

## 닫힌 사슬 하지 저항운동이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향

문상훈 · 김영민<sup>†</sup>

라운 휴 병원 물리치료실, <sup>1</sup>한국교통대학교 물리치료학과

### Effects of Close Kinetic Chain Resistant Exercise of Lower Extremity on the Gait with Stroke

Sang-Hun Moon, PT, Young-Min Kim, PT, PhD<sup>†</sup>

Department of physical therapy, RAON HUE Hospital

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Korea National University of Transportation

Received: September 24, 2014 / Revised: October 29, 2014 / Accepted: November 5, 2014

© 2014 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** The purpose of the study was to determine the effects of close kinetic chain resistant exercise of lower extremity on the gait with stroke patients.

**METHODS:** The subjects were 50 patients who were diagnosed with cerebrovascular accident. They were randomly assigned either to a close kinetic chain resistant exercise of lower extremity group (study group)(n=25) or open kinetic chain resistant exercise of lower extremity exercise group (control group)(n=25). Gait abilities were measured by using Timed Up & Go (TUG) test, Functional Gait Assessment (FGA) and spatio-temporal gait variable that were velocity, cadence, stride length, double limb support by 3 axes wireless accelerometer and sway angle of center of mass by same instrument.

**RESULTS:** Study group and control group before and after

the intervention there were significantly difference in TUG, FGA, spatio-temporal gait variables and sway angle of center of mass ( $p < .05$ ). There were significantly different between study group and control group for all variables at post-exercise.

**CONCLUSION:** When all is said and done it is expected to be used as a method for the treatment and prevention in the process of rehabilitation of patients with stroke. In its final analysis when applying resistant exercise of lower extremity to stroke patients' gait, close kinetic chain is more effective than open kinetic chain.

**Key Words:** Close kinetic chain resistant exercise, Stroke, Gait

#### I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관 이상에 의해 야기되는 신경계 질환이며 인구 10만 명당 51.1명으로 한국인의 사망원인 2위를 차지하고 있다(Statistics Korea, 2012). 뇌졸중이 발병되면 70~75%는 뇌혈관의 경색 및 출혈영역에 따라 운동, 감각, 언어 등 다양한 기능장애를 갖게 된다

<sup>†</sup>Corresponding Author : ymkim@ut.ac.kr

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.

(Hardie 등, 2004). 뇌졸중 후에 발생하는 편마비는 운동 및 감각통로와 고위통합기능의 손상으로 적절한 근 긴장도와 자세를 유지할 수 있는 능력이 감소되고 선택적 움직임조절의 이상을 수반한다(Dobkin, 2005). 이로 인해 뇌졸중 환자는 보행이나 계단 오르기 등과 같은 기능적 활동이 제한되며 약 90%가 보행과 관련된 장애를 가지게 된다(Sharp와 Brouwer, 1997). 이는 일차적으로 전정척수로, 피질망상척수로의 손상으로 발생하며(Ahn 등, 2006) 이차적으로 신체 비활동 및 비사용에 의해 심혈관계의 약화가 야기되고 부족한 운동량으로 인한 근육의 약화, 연부조직의 구축 등 근골격계에도 영향을 미쳐 뇌졸중 이후 보행을 더욱 어렵게 만드는 요인이 된다(Kelly 등, 2003; Lamontagne 등, 2000).

보행개선을 위한 과거의 치료법은 주로 경직을 억제 하면서 근 긴장도를 정상화하는 것에 초점을 두었으나 경직이 감소되었음을 입증한다 하더라도 이를 통해 수의적, 기능적으로 운동조절능력이 증가되지 않았다고 보고되었다(Dietz와 Berger, 1984). 이 같은 결과에 따라 새로운 치료적 접근을 필요로 하게 되었다. 그 중 근력 훈련 자체가 경직을 비정상적으로 증가시키지 않는 것으로 알려지고 있고 기능적인 동작수행에도 도움이 된다는 보고가 이어지면서(Ada 등, 2006; Flansbjerg 등, 2008; Morris 등, 2004; Sterr와 Freivogel, 2004) 저항운동을 포함한 여러 가지 강도의 근력 운동이 뇌졸중 환자의 재활치료에 중요한 부분으로 인식되고 있다(Cramp 등, 2006). 최근에는 근력의 증진을 위한 닫힌 사슬(Close Kinetic Chain)과 열린 사슬(Open Kinetic Chain) 하지 저항 운동에 주목하고 있다.

닫힌 사슬 운동은 사지의 원위 부는 고정되어 있는 상태에서 근위부에서 일어나는 운동으로 근육의 안정성을 위한 길항근의 원심성 동시 수축력이 발생하고 원위부가 고정됨으로 인해서 관절의 압박력을 통한 안정성을 제공하며 고유수용성 감각을 촉진한다(Iwasaki 등, 2006). 반면 열린 사슬 운동은 근위부는 고정된 상태에서 원위부를 움직이는 방법으로 구심성 근수축이 우세하여 단 관절의 독립적인 강화운동을 위해 중요한 역할을 한다(Kim, 2007; Jang, 2003). Palmitier 등(1991)은 닫힌 사슬 운동이 보다 기능적 수행을 위한 과제를

포함한다고 하였고 Pinninger 등(2000)은 앉았다 일어서기, 마비측 하지에 체중 부하하기 등 하지 기능의 회복을 위해서는 일상동작과 관련이 있는 닫힌 사슬 운동이 더 효과적이라고 하였다. 또한 Nugent 등(1994)은 뇌졸중 환자에게 닫힌 사슬 체중부하훈련을 시행한 결과 보행의 개선이 뚜렷함을 보고하였다. Kim (2008)은 뇌졸중 환자의 하지에 닫힌 사슬 운동을 적용하였을 때 보행 속도를 향상시킨다고 하였고 닫힌 사슬 운동을 통한 근력의 증가는 골반 및 체간 안정성의 향상을 가져올 수 있으며 이것이 보행 시 에너지 효율을 높이고 정상적인 보행패턴을 훈련하는 과정에서 필수적이라고 하였다. 이처럼 닫힌 사슬 운동과 열린 사슬 운동이 신체에 미치는 영향은 일반적으로 닫힌 사슬 운동이 더 효과적이라고 하였지만 실제로 적용 하였을 때 보행의 요소 중 어떤 부분에 영향을 미치는가에 대한 연구가 필요하다고 생각되며 사지 움직임 및 보행에 지대한 영향을 미치는 체간의 움직임을 3차원으로 분석하여 보행변수를 좀 더 세부적이고 신뢰도 및 타당도 높게 규명해 보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상 및 절차

본 연구의 대상자는 서울시에 소재하고 있는 R 병원에서 뇌졸중으로 진단 받고 입원한 환자 중 본 연구의 내용을 이해하고 실험참여를 서면으로 동의한 50명의 환자를 대상으로 총 4주간 실험 전·후 비교 방식을 사용하여 실시하였다. 대상자는 발병 6개월 이상 경과한 환자 중 양 하지에 정형외과 질환이 없으며 하지의 경직이 수정된 Ashworth 척도(modified Ashworth scale) 2단계 이하의 독립적 보행이 가능한 자를 대상으로 하였다. 양측마비, 소뇌질환, 의사소통 불능 및 중력에 대항하여 하지근력이 불충분한 자는 제외하였다. 50명의 환자를 닫힌 사슬 운동군(실험군 25명)과 열린 사슬 운동군(대조군 25명)으로 제비를 뽑는 방식을 이용하여 무작위로 배치하였다. 이때 대상자에게 제비에 적힌 숫자 1과 2의 의미에 대한 설명은 하지 않았고 시행될 각각의 검사

방법과 훈련방법은 사전에 충분히 설명하였다.

## 2. 실험방법

실험군은 병원에서 시행되는 치료 후에 달린 사슬 운동용 공압식 기구(Leg press incline rehab, HUR, Finland)를 이용하여 시행하였다. 실험군은 1명씩 공압식 기구에 올라앉은 자세에서 슬관절 90도 굴곡자세를 시작점으로 하여 “다리를 쭉 펴보세요”라는 지시를 주어 가능한 범위까지 최대한 신전하였다가 최대굴곡자세까지 굴곡하였다. 저항의 양은 Kim 등(2010), Holten (1994), Prentice (1990)와 Saunders (1990)의 연구를 참고하여 약한 저항양에서 점진적으로 저항의 양을 증가시키는 방법으로 설정하였다. 운동은 총 10회 3set로 첫째 주에 대상자의 1RM을 측정 하였으며 1set는 1RM의 20%, 2set는 40%, 3set는 60%로 설정하였다. 둘째 주 다시 1RM을 측정하여 증가된 1RM의 20%, 40%, 60%를 시행하였다. 셋째 주 역시 둘째 주와 동일한 방식으로 실시하였고 넷째 주에는 저항을 증가시키지 않고 현재까지 증가된 근력에 대해 같은 횟수로 반복하여 지속효과(carry over)를 이끌어내기 위한 훈련을 실시하였다. 1set를 완료하지 못하고 대상자가 근피로를 느끼거나 통증을 호소할 때 또는 협응능력이 감소하면 즉시 운동을 중지하였고(Bae 등, 1999) 시행한 횟수가 6회 이하이면 근피로를 고려하여 1분간의 휴식 후 남은 횟수를 모두 시행하였으며(Kurugant 등, 2006) 7회 이상인 경우는 1set로 간주하고 1분간 휴식 후 다음 set로 진행하였다. 1set가 끝난 후에는 1분간 휴식하였고 하루 1회 4주간 주 5회 실시하였다.

대조군은 실험군과 같은 방식의 저항양 및 반복횟수를 설정하였다. 다만 열린 사슬 운동용 공압식 기구(Leg extension/calf rehab, HUR, Finland)를 이용하여 앉은 자세에서 슬관절 90도 굴곡자세를 시작점으로 하여 가능한 범위까지 최대한 신전하였다.

## 3. 측정방법

1) 일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go test, TUG)  
TUG 검사를 위해 팔걸이가 있는 의자에 앉아 일어

서서 3m 거리를 걸어서 반환점을 비마비측으로 돈 후 되돌아와 의자에 앉게 하였고 총 3회 측정 후 평균값을 구하였다. 뇌졸중 대상자에게서 측정자내 신뢰도는  $r=.99$ 이고 측정자간 신뢰도는  $r=.98$ 이다(Podsiadlo와 Richardson, 1991).

## 2) 기능적 보행검사(Functional Gait Assessment, FGA)

FGA는 총 10개의 항목으로 각 항목별로 0점에서 3점까지 줄 수 있는 4점 척도로 되어 있으며 최대 30점에서 최소 0점까지 줄 수 있고 총 3회 측정 후 총점의 평균값을 구하였다. 뇌졸중 대상자에게서 측정자내 급내상관계수  $r=.92\sim.95$ , 측정자간 신뢰도는  $r=.91$ 로 높은 신뢰도를 나타냈다(Won과 Yu, 2011).

## 3) 가속도계(Accelerometer)

대상자의 시·공간적 보행변수 및 체중심의 흔들림 각도를 측정하기 위하여 무선 3축 가속도계(wireless 3axis accelerometer)(G-WALK, BTS S.T.A., Italy)를 사용하였다. 실험 보조자가 출발선에서 대상자에게 ‘시작’이라는 출발 신호를 보냈다. 대상자가 1m 지점을 통과하여 첫 발이 땅에 내딛는 순간부터 측정을 시작하였고 4m 지점을 통과하여 첫 발을 내딛는 순간에 측정을 멈추었으며 1m를 더 보행 한 후 ‘그만’이라고 멈춤 신호를 하였다. 체중심의 흔들림각도는 회전의 거리 도( $^{\circ}$ )를 회전 값 라디안(radian, rad)으로 변환하여 회전에 대한 수치를 정밀하게 표시하도록 하였다. 뇌졸중 대상자에 대한 가속도계의 측정은 보시간에 대해 높은 상관관계를 보였고 활보시간에 대한 상관관계수가 좌·우 각각  $r=.93$  이상,  $r=.90$  이상으로 높은 신뢰도를 보였다(Lee 등, 2009).

## 4. 자료처리

본 연구의 통계적 분석은 윈도우용 PASW 18.0을 이용하였다. 모든 변수의 자료는 Kolmogorov-Smirnov 검정으로 정규분포함을 확인하였다. 대상자의 일반적인 특성을 비교하기 위해 카이제곱 검정(Chi-squared test) 및 독립표본 t 검정(independent t-test)을 실시하였고 각 군의 사전 종속변수의 동질성 검정을 위해 독립표

Table 1. General characteristics of the subjects

	Study group (n=24)	Control group (n=24)	X <sup>2</sup> /t	P
Sex				
Male	17 (34.0%)	14 (28.0%)		
Female	8 (16.0%)	11 (22.0%)	.76	.38
Age (yrs)	55.44±10.84	53.84±8.18	.59	.56
Height (cm)	166.76±8.93	163.64±9.13	.87	.23
Weight (kg)	65.56±11.68	60.08±14.85	.17	.15
Diagnosis				
Infarction	12 (24.0%)	14 (28.0%)		
Hemorrhage	13 (26.0%)	11 (22.0%)	.32	.57
Affected side				
Left	15 (30.0%)	14 (28.0%)		
Right	10 (20.0%)	11 (22.0%)	.08	.77
Duration of illness (month)	17.68±6.24	18.04±7.45	.23	.85

Values are N (%) or Mean±standard deviation, ns: not significant, Study group: Closed-chain exercises group, Control group: Open-chain exercises group

General characteristics and dependent variables are calculated by Chi-squared test and Independent t-test.

Table 2. Pre-homogeneity test for dependent variables

	Study group (n=24)	Control group (n=24)	X <sup>2</sup> /t	P
TUG (s)	26.19±10.41	23.76±12.27	.75	.46
FGA (score)	15.64±6.36	17.92±6.32	-1.27	.21
Velocity (m/s)	0.92±0.42	1.10±0.51	-1.34	.19
Cadence (steps/min)	79.78±23.87	82.10±23.14	-.35	.73
Stride length (cm)	1.31±.33	1.33±.42	-.18	.86
Double limb support (%)	20.58±6.20	18.33±5.75	1.33	.19
Axis X (rad)	28.65±7.71	30.31±8.02	-.75	.46
Axis Y (rad)	21.84±8.95	22.02±7.51	-.08	.94
Axis Z (rad)	22.91±9.76	23.53±12.07	-.20	.84

Mean±SD, TUG: Time up Go test, FGA: Functional gait assessment, Axis X: sagittal plane, Axis Y: frontal plane, Axis Z: transverse plane

본 t 검정을 실시하였다. 각 군의 군내 혼련 전·후 차이 비교를 위해 대응표본 t 검정(paired t-test)을 실시하였고 군간 사후 종속변수의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t 검정을 이용하였다. 통계적 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 대상자의 일반적 특성

실험군과 대조군의 성별, 연령, 신장, 체중, 손상진단, 마비측 및 발병기간의 일반적인 특성과 TUG, FGA, 보행속도, 분속수, 활보장, 양하지지지율 및 체중심의 흔들림 각도의 사전 동질성 검정결과 모든 변수에서 유의하지 않아 동질한 것으로 나타났다( $p>.05$ )(Table 1, 2).

Table 3. Comparison of TUG and FGA on each group

		Study group (n=24)	Control group (n=24)	t	P
TUG	Pre-	26.19±10.41	23.76±12.27	6.78	.00
	Post-	21.56±8.91	22.64±11.23		
	P	.00	.02		
FGA	Pre-	15.64±6.36	17.92±6.32	13.28	.00
	Post-	18.12±6.34	18.36±6.41		
	P	.00	.00		

Mean±SD, TUG: Time up Go test, FGA: Functional gait assessment

Table 4. Comparison of spatio-temporal gait variables on each group

		Study group (n=24)	Control group (n=24)	t	P
Velocity	Pre-	0.93±0.42	1.10±0.51	11.70	.00
	Post-	1.32±0.63	1.19±0.56		
	P	.00	.00		
Cadence	Pre-	79.78±23.87	82.10±23.14	9.53	.00
	Post-	93.25±24.09	87.22±23.78		
	P	.00	.00		
Stride length	Pre-	1.31±0.33	1.33±0.42	12.11	.00
	Post-	1.77±0.71	1.44±0.44		
	P	.00	.00		
Double limb support	Pre-	20.58±6.20	18.33±5.75	6.81	.00
	Post-	12.28±3.33	16.24±5.54		
	P	.00	.00		

Mean±SD

2. TUG 점수 변화에 대한 가설 검정

TUG점수 변화는 실험군과 대조군 모두 실험 전·후 유의하게 감소하였고(p<.05) 군간 비교에서 실험군이 대조군에 비해 유의하게 감소하였다(p<.05)(Table 3).

3. FGA 점수 변화에 대한 가설 검정

FGA점수 변화는 실험군과 대조군 모두 실험 전·후 유의하게 증가하였고(p<.05) 군간 비교에서 실험군이 대조군에 비해 유의하게 증가하였다(p<.05)(Table 3).

4. 시·공간적 보행변수에 대한 가설 검정

보행속도 변화는 실험군과 대조군 모두 실험 전·후 유의하게 증가하였고(p<.05) 군간 비교에서 실험군이

대조군에 비해 유의하게 증가하였으며(p<.05) 분속수 변화는 실험군과 대조군 모두 실험 전·후 유의하게 향상되었고(p<.05) 군간 비교에서 실험군이 대조군에 비해 유의하게 향상되었다(p<.05). 활보장은 실험 전·후 실험군과 대조군 모두 유의하게 향상 되었으며 (p<.05) 군간 비교 시 실험군에서 유의하게 향상 되었고 (p<.05) 양하지지지율은 실험군과 대조군 모두 실험 전·후 유의하게 감소하였으며(p<.05) 군간 비교에서 실험 군이 유의하게 감소하였다(p<.05)(Table 4).

5. 체중심의 흔들림 각도 변화에 대한 가설 검정

시상면, 관상면, 횡단면에서 각각 측정된 체중심의 흔들림 각도의 실험 전·후 비교 결과 모든 면에서 실험

Table 5. Comparison of sway angle on each group

		Study group (n=24)	Control group (n=24)	t	P
Axis X	Pre-	28.65±7.71	30.31±8.02	4.68	.02
	Post-	20.61±4.75	25.41±8.08		
	P	.00	.00		
Axis Y	Pre-	21.84±8.95	22.02±7.51	8.03	.03
	Post-	14.03±5.80	17.11±6.90		
	P	.00	.00		
Axis Z	Pre-	22.91±9.76	23.53±12.07	5.53	.00
	Post-	14.11±6.26	19.08±10.23		
	P	.00	.00		

Mean±SD, Axis X: sagittal plane, Axis Y: frontal plane, Axis Z: transverse plane

군과 대조군 모두 유의하게 감소하였으며( $p<.05$ ) 군간 비교 시 모든 면에서 실험군이 유의하게 감소하였다( $p<.05$ )(Table 5).

#### IV. 고 찰

본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 4주간 닫힌 사슬 운동이 보행에 미치는 영향에 대해 규명하고자 하였다. 운동의 방식에 따라 실험군과 대조군으로 나누어 각 군의 운동 효과에 따른 TUG, FGA, 시·공간적 보행검사, 체중심의 흔들림 각도를 측정하여 초기·4주 후의 변화를 비교하였다. 이들 평가방법 및 측정 장비는 뇌졸중 환자의 질적·양적 보행능력을 측정할 수 있는 신뢰도 높은 장비들로써 본 연구의 목적에 맞게 사용하기 유용하였다. 연구 결과 기능적 보행변수, 시·공간적 보행변수, 체중심 흔들림 각도에서 두 군 모두 유의한 향상을 보였으며 실험군이 대조군에 비해 높은 향상을 보였다.

본 연구에서 TUG 및 FGA를 측정 하였는데 두 변수 모두 실험군 및 대조군에서 유의하게 향상 되었으며 실험군의 향상이 대조군 보다 유의하였다. Byun 등(2011)은 2주간 뇌졸중 환자를 대상으로 슬라이딩 재활 기구를 이용한 닫힌 사슬 운동이 TUG의 증가를 보였다고 하여 본 연구의 결과를 뒷받침해준다. 닫힌 사슬 운동은 열린 사슬 운동에 비해 다관절 움직임과 체중지

지의 요소가 많이 포함되며 근수축의 개시가 빠르다는 점이 두 군간 실험 전·후 보행기능향상에 차이가 있었던 것으로 생각된다. 그러나 뇌졸중 환자를 대상으로 2주간 슬라이딩 재활기구를 이용한 닫힌 사슬 운동을 시행하고 Functional Ambulatory Category를 측정한 Nam 등(2006)의 연구에서는 일반적인 운동치료를 시행한 군에 비해 향상이 유의하지 않아 본 연구와 상반된 결과를 보였다. 본 연구는 4주간 실시한대 비해 2주간의 짧은 기간만 시행하여 근력증가로 인한 기능의 향상이 미비했던 것으로 생각된다.

또한 본 연구결과 보행속도 증가량이 실험군에서  $0.39\pm 0.34\text{m/s}$ , 대조군에서  $0.09\pm 0.09\text{m/s}$  로 모두 유의하게 증가하였다. 군간 비교 시 실험군에서 유의한 향상을 보였다. Squat 자세 등으로 구성된 닫힌 사슬 운동을 뇌졸중 환자에게 시행한 Cramp 등(2006)의 연구에서 슬관절 신전근의 등척성 수축력이 58%, 구심성 수축력은 51% 증가한 것에 따라 보행속도가 유의하게 향상 되었다고 하였다. Moris 등(2004)은 하지 신전근이 마비측 하지의 체중지지능력 및 지면반발력을 증가시키고 이것이 보행속도를 증가시킨다고 하여 본 연구의 결과를 뒷받침 해준다. 본 연구의 실험군도 이러한 이유로 인해 보행속도의 향상을 가져온 것으로 생각된다.

보행속도는 분속수와 상관관계가 매우 높은 것으로 알려져 있는데(Hesse 등, 2001) An과 Jung (2002), Perry와 Burnfield (2010)는 정상인의 분속수를 108.5~

113steps/min, 편마비환자는 77.57steps/min이라고 하였다. 본 연구의 실험군은 79.78±23.87steps/min, 대조군은 82.10±23.14steps/min로 비슷한 수치를 보였으며 실험 후 실험군은 93.25±24.09steps/min, 대조군은 87.22±23.78steps/min로 향상 되어 두 군 모두 향상이 유의하였다. 군간 비교에서는 실험군에서 유의하게 향상되었다. Lee 등(2011)의 연구에서 4주간 뇌졸중 환자에게 단한 사슬 운동을 적용한 결과 보속수가 78.03±18.08steps/min에서 83.23±19.62steps/min으로 유의하게 향상 되어 본 연구 결과와 일치하였다. 이처럼 단한 사슬 운동이 근육의 협응, 관절의 적합성 등을 증가시켜 동적 안정성과 자세 유지를 제공하고 기능적 위치에서의 기계적 압력을 통해 연부조직의 활동을 촉진했기 때문에 시간적 보행변수의 향상을 보인 것 이라고 사료 된다.

본 연구에서는 공간적 보행변수 또한 측정 하였는데 활보장의 증가량은 실험군에서 약 15%, 대조군에서 4%로 유의하였다. 실험군의 증가량이 더 유의하였다. Chae와 Lee (2010)는 뇌졸중 환자 24명을 대상으로 시행한 단한 사슬 운동이 포함된 체성감각 훈련을 8주 동안 시행한 결과 대조군에 비해 보장이 유의하게 증가하였다고 보고하여 비슷한 결과가 있었다. 이는 지면반발력이 증가하였기 때문이라고 하였는데 본 연구에서도 실험군의 지면반발력이 증가하여 보행 시 추진력에 효과가 있었다는 선행연구와 일치함을 보였다. 이로 인해 활보장의 중요 요소인 입각기의 발끝때기와 환측의 중간입각기의 정확도가 향상되어 활보장의 증가를 가져 온 것이라고 볼 수 있다.

또한 본 연구에서 양하지지지율이 실험군 및 대조군 모두 유의하게 감소하였고 실험군에서 대조군에 비해 유의하게 감소하였다. 발뒤꿈치가 지면에 제대로 잘 닿기 위해서는 근위부 슬괵근의 선택적인 활성화, 슬관절의 선택적인 신전, 원위부 슬괵근과 다리 뒤쪽 골격근의 원심성 길이 확보 및 족관절의 배측굴곡근과 중족지절관절 신전근이 능동적으로 수축해야 가능할 것이다(Crenna, 1998). 본 연구에서는 운동을 시행하는 동안 지속적으로 발과 족관절에 압력을 제공하였으며 그로 인해 증가된 신체 인식력과 체중부하의 민감도에 의해

마비측 하지의 신전근이 활성화되어 나타난 결과로 생각되어진다.

X축, Y축, Z축을 중심으로 한 체중심의 흔들림 각도에서 두군 모두 유의한 감소를 보였다. An 등(2010)은 체간조절이 팔, 다리의 운동기능 및 보행과 매우 밀접한 관계가 있다고 하였고 Kim (2008)은 뇌졸중 환자에게 시행한 단한 사슬 운동을 통한 골반의 안정성은 보행시 에너지 효율을 높이고 정상적인 보행패턴을 훈련하는 과정에서 중요한 요소라고 하였다. 본 연구에서 단한 사슬 운동을 통해 체중심의 흔들림을 감소시킴으로써 에너지 효율을 높였으며 상체와 하체의 중심기능향상으로 좀 더 리드미컬한 보행이 가능해 졌다고 생각 된다.

단한 사슬 운동은 과제수행의 역할이 한층 강화된 운동이며 단일 관절이 아닌 다면적 근력강화라는 측면이 본 연구의 성과에 대한 중요한 이유 중 하나라고 생각 된다. 또한 선행연구를 바탕으로 보았을 때 단한 사슬 운동이 열린 사슬 운동보다 하지 근력의 동원이 더욱 원활하여 하지 관절의 안정성을 증가시켜 보다 효율적이라고 생각되며 현재 임상에서 시행하고 있는 도수 운동법과 부가하여 사용하면 뇌졸중 환자의 기능향상에 더욱 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다. 또한 장비를 사용한 단한 사슬 운동을 통해 자가 운동을 함으로써 인력의 소요를 줄일 수 있는 효과적인 치료방법이라고 생각된다.

본 연구는 선행 연구에 비해 많은 수의 대상자를 선정하긴 하였으나 임상에서 일반적으로 사용하기 위한 지침을 내리기에는 대상자 수의 한계점이 있었다. 또한 한 병원의 환자만을 대상으로 함으로써 실험자와 대상자간의 완벽한 블라인드가 형성되지 않았다. 또한 양측하지를 동시에 운동을 시행함으로써 건측의 보상작용의 완전 제거가 힘들었다는 점이 있었다. 추후에는 여러 병원과 지역에서 더 많은 대상자를 대상으로 한 실험이 시행되어야 하고 환측의 선택적인 저항운동을 통한 연구가 진행되어야 한다고 사료된다.

## References

- Ada L, Dorsch S, Canning CG. Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review. *Aust J Physiother.* 2006; 52(4):241-8.
- Ahn YH, Ahn SH, Kim, H et al. Can stroke patients walk after complete lateral corticospinal tract injury of the affected hemisphere? *Neuroreport.* 2006;17(10): 987-90.
- An CS, Jung S. A study on gait analysis of normal adult and hemiplegia patients. *The Korean society of physical therapy.* 2002;14(3):143-8.
- An SH, Jung YJ, Park SY. The effects of trunk control ability on balance, gait, and functional performance ability in patients with stroke. *Korean academy of university trained physical therapists.* 2010;17(2):33-42.
- Bae SS, Kim TS, Kim OJ. A study of resistive therapeutic exercise prescription. *The journal of Korean society of physical therapy.* 1999;11(1):149-56.
- Byun SD, Jung TD, Kim CH et al. Effects of the sliding rehabilitation machine on balance and gait in chronic stroke patients-a controlled clinical trial. *Clin Rehabil.* 2011;25(5):408-15.
- Chae JB, Lee MH. The effects of somatosensory training on the spatiotemporal gait parameters and balance in patients with stroke. *J Korean Soc Phys Med.* 2010;5(4):587-96.
- Cramp MC, Greenwood RJ, Gill M et al. Low intensity strength training for ambulatory stroke patients. *Disabil Rehabil.* 2006;28(13-14):883-9.
- Crenna P. Spasticity and 'spastic' gait in children with cerebral palsy. *Neurosci Biobehav Rev.* 1998;22(4):571-8.
- Dietz V, Berger W. Interlimb coordination of posture in patients with spastic paresis. Impaired function of spinal reflexes. *Brain.* 1984;107(Pt3):965-78.
- Dobkin BH. *Clinical Practice. Rehabilitation after Stroke.* N Engl J of Med. 2005;352(16):1677-84.
- Flansbjerg UB, Miller M, Downham D et al. Progressive resistance training after stroke: effects on muscle strength, muscle tone, gait performance and perceived participation. *J Rehabil Med.* 2008;40(1):42-8.
- Hardie K, Hankey GJ, Jamrozik K et al. Ten-Year risk of first recurrent stroke and disability after first-ever stroke in the Perth Community Stroke Study. *Stroke.* 2004;35(3):731-5.
- Hesse S, Werner C, Paul T et al. Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1547-50.
- Holten O, Faugli H. *Medisinsk trenignsterapi.* Oslo. Universitets forlaget. 1994.
- Iwasaki T, Shiba N, Matsuse H et al. Improvement in knee extension strength through training by means of combined electrical stimulation and voluntary muscle contraction. *Tohoku J Exp Med.* 2006;209(1):33-40.
- Jang JW. The change of muscle activation in quadriceps femoris muscle during taking open kinetic chain exercise and closed kinetic chain exercise: on the subject of soccer players. *Master's Thesis, Korea University,* 2003.
- Kelly JO, Kilbreath SL, Davis GM et al. Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients. *Arch phys med rehabil.* 2003;84(12):1780-5.
- Kim DU. Effects of gluteus medius strengthening exercise on the balance and gait speed of adult hemiplegic patients. *Master's Thesis, Catholic University of Pusan,* 2008.
- Kim HG, Ko JY, Hur JG. Effect of a closed chain and open chain resistance exercise on lower extremity muscle activity, balance, gait for the patients with stroke. *J Korean Acad Ther.* 2010;2(1):73-82.
- Kim YJ. The effects of closed kinetic chain exercises on the stability of the knee joints of patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Master's Thesis, Daegu Yniversity,* 2007.
- Kurugant U, Parker P, Rickards J et al. Strength and muscle



- co-activation in older adults after lower limb strength training. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2006;36(9):761-6.
- Lamontagne A, Malouin F, Richards DL. Contribution of passive stiffness to ankle plantarflexion moment during gait after stroke. *Arch phys med Rehabil*. 2000;81(3):351-8.
- Lee HK, Hwang SJ, Cho SP et al. Development of novel step detection algorithm for gait evaluation of patients with hemiplegia based on trunk accelerometer. *J Biomed Eng Res*. 2009;30(3):213-20.
- Lee SK, Park MC, Shim JM et al. The effect of closed kinetic chain exercise with FES of the gluteus medius on gait in stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2011;6(1):1-8.
- Morris SL, Dodd KJ, Morris ME. Outcomes of progressive resistance strength training following stroke: a systematic review. *Clin Rehabil*. 2004;18(1):27-39.
- Nam KY, Kim KM, Park SW et al. The effects of sliding rehabilitation machine in patients with hemiplegia. *Korean stroke society*. 2006;8(1):86-91.
- Nugent JA, Schurr KA, Adams RD. A dose-response relationship between amount of weight-bearing exercise and walking outcome following cerebrovascular accident. *Arch Phys Med Rehabil*. 1994;75:399-402.
- Palmitier RA, An KN, Scott SG et al. Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med*. 1991;11(6):402-13.
- Perry J, Burnfield JM. *Gait analysis: normal and pathological function*. 2nd edition. New Jersey. Slack Co. 2010.
- Pinninger GJ, Steele JR, Thorstensson A et al. Tension regulation during lengthening and shortening actions of the human soleus muscle. *Eur J Appl Physiol*. 2000; 81(5):375-83.
- Podsiadlo D, Richardson S. The Timed UP & GO: a test basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39(2):142-8.
- Prentice WE. *Rehabilitation techniques in sports medicine*. 2nd ed. St. Louis. Times Mirror/Mosby College Pub. 1990.
- Saunders M. *Weight training and conditioning*, In Sanders, B (cd). London. Sports Physical Therapy. Appleton and Lange. 1990.
- Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Arch phys med Rehabil*. 1997;78(11):1231-6.
- Statistics Korea. 2012 statistically chronological list of the cause of death. Daejeon. Statistics Korea. 2012.
- Sterr A, Freivogel S. Intensive training in chronic upper limb hemiparesis does not increase spasticity or synergies. *Neurology*. 2004;63(11):2176-7.
- Won JI, Yu KH. Reliability of the functional gait assessment in patients with stroke. *Korean research society of physical therapy*. 2011;18(1):64-73.