95% 동요영역, 마비측 다리 체중분포도, 5회 반복 앉고 일어서기 평가에서 훈련 후 향상된 결과가 나타났다. 결과지식 피드백 제공에 따른 트레드밀 훈련이 수행지식 피드백 제공에 따른 트레드밀 훈련보다 균형능력 향상에 더 효과적임을 뜻한다. 트레드밀 훈련 동안 시각을 이용한 결과지식 피드백을 제공한 선행연구에서 뇌졸중 환자의 마비측 체중분포 증가에 따른 균형능력 향상을 보고하였다[13][19]. 이는 시각을 이용한 결과지식 피드백이 운동기능 상실을 보상하는 것에 중요한 역할을 담당하며, 이를 통한 자세조절에 긍정적인 영향을 미치기 때문이라 하였다[21]. 운동조절과

학습에서 결과지식 피드백과 수행지식 피드백이 미치는 영향에 대하여 검증한 연구에서는 결과지식 피드백은 수행지식 피드백과 비교하여 운동학습을 빠르게 촉진하며, 지속적으로 유지할 수 있도록 한다고 보고하였다[22]. 이를 바탕으로 본 연구에서 결과지식 피드백의 제공은 수행지식 피드백의 제공과 비교하여 구심성 정보에 맞춰 마비측과 비마비측의 대칭성을 향상시키기 위한 움직임 조절하는 운동조절과 이를 유지하고 움직일 수 있는 운동학습의 향상된 결과로 균형능력의 차이가 나타난 것으로 생각된다.

본 연구에서는 수행지식 피드백의 제공을 위해 구두지시로 피드백을 제공하였는데, 구두지시를 이용한 수행지식 피드백에 따른 보행 훈련은 관절 움직임이나 근육 활성화에 효과적인 영향을 미친다고 선행연구에서 검증하였다[15]. 본 연구에서는 수행지식 피드백 제공한 군에서 훈련 전과 비교하여 훈련 후 균형능력이 향상되었지만, 결과지식 피드백을 제공한 군과 비교하였을 때, 균형능력의 통계학적 차이가 나타났다. 이는 수행지식 피드백이 시각적인 정보를 바탕으로 명확한 목표가 제시되는 결과지식 피드백과 달리 구두지시로 피드백이 제공되는 것에 따른 명확한 목표가 설정되지 않았기 때문에 대상자가 어느 정도 움직임을 조절해야 하는가에 대한 제한이 있었을 것으로 생각된다. 따라서 트레드밀 훈련 동안 구두지시를 통한 수행지식 피드백을 제공하고자 한다면 대상자가 피드백에 맞춰 움직임을 수정할 수 있도록 명확한 목표가 설정되어야 할 것이며, 움직임을 제대로 수행하고 있는가에 대한 치료사가 판단할 수 있는 정확한 기준이 필요할 것이다. 또한 본 연구에서는 운동형상학적 움직임을 고려하지 않았고, 3주간의 짧은 훈련기간 만으로 연구를 실시하였기 때문에 추후 운동형상학적 평가와 동시에 훈련의 효과가 지속되고 있는가에 대한 연구가 필요할 것이다.

5. 결론

뇌졸중 환자에게 트레드밀 훈련 동안 결과지식 피드백을 제공하는 것은 수행지식 피드백을 제공하는 것과 비교하여 균형능력의 향상된 결과를 나타냈다. 이는 트레드밀 훈련 동안 목표가 명확한 결과지식 피드백의 제공이 구두 지시로 이루어지는 수행지식 피드백보다 새로운 구심성 정보에 맞춰 운동조절과 운동학습이 효과적으로 이루어진 것에 따른 결과라 할 수 있다. 따라서 임상에서 뇌졸중 환자의 균형능력 향상을 위해 트레드밀 훈련을 실시하고자 한다면 결과지식 피드백을 제공하는 것을 권장한다.

References

- [1] S. H. Peurala, P. Kononen, K. Pitkanen, J. Sivenius, I. M. Tarkka, Postural instability in patients with chronic stroke, *Restor Neurol Neurosci*, (2007), Vol.25, No.2, pp.101-108.
- [2] E. C. Wonsetler, M. G. Bowden, A systematic review of mechanisms of gait speed change post-stroke. Part 2: exercise capacity, muscle activation, kinetics, and kinematics, *Topics in Stroke Rehabilitation*, (2017), Vol.24, No.5, pp.394-403.
DOI: 10.1080/10749357.2017.1282413
- [3] C. Chen, D. Leys, A. Esquenazi, The interaction between neuropsychological and motor deficits in patients after stroke, *Neurology*, (2013), Vol.80, No.3 Supple 2, pp.S27- S34.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182762569>
- [4] F. Januario, I. Campos, C. Amaral, Rehabilitation of postural stability in ataxic/hemiplegic patients after stroke,

- Disabil Rehabil, (2010), Vol.32, No.21, pp.1775-1779.
DOI: 10.3109/09638281003734433
- [5] S. Hameau, D. Bensmail, J. Robertson, J. Boudarham, N. Roche, R. Zory, Isokinetic assessment of the effects of botulinum toxin injection on spasticity and voluntary strength in patients with spastic hemiparesis, *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, (2014), Vol.50, No.5, pp.515-523.
- [6] T. Jung, D. Lee, C. Charalambous, K. Vrongistinos, The influence of applying additional weight to the affected leg on gait patterns during aquatic treadmill walking in people poststroke, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, (2010), Vol.91, No.1, pp.129-136.
DOI: 10.1016/j.apmr.2009.09.012
- [7] C. M. An, Y. L. Son, Y. H. Park, S. J. Moon, Relationship between dynamic balance and spatiotemporal gait symmetry in hemiplegic patients with chronic stroke, *Hong Kong Physiotherapy Journal*, (2017), Vol.37, pp.19-24.
DOI: 10.1016/j.hkpj.2017.01.002
- [8] R. A. Schmidt, D. E. Young, Methodology for motor learning: a paradigm for kinematic feedback, *Journal of Motor Behavior*, (1991), Vol.23, No.1, pp.13-24.
DOI: 10.1080/00222895.1991.9941590
- [9] A. S. Shumway-Cook, M. H. Woolacott, *Motor control: translating research into clinical practice*, 4th ed, Lippincott Williams & Wilkins, (2012)
- [10] K. Genthe, C. Schenck, S. Eicholtz, L. Zajac-Cox, S. Wolf, T. M. Kesar, Effects of real-time gait biofeedback on paretic propulsion and gait biomechanics in individuals post-stroke, *Topics in Stroke Rehabilitation*, (2018), Vol.25, No.3, pp.186-193.
DOI: 10.1080/10749357.2018.1436384
- [11] J. Shin, Y. Chung, The effects of treadmill training with visual feedback and rhythmic auditory cue on gait and balance in chronic stroke patients: A randomized controlled trial, *NeuroRehabilitation*, (2022), Vol.51, No.3, pp.443-453.
DOI: 10.3233/NRE-220099
- [12] S. K. Yoon, S. H. Kang, Effects of inclined treadmill walking training with rhythmic auditory stimulation on balance and gait in stroke patients, *Journal of Physical Therapy Science*, (2016), Vol.28, No.12, pp.3367-3370.
DOI: 10.1589/jpts.28.3367
- [13] M. Druzicki, A. Guzik, G. Przynsada, A. Kwolek, A. Brzozowska-Magon, Efficacy of gait training using a treadmill with and without visual biofeedback in patients after stroke: A randomized study, *Journal of Rehabilitation Medicine*, (2015), Vol.47, No.5, pp.419-425.
DOI: 10.2340/16501977-1949
- [14] M. D. Lewek, J. Feasel, E. Wentz, F. P. Brooks Jr, M. C. Whitton, Use of visual and proprioceptive feedback to improve gait speed and spatiotemporal symmetry following chronic stroke: a case series, *Physical Therapy*, (2012), Vol.92, No.5, pp.748-756.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20110206>
- [15] M. Ploughman, J. Shears, S. Quinton, C. Flight, M. O'brien, P. MacCallum, M. C. Kirkland, J. M. Byrne, Therapists' cues influence lower limb muscle activation and kinematics during gait training in subacute stroke, *Disability and Rehabilitation*, (2018), Vol.40, No.26, pp.3156-3163.
DOI: 10.1080/09638288.2017.1380720
- [16] D. S. Park, D. Y. Lee, S. J. Choi, W. S. Shin, Reliability and validity of the balancia using wii balance board for assessment of balance with stroke patients, *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation Society*, (2013), Vol.14, No.6, pp.2767-2672.
- [17] F. Medina-Mirapeix, I. Vivo-Fernandez, J. Lopez-Canizares, J. A. Garcia-Vidal, J. C. Benitez-Martinez, M. E. D. Bano-Aledo, Five times sit-to-stand test in subjects with total knee replacement: reliability and relationship with functional mobility tests, *Gait & posture*, (2018), Vol.59, pp.258-260.
DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.10.028
- [18] L. Blum, N. Komer-Bitensky, Usefulness of the berg balance scale in stroke rehabilitation: a systematic review,

Physical Therapy, (2008), Vol.88, No.5, pp.559-566.
DOI: 10.2522/ptj.20070205

- [19] O. Aoki, Y. Otani, S. Morishita, K. Domen, The effects of various visual conditions on trunk control during ambulation in chronic post stroke patients, *Gait Posture*, (2016), Vol.52, pp.301-307.
DOI: 10.1016/j.gaitpost.2016.12.018
- [20] J. C. Polese, L. Ada, C. M. Dean, L. R. Nascimento, L. F. Teixeira-Salmela, Treadmill training is effective for ambulatory adults with stroke: a systematic review, *Journal of Physiotherapy*, (2013), Vol.59, No.2, pp.73-80.
DOI: 10.1016/S1836-9553(13)70159-0
- [21] A. Brasileiro, G. Gama, L. Triqueiro, T. Ribeiro, E. Silva, E. Galvao, A. Lindquist, Influence of visual and auditory biofeedback on partial body weight support treadmill training of individuals with chronic hemiparesis: A randomized controlled clinical trial, *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, (2015), Vol.51, No.1, pp.49-58.
- [22] W. H. Kim, B. J. Jeon, Effect of Knowledge of Results and Performance on Motor Learning in Adult with Mental Retardation, *Korean Journal of Occupational Therapy*, (2005), Vol.13, No.2 pp.34-42.
UCI: G704-001654.2005.13.3.003