

로봇-보조 훈련이 뇌졸중환자의 균형과 족저압에 미치는 영향

박종혁, PT, MS¹, 이동엽, PT, PhD², 김진섭, PT, PhD², 홍지현, PT, PhD²

¹대전재활전문병원, ²선문대학교 물리치료학과

Effects of Robot-Assisted Training on Balance and Foot Pressure in Stroke Patients

Jong-Hyuk Park, PT, MS¹, Dong-Yeop Lee, PT, PhD², Jin-Seop Kim, PT, PhD², Ji-Heon Hong, PT, PhD²

¹Dept. of Physical Therapy, Daejeon Rehabilitation Hospital, Republic of Korea

²Dept. of Physical Therapy, Sunmoon University, Republic of Korea

Purpose Robotic rehabilitation therapy, which can reduce the workforce and time of the therapist, is widely used in stroke patients. The purpose of this study was to investigate the effects of robotic - assisted training on dynamic, static balance and foot pressure for stroke patients in hospitalized rehabilitation hospital in Daejeon. **Methods** The robot - assisted and balanced training was conducted three times a week for 6 weeks. Walking test, bug balance scale, total movement length, velocity, area and foot pressure of the center of the body were measured and evaluated to see the effect after intervention. **Results** The robot-assisted training group, the balanced training group, and the control group were significantly different before and after training ($p < 0.05$). Walking test, movement length and area, there was a significant difference in the control group ($p < 0.05$). There was no significant difference between the groups in the bug balance scale ($p > 0.05$). There was a significant difference in movement speed between the robot - assisted training group, the balanced training group, and the control group ($p < 0.05$). **Conclusion** The results of these studies indicate that robotic-assisted training affects the dynamic, static balance, and foot pressure of stroke patients and increases the balance and weight transfer capability of stroke patients when performed with balanced exercise and conventional general physical therapy. It is thought to be possible.

Key words Robot - assisted training, Balance training, Balance, Foot pressures, Strokes

Corresponding author Ji-Heon Hong (hgh1020@hanmail.net)

Received date 04 October 2020

Revised date 12 October 2020

Accept date 13 October 2020

1. 서론

뇌졸중이란 뇌혈관의 허혈성 또는 출혈성 원인으로 뇌 기능이 소실되어 다양한 증상이 동반되는 질환이다.¹⁾ 뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 신체의 중심을 비마비 쪽으로 이동하여 마비 쪽 다리의 움직임 제한과 근력 약화를 보상한다. 이러한 보상전략은 신체 움직임을 조절하는데 비효율적인 것으로 관절의 변화를 초래하고 높은 에너지소비와 정형외과적인 문제를 유발하여 운동 조절을 더 어렵게 만들고 지속적인 근 약화를 초래한다.²⁾

균형이란 두발이나 한발로 기저면(base of support; BOS) 내에서 중력중심(center of gravity; COG)을 유지하여 자세 안정성을 지속적으로 유지해가는 과정을 의미한다. 크게 동적

균형과 정적균형으로 나눌 수 있는데, 정적균형은 고정된 지면에서 흔들림 없이 있을 수 있는 능력을 말하고, 동적균형은 지면이 움직이거나 외부로부터 자극이 있을 때 혹은 스스로 움직일 때를 말한다.³⁾ 따라서 균형능력이 저하되면 일상생활에 제한을 주고, 움직임을 감소시키고 낙상율을 증가시킨다.⁴⁾ 이러한 낙상율이 증가되면 환자들은 낙상에 대해 크게 두려움을 느끼고, 자신감 부족으로 삶의 질이 떨어진다.⁵⁾ 따라서 뇌졸중이 발병하면 균형능력이 저하되어 일상생활 활동에 어려움이 따르고, 낙상과 같은 2차적인 문제점을 일으킨다.⁶⁾

발 감각의 변화가 족저압과 다리의 근육 활동에 미치는 영향에 관한 연구에서 뒤꿈치감각이 감소 될 때 압력중심은 유의하게 앞으로 이동한다. 앞장근의 활동이 감소하고, 안쪽 장딴지근의 활동이 증가하였다.⁷⁾ 현재 뇌졸중 환자들의 재활 운동 방법으로 보바스 치료(Bobath treatment) 및 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facili-

<http://dx.doi.org/10.17817/2020.10.12.111586>

tation, PNF) 등이 쓰이고 있고, 이외에는 수중 보행 운동,⁸⁾ 로봇-보조 훈련⁹⁾ 등이 널리 사용되고 있다.

로봇-보조 훈련이 신경계 환자들을 위해 많이 대두되고 있는데, 로봇-보조 훈련은 치료사의 노동력과 시간을 줄이고 가능하지 못한 범위의 치료까지 수행할 수 있는 장점이 있어 정밀하고 일관적인 치료를 반복적으로 제공할 수 있으므로 재활의 효율성과 질적인 측면을 향상시킬 수 있다.¹⁰⁾ 또한 로봇-보조 훈련은 간단한 조작을 통해 다양한 프로그램으로 치료를 제공할 수 있어 동기 유발적으로 집중력을 제공할 수 있고, 환자의 안전을 보장할 수 있는 장점이 있다.¹¹⁾ 로봇-보조훈련 장비의 장점에도 불구하고 아직 기술적으로나 개념적으로 정립이 되어 있지 않다. 로봇-보조 훈련과 관련된 선행연구는 연구대상자가 급성 뇌졸중 환자이거나 활력 징후인 체온, 호흡, 맥박, 혈압과 관련된 연구가 대부분이지만,¹²⁾ 만성 뇌졸중 환자의 균형과 족저압에 관련된 선행연구는 그리 많지 않았다. 따라서 본 연구는 로봇-보조 훈련을 이용하여 뇌졸중 환자의 균형과 족저압에 미치는 영향을 분석함으로써 비대칭적인 족저압과 하지 운동 기능을 향상시킬 수 있는 방법을 모색하고, 뇌졸중 환자의 균형훈련에 필요한 정보를 제공하고자 하였다. 마비 쪽 다리에 체중이동능력을 증가시키기 위해 로봇-보조 훈련을 이용하여 뇌졸중 환자의 균형과 족저압에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

CT나 MRI에 의해 뇌졸중 진단을 받은 자, 치료사의 감독 하에 15m 이상 보행이 가능하고 아무런 도움 없이 1분 이상 서 있을 수 있는 자, 마비 측 강직수준이 MAS(Modified ashworth scale) G1+ 이하인 자, 정형 외과적 질환이 없는 자, 뇌졸중 진단을 받고 6개월 이상 12개월 이하인 자, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 한국형 간이 정신상태 판별검사(Mini-mental state examination-korean version; MMSE-K) 점수가 24점 이상인 자를 대상으로 하였다. 본 연구는 30명의 뇌졸중 환자가 본 연구에 참여하였다. 대상자들은 연구에 대한 충분한 설명을 실시한 후 동의를 받고, 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군 그리고 대조군을 무작위로 나누어 실시하였다. 중재 전 사전검사를 실시한 후 로봇-보조 훈련군에서 1명, 균형훈련군에서 3명, 대조군에서 2명이 퇴원으로 6명이 탈락하였다. 24명으로 중재 후 사후검사를 실시하였다. 연구에 참가자들은 중재 전 모두 일반물리치료를 30분간 실시한 후 로봇-보조 훈련과 균형훈련을 실시하였다. 연구는 6주 동안 주 3회 실시하였다.

2. 중재방법

(1) 로봇-보조 훈련(Robot-assessment training)

로봇-보조훈련군에 참가한 환자들에게 Erigo pro(Hocoma AG, Switzerland)를 30분간 실시하였다. 바로누운자세에서 경사각을 0도에서 30도를 10분간 5초 간격으로 증가시켰고, 30도에서 60도로 증가시켜 10분간 실시하였으며, 그리고 90도로 증가시킨 후 10분간 실시하였다.¹²⁾ 로봇-보조훈련군에 참가한 뇌졸중 환자분들의 체중이동능력이 낮은 환자를 수직화 시켜 발뒤꿈치 감각자극훈련을 동반하여 하지의 펌 근에 자극을 이끌어내고, 모든 훈련 내용이 기록되어 수치화 할 수 있다(Figure 1).

(2) 균형훈련(Balance training)

균형훈련군에 참가한 뇌졸중 환자분들에게 Gstoettner¹³⁾이 제시한 운동 프로토콜을 기준으로 구성하여 30분간 실시하였다. 모든 운동은 양쪽 무릎 각도를 70° 정도 굽힘 상태에서 시작하였다. 앞뒤로 발 내밀기, 앞뒤로 발 내딛기, 한 다리로 서기, 쪼그려 앉기를 실시하고, 필요하면 균형을 유지하기 위해 손으로 벽이나 다른 지지대를 짚도록 하였다. 모든 운동은 눈을 뜬 상태에서 맨발로 실시하였다. 운동 간 휴식시간은 30초로 하였고, 운동시간은 30분으로 하였다.¹⁴⁾

(3) 평가도구 및 평가방법

일어나 걸어가기 검사(Timed up and go test; TUG)를 시행하였고, TUG검사는 대상자가 팔걸이가 있는 의자에 앉은 자세에서 시작과 동시에 의자에서 일어나 3m 지점까지 보행한 후 장애물을 돌아와서 의자에 앉기까지의 시간을 측정한다. 총 3회에 걸쳐 측정 후 그 평균값을 적용하였다. 측정자 내 신뢰도는 $r=0.99$, 측정자 간 신뢰도는 $r=0.98$ 로 높은 수준이다. 버그균형척도(Berg balance scale; BBS)는 BBS는 균형능력을 평가하는 척도로서 앉기, 서기, 자세변화 영역으로 나뉘며 14개의 항목으로 구성되어 있다. 0점부터 최고 4점까지 5점 척도로 구성되어 있으며 총점은 56점이다.¹⁵⁾ 신뢰도는



Figure 1. Robot - assisted training (Erigo pro)

ICC=.99로 신뢰도가 높은 수준이다.¹⁶⁾ 정적균형능력을 측정하기 위해 균형능력 측정 및 훈련 시스템인 AP1153 Biorescue(RM INGENIERIE, France)를 사용하였다. 정적균형을 검사하기 위하여 환자는 바로 선 자세에서 30° 정도 다리를 벌리고 앞을 주시하게 한 후에 측정 방법을 모니터를 통해 충분한 설명을 하였다. 눈을 뜬 상태에서 30초간 중심을 잡도록 한 후 몸의 중심점의 총 이동 길이(mm)와 움직이는 속도(cm/s), 면적(mm²)을 측정하여 평가하였고, 족저압 검사를 측정하기 위해 정적으로 서 있는 상태에서 양쪽 발의 압력 분포를 측정하였다.¹⁷⁾

(4) 분석방법

연구의 모든 통계적 분석방법은 SPSS ver. 18.0을 이용하였다. 수집된 자료는 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성을 검정하였고, 모든 자료의 정규분포를 확인하였다. 집단 내 전, 후 차이를 비교하기 위해 Wilcoxon를 실시했고, 집단 간 차이 비교를 위해 Kruskal-Wallis를 실시했다. 전, 후 차이 값으로 Mann-Whitney 검정을 사용하여 사후 검정을 실시하였고, 유의 확률(α)은 0.05 설정하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성 및 동질성 검정

연구 대상자의 일반적 특성 및 동질성 검정 결과는 다음과 같고, 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군, 대조군의 일반적 특성에 대하여 모두 동질한것으로 나타났다.

2. 균형검사의 비교

일어나 걸어가기 검사는 로봇-보조 훈련군에서 시행한 결과는 다음과 같다. 결과는 로봇-보조 훈련군, 균형훈련군, 대조군에서 검사 전, 후 TUG에 유의한 차이가 있었다. 군 간 차이를 보기 위해 사후분석 결과는 일어나 걸어가기 검사에서 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군에 유의한 차이가 있었고, 로봇-보조 훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 있었으며, 균형훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 없었다.

3. 버그균형척도의 변화

버그균형척도를 알아보기 위하여 실시한 균형평가 결과는 다음과 같다. 버그 균형 척도에서 로봇-보조 훈련군, 균형훈련군, 대조군에서 모두 유의한 차이가 없었다.

Table 1. General characteristics of subjects

(n=24)

	Robot-assisted training group (n=9)	Balance training group (n=7)	Control group (n=8)	F/ χ^2	P
age(years)	59.66±9.73	52.28±16.82	65.75±13.68	4.66	0.55
weight(kg)	63.00±6.50	70.14±4.87	63.50±5.75	4.33	0.48
height(cm)	162.22±6.07	170.00±5.25	165.12±5.11	6.33	0.71
MMSE(score)	27.77±1.39	28.42±1.27	28.87±0.99	4.33	0.43
affected side					
left	4	4	4		
right	5	3	4		

average ± standard deviation

Table 2. Comparison of TUG between pre-training and post-training

(n=24)

	Robot-assisted training group	Balance training group	Control group	χ^2	P
TUG(sec)					
Pre-training	69.08±21.54	37.88±5.58	38.59±13.89		
Post-training	58.10±18.50	36.02±5.80	36.89±14.36		
Variation	-10.98±8.52	-1.86±1.75	-1.69±1.19	12.40	0.00*
Z	-2.666	-2.197	-2.380		
P	0.00*	0.02*	0.01*		

TUG ; timed up and go Test, variation ; post-training-pre-training average ± standard deviation, *correlation is significant at p<0.05

Table 3. Comparison of BBS between pre-training and post-training

(n=24)

	Robot-assisted training group	Balance training group	Control group	χ^2	<i>P</i>
BBS(score)					
Pre-training	39.11±4.78	45.71±6.84	38.75±4.20		
Post-training	39.55±4.44	46.14±6.38	39.50±4.14		
Variation	0.44±0.72	0.42±0.53	0.75±0.88	.716	0.69
Z	-1.633	-1.732	-1.857		
<i>p</i>	0.10	0.08	0.06		

BBS ; berg balance scale, variation ; post-training-pre-training average ± standard deviation, *correlation is significant at $p < 0.05$

Table 4. Comparison of Distance between Pre-training and Post-training

(n=24)

	Robot-assisted training group	Balance training group	Control group	χ^2	<i>P</i>
Distance(mm)					
Pre-training	80.37±1.65	67.49±7.53	79.68±8.25		
Post-training	72.68±3.47	69.12±10.88	77.25±10.18		
Variation	-7.69±2.96	1.62±11.90	-2.42±3.59	9.11	0.01*
Z	-2.666	-.338	-2.240		
<i>p</i>	0.00*	0.73	0.02*		

variation ; post-training-pre-training average ± standard deviation, *correlation is significant at $p < 0.05$

Table 5. Comparison of Speed between Pre-training and Post-training

(n=24)

	Robot-assisted training group	Balance training group	Control group	χ^2	<i>P</i>
speed(cm/s)					
Pre-training	2.98±0.41	2.53±0.28	2.94±0.60		
Post-training	2.07±0.36	1.85±0.38	2.88±0.59		
Variation	-0.90± 0.27	-0.67± 0.54	-0.06± 0.04	13.92	0.00*
Z	-2.666	-2.366	-2.383		
<i>p</i>	0.00*	0.01*	0.01*		

variation ; post-training-pre-training average ± standard deviation, *Correlation is significant at $p < 0.05$

4. 움직임 이동길이 변화

움직임의 이동길이의 결과는 다음과 같다. 몸의 중심점의 총 이동길이와 면적에서는 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군에서 유의한 차이가 있었고, 로봇-보조 훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 있었으며, 균형훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 없었다.

5. 움직임 속도의 변화

움직임의 속도의 결과는 다음과 같다. 군 간 차이에서 사후분석 결과는 몸의 중심점이 움직이는 속도에서 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군에 유의한 차이가 없었고, 로봇-보조군과 대조군에서 유의한 차이가 있었으며, 균형훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 있었다.

Table 6. Comparison of Surface between Pre-training and Post-training

(n=24)

	Robot-assisted training group	Balance training group	Control group	χ^2	<i>P</i>
Surface(mm)					
Pre-training	6.48±1.75	3.69±1.80	6.19±2.03		
Post-training	2.40±1.07	2.28±0.64	4.11±2.23		
Variation	-4.08±1.38	-1.40±1.45	-2.07±1.93	8.54	0.01*
Z	-2.666	-2.197	-2.380		
p	0.00*	0.28	0.01*		

variation ; post-training-pre-training

average ± standard deviation, *correlation is significant at $p < 0.05$ **Table 7. Comparison of Foot Pressure between Pre-training and Post-training**

(n=24)

	Robot-assisted training group	Balance training group	Control group	χ^2	<i>P</i>
Foot pressure(%)					
Pre-training	39.47±3.35	44.09±4.53	44.15±4.41		
Post-training	50.00±1.85	48.00±3.24	44.81±4.31		
Variation	10.53±2.81	3.90±4.27	0.65±0.61	16.02	0.00*
Z	-2.666	-2.366	-2.254		
p	0.00*	0.01*	0.02*		

variation ; post-training-pre-training

average ± standard deviation, *Correlation is significant at $p < 0.05$

6. 움직임 면적의 변화

움직임의 면적의 결과는 다음과 같다. 면적에서는 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군에서 유의한 차이가 있었고, 로봇-보조 훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 있었으며, 균형훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 없었다.

7. 족저압의 변화

족저압 검사 결과는 다음과 같다. 로봇-보조 훈련을 적용하여 족저압을 비교한 결과 로봇-보조 훈련군, 균형훈련군, 대조군에서 검사 전, 후 족저압에 유의한 차이가 있었다. 군 간 차이를 보기위해 사후분석 결과는 족저압에서 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군에 유의한 차이가 있었고, 로봇-보조 훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 있었으며, 균형훈련군과 대조군에서 유의한 차이가 없었다.

IV. 고 찰

본 연구는 비대칭적인 체중이동이 뇌졸중 환자의 마비측 다

리에 체중이동을 증가시키기 위해 하지의 정확하고 반복적인 움직임으로 로봇-보조훈련 장비를 이용하여 주3회 6주간 실시하여 뇌졸중 환자의 균형과 족저압에 미치는 영향을 보고자 하였다.

선행 연구에 따르면 Kwakkel & Wagenaar¹⁸⁾의 연구에서는 뇌졸중환자에게 로봇-보조 훈련장비를 이용하여 정확성과 반복성을 통해 하지 사이 협응에 영향을 주어 자세 조절 및 적응력을 향상시킨다고 보고하였다.

본 연구와 비교해보면 로봇-보조 훈련을 실시하여 균형과 족저압의 변화를 본 부분에서는 동일할 수 있으나, Kwakkel & Wagenaar¹⁸⁾의 연구에서 정확성과 반복성으로 하지의 협응력을 증가시켰다고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 로봇-보조 훈련장비를 사용하여 체간을 고정하고 정확한 하지의 굽힘과 폼에 대한 움직임을 통하여 마비 측에 항중력근, 하지의 폼 근육들을 활성화시켜 균형능력과 마비측에 체중 지지를 향상시켰다. 반복적인 체중지지를 통해 하지의 폼 근육들이 활성화되어 이러한 결과가 나왔다고 생각된다. 체중지지를 통해 하지의 폼 근육들이 활성화되는 동안 발바닥에 감각적 피드백으로 족저압에도 영향을 미쳤다고 생각된다. 본 연구에서 족

저압을 사전 사후 변화에 유의한 차이가 있었고, 군 간 비교에서 유의한 차이가 있는 점으로 볼 때 로봇-보조 훈련이 반복적으로 적용한다면 뇌졸중환자의 족저압을 향상시켰음을 입증했다고 볼 수 있다.

함신철¹⁹⁾의 연구에서는 로봇-보조 훈련군이 대조군에 비해 TUG변화에 유의한 상관관계가 없었다고 한다. 하지만 본 연구에서는 TUG 값이 유의할 수 있었던 이유는 TUG검사의 경우 의자에 앉아서 목적지를 반환하여 다시 앉는 단순 직선 보행이 아닌 곡선이 있었다. 일어나는 복합적인 동작을 포함한 기능적 움직임 수행능력을 평가한다. 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군에서는 유의한 차이가 없었고, 훈련을 하지 않은 대조군과의 유의한 차이가 있었다. 로봇-보조 훈련과 균형훈련을 한 그룹은 동적균형이 향상시켰음을 입증하였다. Kim²⁰⁾에 연구는 뇌졸중 환자는 재활 초기에서 이용할 수 있는 로봇-보조장비를 사용하여, 체중지지와 다리의 반복적인 움직임과 근력강화를 통해 동적균형으로 일어나 걸어가기 검사, 버그균형척도, 정적균형으로는 몸의 중심점의 총 이동거리와 움직이는 속도, 면적의 변화를 측정하여 유의한 향상을 보고하였다. Bonan²¹⁾의 연구에서 균형 장애를 나타내는 원인을 결정하는 것에 대한 것은 균형에 대한 요소들은 여러 가지 다양한 요소들 때문에 영향을 받을 수 있기 때문이라고 보고하였다. 임종수²²⁾의 연구에서 균형능력측정을 위해 BPM을 측정한 결과 이동면적, 이동거리, 최대이동속도가 각각 감소하여 균형능력이 향상을 보여 본 연구의 결과를 뒷받침 해준다.

Jung & Won³⁾는 체중이동 훈련이 만성 뇌졸중 환자에게 체간 조절에 유의한 효과가 있다고 보고하였다. 대부분의 뇌졸중 환자는 체중을 비마비 측으로 유지하려고 하기 때문에 마비 측의 체중지지의 점도나 체중 이동의 속도와 방향성이 감소되는데 이 사실은 체중 이동능력의 상관관계를 말한다³⁾. 본 연구에서는 로봇-보조 훈련에서 바로 누운 자세에서 서서히 경사도를 세우고, 다리 움직임을 이용하여 펌 근육을 활성화시켜 비마비측의 체중이동능력을 증가하여 왼쪽과 오른쪽을 대칭적으로 만들어 뇌졸중 환자의 마비측의 체중이동능력을 향상시켜 양쪽 균형을 바로잡을 수 있게 연구를 진행하였다. 로봇-보조훈련은 균형과 족저압 변화의 전, 후 향상을 가져온다고 입증하였다. 이러한 결과는 Kim²⁰⁾의 뒷받침해준다. 사후 분석 결과는 버그균형척도에서 군 간에 유의한 차이가 없었다. 몸의 중심점이 움직이는 속도에서는 균형훈련군과 대조군에서만 향상이 보였다. 족저압과 몸의 중심점의 총 이동거리와 면적에서는 로봇-보조 훈련군과 균형훈련군에서만 향상을 보였다. 향후 뇌졸중환자에게 다양한 집단을 대상으로 연구에 참여함으로써 연령, 성별, 나이에 따른 연구가 필요할 것으로 생각되며 로봇-보조훈련 장치를 사용해 마비된 근육의 근 활성도와 근육의 긴장도의 변화를 확인할 수 있는 연구와 로봇-

보조 훈련장비를 사용하여 균형능력과 보행능력을 확인할 수 있는 연구가 필요할 것이라고 생각된다.

본 연구에서 로봇-보조 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 그리고 족저압에 영향을 미치는지에 대해 알아보았다. 로봇-보조 훈련과 균형훈련이 균형과 족저압에서 효과를 보였다. 하지만 로봇-보조 훈련을 통해 체중이동과 하지의 반복적인 움직임으로 감각적 피드백과 하지의 펌 근육을 활성화시켜 마비 측의 체중이동을 증가하여 왼쪽과 오른쪽을 대칭적으로 만들어 안정성을 개선시키는데 효과적인 영향을 미치는 것으로 사료된다. 따라서 로봇-보조 훈련과 균형훈련이 훈련 전, 후 균형 능력과 족저압에 효과가 있음을 입증하였다. 본 연구에서는 연구대상자의 수가 적었고, 로봇-보조훈련으로 연구한 선행연구의 부족으로 본 연구의 결과와 비교할 수 없는 점에서 치료 효과 검증에 제약이 될 수 있다고 생각된다. 본 연구에 이용한 로봇-보조 훈련장비가 훈련장비로 충분한 적용이 필요하고, 좀 더 지속적인 효과에 대한 추적 조사가 이루어져야 할 것으로 제안한다.

References

1. Eurala SH, Kononen P, Pitkanen, K, et al. Postural instability in patients with chronic stroke Restorative Neurology and Neuroscience. 2007;25(2):101-8.
2. Thielman, G, Kaminski T, Gentile AM. Rehabilitation of reaching after stroke; comparing 2 training protocols utilizing trunk restraint: Neurorehabil Neurorehabil Neural Repair. 2008;22(6):697-705.
3. Jung SR, Won JI. Effects of Dural-Task Training on Balance and Performance in Patients With Stroke. The Journal of Korean Physical Therapy. 2014;21(2):18-27.
4. Tyson SF, Hanley M, Chillala J, et al. Balance disability after stroke: Physical Therapy. 2006;86(1):30-8.
5. Woollacott M, Shumway-cook A. Attention and the control of posture and gait a review of emerging area of research. Gait & Posture. 2002;16(1):1-14.
6. Bouisset S, Duchene HL. Is body balance more perturbed by respiration in seating then in standing posture. Neuroreport. 1994;5(8):957-60.
7. Nurse MA, Nigg BM. The effect of changes in foot sensation on plantar pressure and muscle activity. Clinical Biomechanics. 2001;16(9):719-27.
8. Chu KS, Eng JJ, Dwason AS, et al. Water-based exercise for cardiovascular fitness in people with with chronic stroke: a randomized controlled trial. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2004;85:870-4.

9. Husemann B, Mijller F, Krewer C. Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: a randomized controlled pilot study. *Stroke*. 2007;38:349-54.
10. Riener R, Nef T, Colombo G. Robot-aided neurorehabilitation of the upper extremities. *Medical and biological engineering and computing*. 2005;43(1):2-10.
11. Gustavo S, Mindy L. Virtual Reality in stroke Rehabilitation A Meta-Analysis and Implications for Clinicians. *Stroke*. 2011;42:1380-6.
12. Rocco SC, Antonino N, Margherita R, et al. Do post-stroke patients benefit from robotic verticalization? A pilot-study focusing on a novel neurophysiological approach. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2015;33:671-81.
13. Park JE, Kim SE. Effects of the HQ muscle strengthening exercise with balanced exercise on the functional level of the lower extremities and the range of joint operation, muscle strength. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*. 2017;12(4):147-58.
14. Gstoettner M, Raschner C, Dirnberger E, et al. Preoperative proprioceptive training in patients with total knee arthroplasty. *The Knee*. 2011;18(4):265-70.
15. Kim JH, Lee SM, Jeon SH. Correlations among trunk impairment, functional performance, and muscle activity during forward reaching tasks in patients with chronic stroke. *Journal of physical therapy science*. 2015;27(9):2955-8.
16. Ko YJ, Ha HG, Bae YH, et al. Effect of space balance 3D training using visual feedback on balance and mobility acute stroke patients: *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27:1593-6.
17. Kim HS. The effect of tread type on muscle activity and balance of body and leg muscles during stem training of chronic stroke patients. a doctoral dissertation of science and science at Daegu University. 2015.
18. Kwakkel G, Wagenaar RC. Effect of duration of upper- and lower-extremity rehabilitation sessions and walking speed on recovery of interlimb coordination in hemiplegia gait. *Physical Therapy*. 2002;82(5):432-48.
19. Ham SC. Visual Retrofit Robot-The Effect of Auxiliary Walking Training on Walking and Balance and Balanced Self-confidence in Chronic Stroke Patients. a Gacheon University master's thesis. 2015.
20. Kim SY, Yang L, Park IJ, et al. Effects of innovative WALKBOT robotic-assisted locomotor training on balance and gait recovery in hemiparetic stroke a prospective, randomized, experimenter blinded case control study with a four-week follow-up. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2015;23(4):636-42.
21. Bonan IV, Colle FM, Guichard JP, et al. Reliance on visual information after stroke. Part I: Balance on dynamic posturography. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2004;85(2):268-73.
22. Lim JS. Effects of Stroke Patient's Inter-body Stabilization Exercise on Low Pressure and Balance of Foot. A Master's Degree thesis at Daegu University. 2009.

