

Title

The effect of seat incline angle in hemiplegic patient's standing up training

ABSTRACT

Objective: This study analyzes the effect of angle conditions of rehabilitation equipment for supporting the standing action of hemiplegic patients on their rehabilitation training. The study was performed by adjusting the rear angle of seat inclination through a motion analysis.

Background: Owing to a loss of muscle rigidity and degradation of muscle control ability, hemiplegic stroke patients suffer from asymmetrical posture, abnormal body balance, and degraded balance abilities due to poor weight-shifting capacity. The ability to shift and maintain one's weight is extremely essential for mobility, which plays an important role in our daily life. Thus, to improve their ability to maintain weight evenly and move normally, they need to undergo orthostatic and walking training..

Method: Using a motion analysis system, knee moments of both sides (hemiplegic side and non-hemiplegic side) were measured and analyzed for five angles (0°, 10°, 30°, 50°, 70°) supported by the sit-to-stand rehabilitation equipment.

Results: Knee moments of both sides increased as the angle increases in angle support interval to support hemiplegic patient's standing up. In standing up interval, hemiplegic patient's knee moment deviations of both sides decreased and the moment differences between hemiplegic and non-hemiplegic leg also decreased as the angle increase.

Conclusion: The results of this study showed that the rehabilitation effectiveness increases as the angle increases, leading to a balanced standing posture through the decrease of moment difference between hemiplegic and non-hemiplegic side and an improved standing up ability through the increase of knee moment on both sides. However, angles higher than 50° didn't provide significant effect. Therefore, the support angle under 50° was proposed in this study.

Application: The results of this study are expected to be applicable to the design of sit-to-stand support equipment to improve the effectiveness of the rehabilitation process of hemiplegia patients

Keywords

Standing up training equipment, Hemiplegic patient, Knee moment, Motion Analysis

1. Introduction

한국은 2000 년 고령화사회(ageing society; 65 세 이상의 인구비율이 7%이상)에 접어들었고, 2010 년 고령자 비율이 11.0%를 넘었으며, 2018 년 고령사회(aged society; 65 세 이상 인구비율이 14% 이상)에 접어들고 2026년에는 초고령사회(super aged society; 65 세 이상 인구비율이 20% 이상)에 접어들 것으로 예상되고 있다. 고령 인구의 증가에 따라 사회적으로 뇌졸중 등 뇌혈관계 질환 환자가 증가하고, 더불어 뇌졸중 후 장애를 가진 환자도 증가하고 있다.

뇌졸중은 뇌혈관의 파열 또는 폐색에 의한 비회상적 뇌손상을 말하며 운동기능의 상실, 감각이상, 인지, 언어장애, 혼수상태 등 신경학적 증상을 일으킨다(Burnfield, et al., 2013). 이러한 기능적 장애(functional disability)를 겪는 사람들의 장애를 최소화 하고, 일상으로의 빠른 복귀를 위해서는 재활 훈련(rehabilitation exercise)이 필요하다. 뇌졸중 환자의 재활치료에서 반복 훈련은 뇌의 가소성을 유도하고 유지하는데 필수적이다(Cooke, et al., 2010).

Butefisch, et al.(1995)는 27 명의 편마비 환자에서 마비측 수지의 굴곡과 신전 운동의 반복 훈련이 일반적인 Bobath 치료보다 악력 등 수지기능 회복에 효과적이었다고 보고하였고, Kawahira, et al. (2010)은 하지의 5 가지 동작을 하루 100 회 이상 반복하는 높은 강도의 반복 훈련을 시행하여 편마비 환자의 하지의 운동 기능 회복에 효과적이었다고 보고하였다.

우리나라의 뇌졸중 재활치료를 위한 한국형 표준 진료 지침에서는 치료강도에 대해 재활치료 시간의 증가는 기능 회복을 증진시키는 효과가 있다. 뇌졸중 발병 6 개월 이내의 환자에서 치료 시간의 차이는 의미 있는 기능회복의 차이를 일으킨다고 하였다. 그리고 기능적 훈련을 반복할 수 있는 기회가 주어지도록 해야 한다고 권고하고 있다(Kim, 2009).

운동 학습에서 운동 기술을 습득하기 위해서는 반복된 연습이 필요한 것과 같이 재활치료에서도 새로운 행동을 습득하거나 과거의 행동을 재 습득하기 위해서는 반복 훈련이 필요하다. 가능한 한 재활치료 시간을 늘려서 치료강도를 증가 시키고 반복 훈련을 시행하는 것이 환자의 기능 회복에 도움이 되지만 환자의 순응도, 치료사의 수, 치료사의 관심, 치료사의 업무부담 문제로 실제 임상 적용에는 제한이 있다 (Galvin, et al., 2008). 따라서 치료사의 업무 부담을 줄이고 재활훈련시 일관되고 반복적인 훈련이 가능한 재활훈련기기가 개발되고 있다.

재활훈련기기 중 기립훈련을 위한 훈련기기는 편마비 환자를 대상으로 환자의 기립자세 유지 또는 기립 동작을 지원해주는 목적의 훈련기로 훈련기 사용에 대한 다양한 선행연구가 있지만 환자의 재활로봇사용에 따른 임상적 유효성에 대한 연구, 또는 정상인의 재활로봇 사용 시 인체 동작에 대한 연구가 대부분으로 기립훈련기의 기립동작 지원 정도에 따른 효과 및 지원 정도 최적화에 대한 연구는 미비한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 좌면 각도를 상승시켜 기립을 지원해주는 기립훈련기의 좌면 각도에 따른 기립지원 효과를 분석하여 적합한 좌면 각도를 제안함을 목적으로 하고 있다.

2. Standing up training equipment

국제표준화기구(International Organization for Standardization: ISO)에서는 재활기기를 '장애, 손상, 사회적 불리의 예방, 보전, 완화 또는 중화시키기 위하여 장애인들이 사용하는 물건, 기구, 장비 또는 시스템으로서 특별히 장애인을 위해 제작된 것이나 일반 기성품'으로 정의하고 있다.

기립훈련장비는 주로 뇌병변장애를 가진 환자의 재활을 목적으로 사용한다. 뇌병변 장애란 중추 신경의 손상으로 인한 복합적인 장애로 뇌성마비, 외상성 뇌손상, 뇌졸중 등 뇌의 기질적 병변으로 인해 보행 또는 일상생활동작에 제한을 받는 것을 의미한다. 특히 뇌졸중은 뇌혈관의 파열 또는 폐색에 의한 비회상적 뇌손상을 말하며 운동기능의 상실, 감각이상, 인지, 언어장애, 혼수상태 등 신경학적 증상을 일으킨다.

뇌졸중 환자는 손상이 생긴 뇌의 반대편 몸의 근육이 마비되는 편마비 증상이 나타난다. 마비측의 근 경직과 근육 조절 능력의 저하로 전체 체중의 약 61~81%가 비마비측 하지에 편중되어 있으며(Sackley and Bauley, 1993), 운동능력의 저하 및 체중을 균등하게 유지하거나 이동하는 능력이 저하된다. 이러한 비대칭성으로 인해 마비된 상, 하지의 기능이 점점 약화되어 보행이나 운동과 같은 동적 자세를 취하는데 어려움이 있으며, 균형 및 보행이상, 체간과 사지의 분리운동, 체중이동시 골반의 전후 운동 등으로 일상생활 및 사회활동을 감소시킨다(Dijkeman, et al., 2004). 따라서 뇌졸중 후 편마비 환자는 앉은 상태에서 일어나는 전환 운동 중 낙상에 대한 위험이 크다. 뇌졸중 후 편마비환자의 기능적 장애(functional disability)를 최소화하고, 일상으로의 빠른 복귀를 위해서는 재활 훈련(rehabilitation exercise)이 필요하다.

편마비 환자의 재활 훈련은 Brunstrom stage 에 따르면 6 단계(1 단계: 전혀 움직이지 못하는 단계, 2 단계: 경직이 나타나는 단계, 3 단계: 근 경직 최고조 단계, 4 단계: 근 경직 감소, 움직임의 회복단계, 5 단계: 자발적으로 움직일 수 있는 단계, 6 단계: 경직이 없어지고 개별적인 관절운동가능)에 걸쳐 진행되며, 1~3 단계까지는 통증완화 치료를 하고 4 단계부터 기능훈련을 시작한다.

기립훈련은 보행훈련 전 단계의 훈련으로 4 단계의 환자를 대상으로 실시하며 기립 중 체중을 양쪽에 균등하게 분배 시킬 수 있는 능력의 훈련과 환측 하지로 체중을 지지하는 능력의 훈련을 한다. 또한 기능적 회복(기능적 회복: 신경학적 손상이 남아 있는 상태에서 환자의 노력과 재활치료를 통하여 이동능력 및 일상생활동작기능 등이 향상되는 것) 증진을 위하여 기립훈련과 함께 체위유지 훈련, 수동/능동적 관절가동 운동, 점진적 저항운동, 등의 훈련을 한다(Paik, 2001).

기립훈련은 환자로 하여금 환측을 지각할 수 있게 하고 환측의 감각기능 개선과 근육 긴장도 정상화 및 경련을 감소시키는데 효과가 있으며, 체중을 균등하게 유지하고 이동하는 능력을 상승시킨다. 또한 기립성 저혈압방지, 욕창방지, 하지의 체중부하 훈련, 혈액순환 증진, 관절 구축 및 변형 방지에 효과가 있다. 국내·외에서 사용되고 있는 기립훈련장비의 종류는 지원 방식과 목적에 따라 기립자세 방식과 기립동작 지원 방식으로 나눌 수 있다 (Figure 1).



Figure 1. Standing up training equipment

Kuznetsov, et al.(2013)는 뇌졸중 후 편마비 환자를 대상으로 기립훈련장비 사용에 따른 재활효과를 3개월에 걸쳐 혈압, 심전도, 혈류량 등으로 평가 하였고, Rea, et al(2013)는 정상인을 대상으로 의자에서 일어나는 동작시 무게중심(center of gravity; COG)을 분석하여 정상적인 기립동작을 연구하고 기립훈련장비를 개발하는 연구를 하였다, Burnfield, et al.(2012)는 정상인을 대상으로 기존의 기립동작 지원 방식의 기립훈련기 사용에 따른 인체 동작 메커니즘과 일반 기립동작 메커니즘을 비교 분석하여 기립훈련장비가 정확한 동작으로 기립동작을 지원 하는지를 분석하였다.

Jeyasurya, et al.(2013)는 정상인을 대상으로 현재 보급중인 기립훈련장비의 대표적인 기립지원 방식 (Seat assist, Waist assist belt, Arm assist, Bar assist)에 따른 기립지원효과를 동작 분석을 통하여 연구하였다.

이전의 기립지원장비에 관한 연구는 대부분 기립의 인체 동작 메커니즘을 비교하여 정확한 기립동작 지원 여부를 확인하는 연구가 대부분이었고, 기립훈련장비의 주 사용자인 장애를 가진 환자를 대상으로 한 연구보다는 정상인을 대상으로 수행한 연구가 대부분이었다. 또한 기립동작의 지원에서 중요한 설계변수인 좌면의 각도에 따라 기립의 지원효과가 어떻게 나타나는지에 대한 연구가 미비하였다.

따라서 본 연구에서는 기립훈련장비의 주 사용대상자인 뇌졸중 후 편마비환자를 대상으로 기립동작 지원 방식 중 좌면 각도 지원 조건에 따른 기립지원 효과를 규명하고, 이를 통하여 최적의 좌면 각도를 규명함으로써, 향후의 기립훈련장비의 설계에서 중요한 가이드로 활용할 수 있는 결과를 제공하고 자 하였다.

3. Experiment method

3.1 Subjects

기립동작은 편마비환자의 기립훈련을 위한 동작으로 보행훈련 전 단계의 훈련동작이다. 따라서 독립변수인 기립훈련 장비의 기립지원 각도에 대한 효과를 분석하기 위하여 결과에 영향을 줄 수 있는 요인인 손잡이 또는 지팡이를 사용하지 않고 독립적인 기립이 가능한 발병일 6개월 이상의 편마비환자를 피실험자로 선정하였다.

편마비를 가진 총 10명의 피실험자가 실험에 참여했고, 피실험자들의 평균연령은 58.9세(58.9±4.9세), 평균신장은 145cm(1450.4±446.9mm), 평균 몸무게는 65.4kg (65.4±12.5kg), 평균 체질량지수(Body Mass Index; BMI)는 25.88kg/m² (25.8±2.8kg/m²)였다. 피실험자들은 좌측마비 4명, 우측마비 6명으로 구성되었다. 10명중 5명은 낙상경험을 가지고 있고, 5명은 보조기를 사용하고 있으며, 3명은 감각장애를 가지고 있었다.

3.2 Experiment method

실험자는 실험전에 피실험자의 병력, 낙상유무, 보행상태, 통증유무, 감각결손 유무, 일상생활, 사회 활동 등의 기본 정보와 몸무게, BMI 등 기초 신체정보를 수집하였다. 그 후에 피실험자에게 실험복을 착용하도록 하고, 동작분석을 위한 반사 마커를 피실험자에게 부착하였다.

실험자는 피실험자에게 실험을 위한 앉는 자세 및 앉는 위치 등을 설명하였고 실험동작을 연습하게 한 후에 실험을 진행하였다.

기립훈련장비의 의자 경사 각도 조건에 따른 기립지원 효과를 분석하기 위하여 5가지 의자 각도(0°, 10°, 30°, 50°, 70°)에 대하여 실험을 진행하였다. 피실험자가 앉으면 실험장비의 의자가 틸팅되어 기립 동작을 지원 하게 된다 (Figure 2). 실험 동작은 피실험자가 초기 0°인 의자에 앉은 상태에서 각각의 의자 각도 지원 조건이 종료된 후 기립하는 동작으로 설정하였다. 피실험자의 다양한 신체를 고려하여 선행연구를 바탕으로 의자 높이를 피실험자의 오금높이로 설정하였다(Schenkman, 1990).



Figure 2. Experiment Scene

4. Results

기립지원장비의 좌면 경사각도에 따른 편마비환자의 기립 동작 분석을 위하여 피실험자의 동작을 ① 각도지원 구간과 ②기립 구간의 두 개 구간으로 나누었다. 각도지원 구간은 좌면의 각도가 0°인 의자에 앉아서 설정된 경사각도만큼 장비로부터 각도지원을 받는 구간으로 각도지원 시작부터 종료까지의 구간이다. 기립 구간은 기립지원장비로 부터 설정된 좌면 경사각도 만큼 기립 지원을 받은 후 피실험자가 기립하는 구간으로, 기립 동작의 시작부터 종료까지의 구간이다.

각도지원 구간에서는 설정된 좌면 경사 각도만큼 기립지원을 받는 동안 건측과 환측의 무릎에 발생하는 모멘트 (knee moment) 분석을 통하여 기립훈련을 위한 기립의 용이성이 각도에 따라 어떻게 변화하는지 알아보았다. 기립구간에서는 기립 지원 각도에 따른 고관절 굴곡 각도 (hip flexion angle) 분석과 건측과 환측의 knee moment 변화량을 분석하여 편마비 환자의 기립동작 특성을 알아보았다.

4.1 Knee moment analysis in standing up support interval

Figure 3은 각도지원구간에서 건측과 환측의 knee moment 변화를 기립지원 시작부터 종료까지 나타낸 그래프이다. 파란색 그래프는 피실험자의 건측 Knee moment이고, 초록색 그래프는 환측의 Knee moment 이다. 각도지원 조건이 증가할수록 Knee moment는 계속해서 증가하는 경향을 보임을 알 수 있지만, 70도 조건을 보면 각도지원 시작 후 Knee moment가 증가하다가 일정 수준 이상의 각도에서는 knee moment가 더 이상 증가하기 않고 수렴하는 것을 확인할 수 있다. 각도조건별 Knee moment 최대값을 표시한 Figure 4를 보면 지원 각도가 증가할수록 Knee moment의 최대값이 증가하다가 50도

이상에서는 증가량이 미미함을 확인할 수 있다. 따라서 각도의 지원이 증가할 수록 무릎에 걸리는 모멘트가 증가하여 기립동작을 용이하게 하지만, 50도 이상의 각도에서는 그 증가가 미미하여 별다른 효과가 없음을 알 수 있다. 이러한 결과를 분산분석 결과로부터 확인할 수 있다.

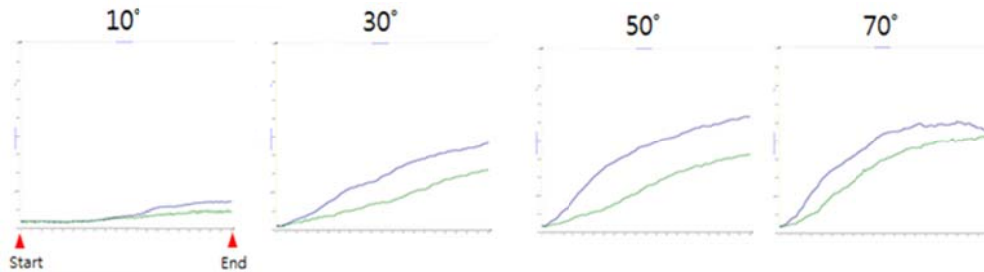


Figure 3. Knee moment with seat angle in standing up support interval

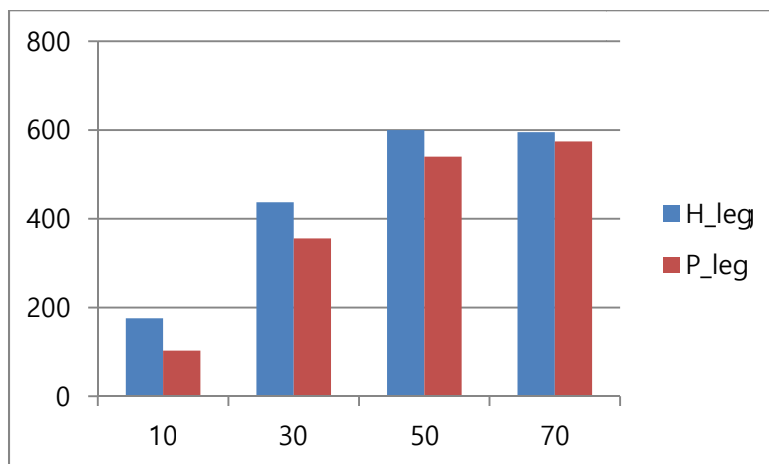


Figure 4. Maximum knee moment with seat angle

Knee moment의 최대값에 대하여 분산분석한 결과를 보면(table 1), 유의수준 0.05에서 지원각도가 knee moment에 유의한 영향을 줌을 알 수 있고(건측: $p=0.000 < 0.05$, 환측: $p=0.000 < 0.05$), 사후분석으로 Duncan 분석한 결과를 보면(table 2) 건측과 환측 모두 50도와 70도가 같은 그룹으로 분류된 것을 알 수 있다.

Table 1. ANOVA for knee moment

		SS	df	MS	F	Sig.
H_moment	B-G	831997.789	3	277332.596	20.304	.000
	W-G	327811.118	24	13658.797		
	Sum	1159808.907	27			
P_moment	B-G	979651.886	3	326550.629	17.551	.000
	W-G	446548.770	24	18606.199		
	Sum	1426200.656	27			

Table 2. Duncan's analysis (top: non-hemiplegic leg, bottom: hemiplegic leg)

angle	N	Subgroup at sig. level = 0.05		
		1	2	3
10.00	7	175.7467		
30.00	7		437.3241	
70.00	7			595.1080
50.00	7			599.8029
Sig.		1.000	1.000	.941

angle	N	Subgroup at sig. level = 0.05		
		1	2	3
10.00	7	103.0540		
30.00	7		355.5863	
50.00	7			539.8894
70.00	7			574.3987
Sig.		1.000	1.000	.640

4.2 Knee moment analysis in standing up interval

기립구간에서의 Knee moment는 상체를 숙여서 무게중심 이동후 엉덩이가 의자에서 떨어지고 운동량을 전송하면서 급격하게 증가하고 기립이 완성되면서 감소한다. Knee moment가 급격히 증가하는 구간의 변화량을 기립에 필요한 에너지라고 할 수 있다. Figure 5는 기립 구간 시작부터 종료까지의 Knee moment 변화 그래프로 파란색은 건측, 초록색은 환측을 나타낸다.

그래프를 보면, 건측에 작용하는 knee moment가 환측에 작용하는 값보다 더 큰 것을 알 수 있는데, 이것으로 부터 편마비 환자는 건측에 더 많은 체중부하를 두고 기립하는 것을 알 수 있다. 그리고 좌면 경사 각도가 증가함에 따라 Knee moment가 높은 상태로 기립이 시작되고, 기립이 진행되면서 knee moment 값이 감소하는 것을 알 수 있다. 또한 건측과 환측의 knee moment 차이가 경사각도 지원이 증가하면서 감소하는 것을 알 수 있다.

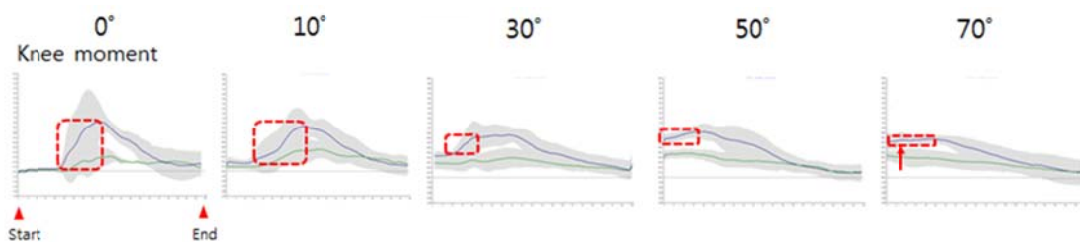


Figure 5. Knee moment with seat angle in standing up interval

건측과 환측의 knee moment 차이에 대한 유의성을 분석한 결과, 기립지원 경사각도는 건측과 환측의 knee moment 차이에 유의한 영향($p=0.004<0.05$)을 주었으며, 경사각도가 증가함에 따라 감소하는 것을 알 수 있었다. 동일 집단 분석을 위한 Duncan 분석결과, 50도와 70도 각도 조건은 동일 집단으로 분류되었다. 따라서 기립구간에서의 knee moment 분석 결과로부터, 기립지원장비의 좌면경사각도 지

원이 기립전 편마비 환자의 knee moment를 향상시켜 기립 훈련을 용이하게 하고, 건측과 환측 knee moment 차이를 감소시켜 환측 다리에 대한 기립 훈련 효과를 높여주는 것을 알 수 있다. 하지만 50도 이상의 각도 조건에서는 그 효과의 증가가 높지 않음을 알 수 있다.

4. Conclusion

본 연구에서는 편마비환자를 대상으로 기립훈련장비의 좌면각도 변화에 따른 기립훈련효과를 동작분석을 통하여 분석하였다. 본 연구를 통하여 기립지원각도가 증가할수록 knee moment 증가에 따라 기립에 필요한 에너지가 감소하는 결과로부터 기립동작에 대한 효과를 확인하였다. 또한 지원각도가 증가할수록 건측과 환측의 체중부하 비대칭 감소의 효과로부터 기립동작의 안정성을 향상할 수 있고, 환측 다리에 체중을 부여하여 기립 훈련의 효과를 향상할 수 있음을 확인할 수 있었다. 하지만, 기립지원장비의 기립지원각도가 50도 이상 증가하는 구간에 대해서는 기립훈련의 효과가 크게 증가하지 않음을 확인할 수 있었다.

따라서 본 연구의 분석 결과 지원각도가 증가할수록 균형 있는 기립과 환측의 체중부하를 증가시켜 재활효과를 증진시키는데 효과가 있지만 50도 이상의 각도지원은 기립지원의 효과 증가가 미미하기 때문에 기립훈련장비의 기립지원 경사 각도를 50도 이상으로 과도하게 설정하는 것은 별로 바람직하지 않음을 알 수 있다. 본 연구의 결과는 편마비 환자의 기립훈련 효과를 증진시키기 위한 기립훈련장비 디자인에 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

Reference

Butefisch, C., Hummelsheim, H., Denzler, P., Mauritz, K.H., Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand, *J. Neurol Sci.*, 130(1), 59-68, 1995.

Burnfield, J.M., Shu, Y., Buster, T.W., Taylor, A.P., McBride, M.M., Krause, M.E., Kinematic and electromyographic analyses of normal and device-assisted sit-to-stand transfers, *Gait Posture*, 36(3), 516-522, 2012.

Cao, E., Inoue, Y., Liu, T., Shibata, K., A Sit-to-Stand Training Robot and Its Performance Evaluation: Dynamic Analysis in Lower Limb Rehabilitation Activities, *Journal of System Design and Dynamics*, 6(4), 466-481, 2012.

Chang, A.T., Boots, R., Hodges, P.W., Paratz, J., Standing with assistance of a tilt table in intensive care: A survey of Australian physiotherapy practice, *The Australian journal of physiotherapy*, 50(1), 51-54, 2004.

Ferrarello, F., Deluca, G., Pizzi, A., Baldini, C., Iori, F., Marchionni, N., and Bari, M., Passive standing as an adjunct rehabilitation intervention after stroke: a randomized controlled trial, *Archives of Physiotherapy*,

5(2), 2015.

Chang, A.T., Boots, R.J., Hodges, P.W., Thomas, P.J., Paratz, J.D., Standing with the assistance of a tilt table improves minute ventilation in chronic critically ill patients, *Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(2), 1972–1976, 2004.

Cooke, E.V., Mares, K., Clark, A., Tallis, R.C., and Pomeroy, V.M., The effects of increased dose of exercise-based therapies to enhance motor recovery after stroke: a systematic review and meta-analysis, *BMC Medicine*, 8, 2010.

Dijkeman, H.C., Ietswaart, M., & Johnston, M., Does motor imagery training improve hand function in chronic stroke patients? A pilot study, *Clinical Rehabilitation*, 18(5), 538-549. 2004.

Galvin, R., Murphy, B., Cusack, T., Stokes, E., The impact of increased duration of exercise therapy on functional recovery following stroke - what is the evidence?, *Topics in Stroke Rehabilitation*, 15(4), 365-377, 2008.

Jeyasurya, J., Van der Loos, H.F., Hodgson, A., Croft, E.A., Comparison of seat, waist, and arm sit-to-stand assistance modalities in elderly population, *JRRD*, 50(6), 835-844, 2013.

Kawahira, K., Shimodozono, M., Etoh, S., Kamada, K., Noma, T., Tanaka, N., Effects of intensive repetition of a new facilitation technique on motor functional recovery of the hemiplegic upper limb and hand, *Brain Inj.*, 24(10), 1202-1213, 2010.

Kim, Y., et al., Clinical practice guideline for stroke rehabilitation in Korea, *Brain Neurorehabil*, 2, 1-38, 2009

Kuznetsov, A.N., Rybalko, N.V., Daminov, V.D., and Luft, A.R., Early Poststroke Rehabilitation Using a Robotic Tilt-Table Stepper and Functional Electrical Stimulation, *Stroke Research and Treatment*, 2013.

Paik, N.J., Rehabilitation of Hemiplegia, *J. of the K.S.C.N.*, 3(2), 229-233, 2001.

Rea, P., Ottaviano, E., and Castelli, G., A Procedure for the Design of Novel Assisting Devices for the Sit-to-Stand, *Journal of Bionic Engineering*, 10(4), 488–496, 2013.

Schenkman, M., Berger, R.A., Riley, P.O., Mann, R.W., Hodge, W.A.. Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther*, 70(10), 638–651, 1990.

Sackeley, C.M. & Bailey, B.I., Visual feedback after stroke with the balance performance monitor: Two single-case studies, *Clinical Rehabilitation*, 7, 189-195, 1993.