

## 운동 사슬에 따른 하지 저항운동이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향

오용섭<sup>1</sup> · 허영구<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 물리치료과, <sup>2\*</sup>제주한라대학교 물리치료과 교수

### The Effect of Lower Limb Resistance Exercise Using a Kinetic Chain on Gait in Stroke Patients

Oh Yongseop, PT<sup>1</sup> · Hur Younggoo, PT, Ph.D<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Kyungbuk University, Professor

<sup>2\*</sup>Dept. of Physical Therapy, Cheju Halla University, Professor

#### Abstract

**Purpose** : The purpose of this study is to improve the stroke patient's gait ability by applying a closed or kinetic chain lower limb exercise

**Methods** : The study subjects were 48 hospitalized hemiplegic patients who agreed to participate in the study. 48 subjects went through the intervention: 24 in the experimental group and 24 in the control group. One set consisted of 10 repeats of the exercise. The subjects performed three sets of the exercise once a day, 5 times a week, for 6 weeks.

**Results** : TUG and FGA were significantly improved in the experimental group. The spatio-temporal gait variables in the experimental group all showed significant improvement. In the control group, velocity, cadence, and double limb support showed significant improvement, Trunk sway angle showed significant improvement in all three axes in both groups.

**Conclusion** : The results of this study indicate that a more positive effect in terms of improvement of the stroke patient's gait ability will be seen for closed rather than open kinetic chain lower limb resistance exercise.

---

**Key Words** : closed kinetic chain, gait, lower extremities, open kinetic chain, resistance exercise, stroke

\*교신저자 : 허영구, hug0909@chu.ac.kr

## I. 서론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

뇌졸중은 뇌혈관이상에 의해 야기되는 질환이며, 뇌혈관질환은 인구 10만 명당 51.1명으로 한국인의 사망원인 중 2위를 차지하고 있다. 뇌졸중으로 인한 사망연령은 사망인구 10만명당 50대 1,817명, 60대 2,958명, 70대 8,502명, 80세 이상 11,196명으로 연령이 증가할수록 급격한 증가 추세를 보이고 있다(Statistics, 2017).

뇌졸중이 발병되면 15~20 %가 사망하게 되고 10 %는 완전 회복되며 70~75 %는 뇌의 침범역역에 따라 운동, 감각, 언어 등 다양한 기능장애를 갖게 된다(Hardie 등, 2004).

뇌졸중 환자 중 90 %가 보행과 관련된 장애를 가지고 있으며 이는 전정척수로(vestibulospinal tract) 및 피질망상척수로(cortico-reticularspinal tract) 등의 손상으로 인해 발생할 수 있다고 보고되었다(Ahn 등, 2006). 이러한 일차적인 신경학적 손상에 의해 마비측 근력약화, 균형 장애, 비정상적인 근 긴장도 등이 나타나게 되며 이와 같은 원인에 의해 보행 장애가 일어나게 된다(Fritz 등, 2007).

현재까지 임상에서 시행되는 뇌졸중 환자의 보행에 대한 치료로는 Bobath 개념을 이용한 방법, 고유수용성 신경근 촉진기법, 시각적 피드백 운동, 환측 체중이동, 이중과제운동 등이 시행 되었다(Dorsch 등, 2018). 뇌졸중 환자의 보행 향상을 위한 과거의 치료법들은 강직을 억제하면서 근 긴장도를 정상화하는 것에 치료의 초점을 두었으나 이러한 치료법들은 과학적 이론으로 승화시키거나 임상적 근거에 대해 검증하기 힘들다는 많은 임상학자들의 견해가 있었다(Anderson & Lough, 1986; Carr & Shepherd, 2000; Carr & Shepherd, 2003; Gossman 등, 1982; Rose & Rothstien, 1982). 또한 치료를 통하여 강직(spasticity)의 감소를 입증한다 하더라도 이를 통해 수의적, 기능적으로 운동조절능력이 증가되지 않았음이 보고되었다(Dietz & Berger, 1984).

O'Neil 등(1993)은 치료과정에서 운동학적 사슬의 개념이 제시된 이후의 연구에서 하지손상일 경우 닫힌사

슬 운동이 더 유용하다고 하였고, Palmitier 등(1991)은 닫힌사슬 운동이 보다 기능적 수행을 위한 과제를 포함한다고 하였다. 또한 Davies(1995)는 닫힌사슬 운동이 열린사슬 운동에 비해 일상생활동작과 스포츠 활동 등과 유사한 기능적인 활동에 기여한다고 하였다. 또한 Nugent 등(1994)은 뇌졸중 환자에게 닫힌사슬 체중부하 운동을 시행한 결과 보행의 개선이 뚜렷함을 보고하였다. Kim 등(2001)은 뇌졸중 환자의 하지에 닫힌사슬 운동을 적용하였을 때 보행속도를 향상시킨다고 하였고 닫힌사슬 운동을 통한 근력의 증가는 골반 및 체간 안정성의 향상을 가져올 수 있으며 이것이 보행 시 에너지 소모의 감소 등 효율적인 보행을 훈련하는 과정에서 필수적이라고 하였다. 이처럼 닫힌사슬 운동과 열린사슬 운동이 신체에 미치는 영향은 일반적으로 닫힌사슬 운동이 더 효과적이라고 하였지만 실제로 적용하였을 때 어떠한 보행요소에 영향을 미치는가에 대한 연구가 필요하다고 생각된다. 이에 기능적 보행능력, 시·공간적인 보행의 요소를 측정함과 아울러 사지 움직임 및 보행에 지대한 영향을 미치는 체간의 움직임을 3차원으로 분석, 효율적 보행요소를 측정함으로써 뇌졸중 환자를 대상으로 운동 사슬에 따른 하지 저항운동 적용 시 보행 변화의 차이를 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 서울시에 소재하고 있는 R 병원 에서 뇌졸중으로 진단 받고 입원해 재활의학과에서 치료를 받고 있는 발병 6개월 이상 경과한 환자 중 본 연구의 내용을 이해하고 실험에 참여하기를 서면으로 동의한 사람으로 다음의 조건에 해당되는 총 50명의 환자를 대상으로 하였다. 실험군과 대조군의 선정은 두 명의 물리치료사가 각각 1, 2라는 숫자가 적힌 제비를 가지고 대상자의 병실에 직접 방문한 후 뽑는 방식으로 진행하였다. 대상자와 물리치료사에게는 숫자에 대한 의미는 설명하지 않았고, 숫자 1은 실험군(25명), 2는 대조군(25

명)으로 배정하였다.

본 연구의 대상자 선정기준은 다음과 같았다.

- 1) 뇌졸중으로 진단받고 6개월 이상 경과된 자
- 2) 간이정신상태검사(MMSE-K)에서 24점 이상인 자
- 3) 양 하지에 정형외과 질환이 없는 자
- 4) 양 하지의 Modified Ashworth Scale 경직도가 2단계 이하인 자
- 5) 중력에 대항하여 하지의 능동적 근수축을 통하여 관절가동이 가능한 자
- 6) 독립적 또는 보조 도구를 이용하여 보행이 가능한 자
- 7) 환자 본인과 보호자가 본 연구의 목적을 이해하여 연구에 참여하는 것을 서면으로 동의한 자

## 2. 연구 도구

### 1) 기능적 보행능력 측정

#### (1) 일어나 걸어가기 검사(Timed up and go test; TUG)

TUG 검사는 기본적인 운동성과 균형 및 보행을 빠르게 측정할 수 있는 검사법으로 팔걸이가 있는 의자에 앉은 자세로부터 일어서서 3 m 거리를 걸어서 반환점을 비마비측으로 돈 후 되돌아와 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법으로 총 3회 측정 후 평균값을 구하였다. TUG 검사의 결과는 족관절 저축굴곡근의 근력과, 보행능력, 지구력을 알아보는 지표로 유의성이 있으며, 30초 이상이면 기초 보행 능력이 독립적이지 못하므로 혼자서 실외 활동을 할 수 없다고 알려져 있다(Ng & Hui-Chan, 2005). 또한 TUG 검사는 특성화된 대상자의 검사-재검사 측정에서도 유용하게 사용될 수 있다고 보고되었으며 뇌졸중 환자에서 이 검사의 측정자 내 신뢰도는  $r=.99$ 이고 측정자간 신뢰도는  $r=.98$ 로 나타났다(Podsiadlo & Richadson, 1991).

#### (2) 기능적 보행검사(Functional gait assessment; FGA)

Shumway-Cook과 Woollacott(1995)는 변화하는 상황 속에서 보행할 수 있는 능력 즉 보행의 동적인 능력을 평가하기 위해서 동적 보행지수(Dynamic gait index; DGI)를 개발하였다. 그러나 동적 보행지수는 기능적인 수준

에 따른 변별력이 부족하고 높은 수준의 기능을 가진 대상자는 만점에 가까운 점수가 나오는 천장효과가 있다고 하여 이를 보완하여 안정성의 작은 변화까지도 잘 감지할 수 있는 기능적 보행평가(Functional gait assessment; FGA)가 개발되었다(Wrisley 등, 2004). FGA는 각 항목별로 0점에서 3점까지 줄 수 있는 4점 척도로 되어 있으며 완전하게 시행할 수 있는 경우 3점, 약간의 장애가 있는 경우 2점, 중등도의 장애가 있는 경우 1점, 심한 장애가 있거나 불가능한 경우 0점을 주도록 되어있다. 총 10개의 항목으로 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(Won & Yu, 2011).

### 2) 시·공간적 보행능력 측정

대상자의 양적 보행변수 중 시간적 요소로 보행속도 및 분속수를 측정하였고 공간적 요소로 활보장과 양다리지지율을 측정하였다. 측정은 무선 3축 가속도계(wireless 3 axes accelerometer)(G-WALK, BTS S.T.A., Italy)를 사용하였다. 가속도계의 민감도는 가변속도(variable speed)의 회전자에 의해 교정되고(Bouten 등, 1997) 이를 통하여 신체 움직임을 전자센서로 모니터링하여 3축인 X축(sagittal plane), Y축(frontal plane), Z축(transverse plane)으로 골반이 회전하는 각도를 추출하였다.

본 연구에 사용된 가속도계는 탄력 있는 밴드로 허리에 고정할 수 있는 유형으로 요추 3번과 4번 사이에 고정하였다. 실험보조자가 출발선에서 가속도계의 전원을 켜고 컴퓨터 화면에 신체 좌표에 대한 모터링이 시작되는 것을 확인한 후 대상자에게 ‘시작’이라는 출발신호를 보냈다. 대상자가 1 m 지점을 통과하여 첫 발이 땅에 내딛는 순간부터 자료저장 버튼을 눌러 좌표의 숫자를 수집하고 4 m 지점을 통과하여 첫 발을 내딛는 순간 자료저장중지 버튼을 눌러 자료 수집을 멈추고 1 m를 더 보행한 후 정지선을 통과하면 ‘그만’이라고 신호를 주어 보행을 멈추었고 수집된 데이터를 저장하였다.

### 3) 효율적 보행능력 측정

효율적인 보행능력을 측정하기 위해 무선 3축 가속도계를 이용하여 체중심의 흔들림 각도를 측정하였다. 측정은 시·공간적 보행변수 측정과 함께 같은 방식 즉, 3축(X축, Y축, Z축)으로 좌표를 측정하였다. 측정값은 회전의 거리 도(°)를 회전 값 라디안(radian, rd)으로 변환하여 회전에 대한 수치를 정밀하게 표시하도록 하였다. 변환식은 아래와 같다. 원주율( $\pi$ )은 통상적인 방법으로 소수점 둘째 자리에서 반올림하여 사용하였다.

뇌졸중 환자에 대한 가속도계의 측정은 확보시간에 대해 높은 상관관계를 보였고 확보시간에 대한 상관계수가 좌·우 각각  $r=0.93$  이상,  $r=0.90$  이상으로 높은 신뢰도를 보였다(Lee 등, 2009).

$$X_{rad} = X * (180/\pi) \text{ deg}$$

\*  $\pi \approx 3.14 (= 3.1415926535\dots)$

\* deg = degree (°)

### 3. 연구 절차

#### 1) 닫힌사슬 하지 저항운동(실험군)

실험군은 병원에서 시행되는 운동 후에 운동용 공압식 기구(Leg press incline rehab, HUR, Finland)를 이용하여 시행하였다. 1명씩 공압식 기구에 올라 누운 자세에서 환측 슬관절 90° 굴곡자세를 시작점으로 하여 “다리를 쭉 펴보세요”라는 지시를 주어 가능한 범위까지 최대한 신전하였다가 최대 굴곡자세까지 굴곡하였다. 저항의 양은 많은 연구자들이 6 RM에서 15 RM까지를 추천하였고(Prentice, 2011) 항의 양과 반복횟수를 설정하여 예비실험을 하던 중 대상자가 뇌졸중으로 인해 정상인에 비해 근 피로를 빠른 시간에 느낀다는 한계점이 노출되었고 이를 보완하기 위해 점진적으로 저항의 양을 증가시키는 방법을 고안하여 최종 저항량 및 반복횟수를 설정하였다. 운동은 총 10 회 3 set로 구성 되었고 첫째 주에 대상자의 1 RM을 측정 하였으며 1 set는 1 RM의 20%, 2 set는 40%, 3 set는 60%로 설정하여 시행하였다. 둘째 주 다시 1 RM을 측정하여 측정된 1 RM의 20%, 40%, 60%를 각각 10 회씩 3 set를 시행하였다. 셋째, 넷

째, 다섯째 주 역시 1 RM을 재측정하여 첫째 및 둘째 주와 같은 양으로 실시하였고 여섯째 주에는 저항을 증가시키지 않고 현재까지 증가된 근력에 대해 같은 횟수로 반복하여 지속효과(carry over)를 이끌어 내기 위한 운동을 실시하였다. 1 set를 완료하지 못하고 대상자가 근 피로를 느끼거나 통증을 호소할 때 또는 협응능력이 감소하면 즉시 운동을 중지하였고(Bae 등, 1999), 시행한 횟수가 6 회 이하이면 근 피로를 고려하여 1 분간의 휴식 후 남은 횟수를 모두 시행하였으며(Kuruganti 등, 2006), 7 회 이상인 경우는 1 set로 간주하고 1 분간 휴식 후 다음 set로 진행하였다. 1 set가 끝난 후에는 1 분간 휴식하였고, 하루 1 회 주 5 회 6주간 실시하였다(Table 1). 물리치료사 1명이 대상자가 기구를 타고 내리는 과정에서 안전사고에 대비하였고 다른 1명은 대상자가 운동을 시행하는 동안 숫자를 세어주거나 set를 최대한 모두 시행할 수 있도록 독려했다. 1명의 물리치료사는 대상자의 1 RM 측정 및 중재를 시작하기 전과 중재기간이 끝난 후에 시행되는 측정에 참여하였다. 2명의 운동보조자와 1명의 측정담당자에게는 실험에 대한 편견을 없애기 위하여 실험의 목적 및 기대하는 효과에 대한 설명은 하지 않았고 중재 시 확인해야 할 사항과 측정방법 및 측정 시 주의해야 할 사항에 대해서만 충분히 설명하였다(Fig 1).

#### 2) 열린사슬 하지 저항운동(대조군)

대조군은 실험군과 같은 방식의 저항량 및 반복횟수를 설정하였다. 병원에서 시행되는 운동 후에 운동용 공압식 기구(Leg extension/calf, HUR, Finland)를 이용하여 앉은 자세에서 환측 슬관절 90° 굴곡자세를 시작점으로 하여 가능한 범위까지 최대한 신전하였다. 1 set 당 10회 3 set로 구성 되었고 먼저 대상자의 1 RM을 측정 하였으며 1 set는 1 RM의 20%, 2 set는 40%, 3 set는 60%로 설정하여 시행하였다. 각 주별 증가량은 실험군과 동일하게 설정하였다. 1 set가 끝난 후에는 1 분간의 휴식 시간을 가졌으며 하루 1 회 주 5 회 6주간 실시하였다(Table 1). 또한, 2명의 운동보조자와 1명의 측정담당자 역시 동일하게 설정하였다.

Table 1. The program of resistance exercise

일시		프로그램 내용
주차	회차	
1 주차 ~ 5 주차	측정	· 닫힌사슬 운동 또는 열린사슬 운동기구위에 앉아 최대 관절 가동 범위에서 1RM 측정
	1set	· 1RM의 20% 무게로 닫힌사슬 운동 또는 열린사슬 운동 10회 시행 · 운동을 시행하는 동안 숫자를 세어 주거나 set를 최대한 모두 시행 할 수 있도록 독려
	휴식	· 1분
	2set	· 1RM의 40% 무게로 닫힌사슬 운동 또는 열린사슬 운동 10회 시행 · 운동을 시행하는 동안 숫자를 세어 주거나 set를 최대한 모두 시행 할 수 있도록 독려
	휴식	· 1분
	3set	· 1RM의 60% 무게로 닫힌사슬 운동 또는 열린사슬 운동 10회 시행 · 운동을 시행하는 동안 숫자를 세어 주거나 set를 최대한 모두 시행 할 수 있도록 독려
6 주차	측정	· 새로 측정하지 않고 5주차에서 측정 된 1RM을 확인
	1set	· 1RM의 20% 무게로 닫힌사슬 운동 또는 열린사슬 운동 10회 시행 · 운동을 시행하는 동안 숫자를 세어 주거나 set를 최대한 모두 시행 할 수 있도록 독려
	휴식	· 1분
	2set	· 1RM의 40% 무게로 닫힌사슬 운동 또는 열린사슬 운동 10회 시행 · 운동을 시행하는 동안 숫자를 세어 주거나 set를 최대한 모두 시행 할 수 있도록 독려
	휴식	· 1분
	3set	· 1RM의 60% 무게로 닫힌사슬 운동 또는 열린사슬 운동 10회 시행 · 운동을 시행하는 동안 숫자를 세어 주거나 set를 최대한 모두 시행 할 수 있도록 독려

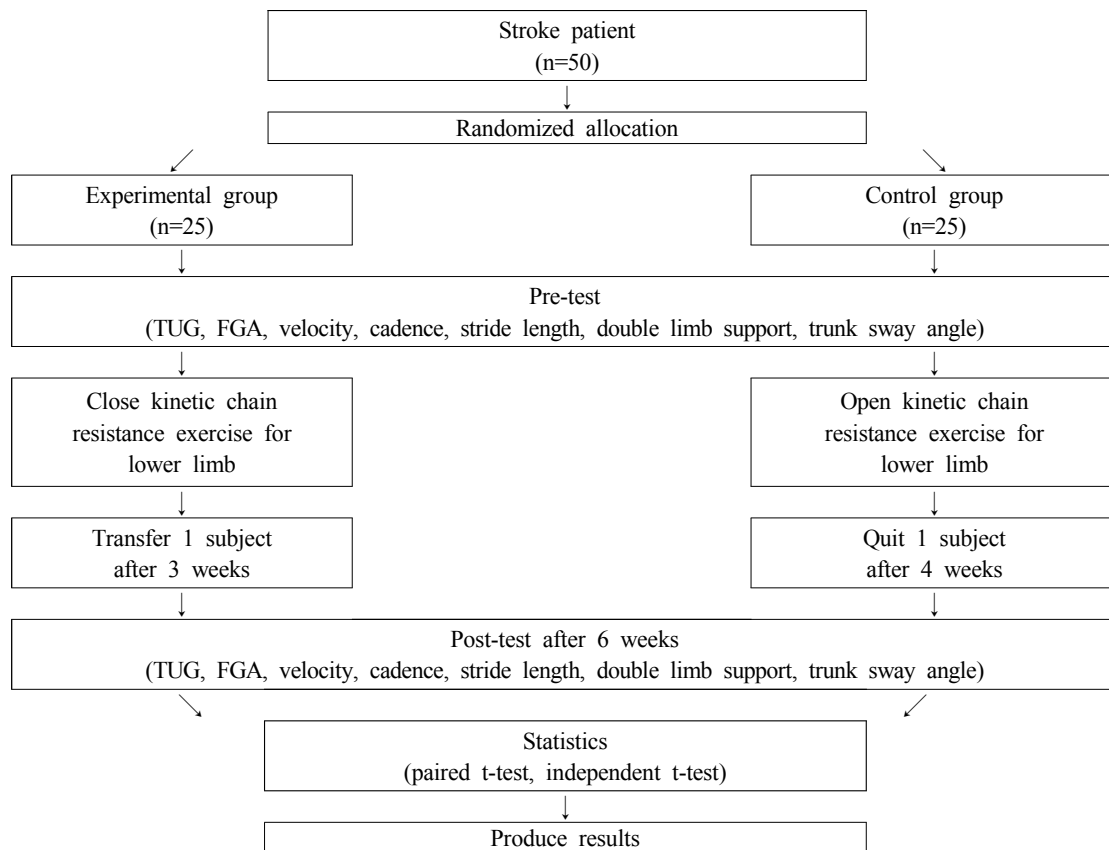


Fig 1. Study flow chart

4. 자료처리

본 연구의 통계적 분석은 윈도우용 PASW 18.0을 이용하였다. 모든 변수의 자료는 Kolmogorov-Smirnov 검정으로 정규분포 함을 확인하였다. 대상자의 일반적인 특성을 비교하기 위해 카이제곱(Chi-squared test) 검정 및 독립표본 t 검정(independent t-test)을 실시하였고 각 군의 사전 종속변수의 동질성 검정을 위해 독립표본 t 검정을 이용하였다. 각 군의 군내 중재 전·후 차이 비교를 위해 대응표본 t 검정(paired t-test)을 실시하였고 군간 사후 종속변수의 차이를 비교하기 위해 독립표본 t 검정을 이용하였다. 모든 통계적 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 하였다.

IV. 연구결과

1. 대상자의 일반적인 특성

최종 연구 대상자는 48명이었으며, 단한사슬 하지운동군(실험군) 24명, 열린사슬 하지운동군(대조군) 24명이었

다. 일반적 특성에 있어서 각 군에 유의한 차이가 있는지 알아보기 위하여 카이제곱검정(chi-squared test)과 독립표본 t검정(independent t-test)을 시행 한 결과 각 군 간에 동질성을 만족하였다.

연구 대상자의 일반적 특성에서 성별은 실험군에서 남자 17명(70.8 %), 여자 7명(29.2 %), 대조군에서 남자 12명(50.0 %), 여자 12명(50.0 %)으로 군간 유의한 차이가 없었다. 평균 연령은 실험군에서 53.63±8.08 세, 대조군에서는 53.96±8.33 세로 군 간 동질하였다. 신장은 실험군 167.04±9.01 cm, 대조군 162.88±9.27 cm, 체중은 실험군이 65.88±11.82 kg, 대조군이 62.46±15.28 kg으로 각각 군간 동질성을 만족하였다. 진단명은 실험군에서 뇌경색 12명(50.0 %), 뇌출혈 12명(50.0 %), 대조군에서 뇌경색 13명(54.2 %), 뇌출혈 11명(45.8 %)으로 군간 유의하지 않았으며 마비 부위는 실험군에서 우측 마비 9명(37.5 %), 좌측 마비 15명(62.5 %), 대조군에서 우측 마비 11명(45.8 %), 좌측 마비 13명(54.2 %)으로 군간 동질하였다. 유병기간은 실험군에서 17.79±6.35 개월, 대조군에서 17.79±7.51 개월로 군간 유의한 차이가 없었다 (Table 2).

Table 2. General characteristics of the subjects

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	$\chi^2/t$	P
Sex				
Male	17(70.8 %)	12(50.0 %),	2.178	.140
Female	7(29.2.0 %)	12명(50.0 %)		
Age (yr)	53.63±8.08	53.96±8.33	-1.41	.889
Height (cm)	167.04±9.01	162.88±9.27	1.580	.121
Weight (kg)	65.88±11.82	62.46±15.28	.867	.391
Diagnosis				
Infarction	12(50.0 %)	13(54.2 %)	.083	.773
Hemorrhage	12(50.0 %)	11(45.8 %)		
Hemisphere				
Right	9(37.5 %)	11(45.8 %)	.343	.558
Left	15(62.5 %)	13(54.2 %)		
Onset (month)	17.79±6.35	17.79±7.51	.000	1.000

\*p<.05

## 2. 사전 동질성 검정

군간 보행능력의 동질성 검정을 위해 기능적 보행능력 즉 TUG 및 FGA, 시·공간적 보행능력인 보행속도, 분속수, 활보장과 양하지 지지율, 효율적 보행능력의 체중심의 흔들림각도에 대해서 독립표본 t검정을 시행한 결과 모든 항목에서 군 간에 유의한 차이를 보이지 않아 동질한 것으로 나타났다(Table 3).

TUG는 실험군에서 23.31±10.47 초, 대조군에서 24.62±8.80 초였다. FGA는 실험군에서 15.50±6.41 점, 대조군에서 14.83±5.95 점이었다. 보행속도는 실험군에서

1.20±0.50 m/min, 대조군에서 0.99±0.39 m/min이었다. 분속수는 실험군에서 82.69±21.85 strides/min, 대조군에서 76.62±22.76 strides/min이었다. 활보장은 실험군에서 1.51±0.33 m, 대조군에서 1.36±0.32 m이었다. 양하지 지지율은 실험군에서 19.05±6.99 %, 대조군에서 19.93±4.24 %이었다. 체중심의 흔들림 각도 중 시상면은 실험군에서 27.93±6.97 rd, 대조군에서 30.96±7.50 rd이었다. 관상면은 실험군에서 21.77±9.14 rd, 대조군에서 21.34±6.85 rd이었다. 횡단면은 실험군에서 23.17±9.12 rd, 대조군에서 24.02±12.07 rd이었다.

Table 3. Pre-homogeneity test for dependent variables

	Experimental group	Control group	t	p
	(n=24)	(n=24)		
	Mean±SD	Mean±SD		
<b>Functional</b>				
TUG (sec)	23.31±10.47	24.60±8.80	-.470	.640
FGA (scores)	15.50±6.41	14.83±5.95	.373	.711
<b>Spatio-Temporal</b>				
Velocity (m/min)	1.20±0.50	0.99±0.39	1.654	.105
Cadence (strides/min)	82.69±21.85	76.62±22.76	.942	.351
Stride length (m)	1.51±0.33	1.36±0.32	1.365	.179
Double limb support (%)	19.05±6.99	19.93±4.24	-.522	.605
<b>Efficient</b>				
Sagittal plane (rd)	27.93±6.97	30.96±7.50	-1.450	.154
Frontal plane (rd)	21.77±9.14	21.34±6.85	.183	.856
Transverse plane (rd)	23.17±9.12	24.02±12.07	-.269	.789

## 3. 가설 검정

### 1) 기능적 보행능력에 대한 가설검정

#### (1) TUG 점수 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군간의 TUG점수 비교는 Table 4에 제시

된 바와 같다. 실험군의 TUG점수는 중재 전 23.31±10.47 초에서 중재 후 20.83±8.74 초로 유의하게 감소하였다 ( $p<.05$ ). 대조군에서는 중재 전 24.60±8.80 초에서 중재 후 24.41±7.92 초로 향상되었으나 유의한 차이는 없었다 ( $p>.05$ ). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다( $p<.05$ ).

Table 4. The comparison of TUG on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	23.31±10.47	24.60±8.80		
Post	20.83±8.74	24.41±7.92		
Post-Pre	-2.48±4.46	-0.21±2.89	-2.093	.042
t	2.726	0.357		
p	.012	.725		

(2) FGA 점수 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군 간의 FGA 점수 비교는 Table 5에 제시된 바와 같다. 실험군의 FGA 점수는 중재 전 15.50±6.41 점에서 중재 후 17.46±6.17 점으로 유의하게

증가하였다(p<.001). 대조군에서는 중재 전 14.83±5.95 점에서 중재 후 15.08±6.14 점으로 향상되었으나 유의한 차이는 없었다(p>.05). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다(p<.01).

Table 5. The comparison of FGA on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	15.50±6.41	14.83±5.95		
Post	17.46±6.17	15.08±6.14		
Post-Pre	1.96±1.94	0.25±1.33	3.555	.001
t	-4.934	-.923		
p	.000	.366		

2) 시공간적 보행능력에 대한 가설 검정

(1) 보행속도의 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군 간의 보행속도 비교는 Table 6에 제시된 바와 같다. 실험군의 보행속도는 실험 전 1.20±0.50

m/min에서 실험 후 1.52±0.63 m/min으로 유의하게 증가하였다(p<.001). 대조군에서는 실험 전 0.99±0.39 m/min에서 실험 후 1.09±0.53 m/min으로 유의하게 증가하였다(p<.05). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다(p<.01).

Table 6. The comparison of velocity on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	1.20±0.50	0.99±0.39		
Post	1.52±0.63	1.09±0.53		
Post-Pre	0.31±0.31	0.10±0.23	2.724	.009
t	-4.921	-2.151		
p	.000	.042		



## (2) 분속수의 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군 간의 분속수 비교는 Table 7에 제시된 바와 같다. 실험군의 분속수는 중재 전 82.69±21.85 strides/min에서 중재 후 88.08±20.90 strides/min으로 유의

하게 증가하였다( $p<.001$ ). 대조군에서는 중재 전 76.62±22.76 strides/min에서 중재 후 79.28±21.27 strides/min으로 유의하게 증가하였다( $p<.05$ ). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다( $p<.05$ ).

Table 7. The comparison of cadence on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	82.69±21.85	76.62±22.76		
Post	88.08±20.90	79.28±21.27		
Post-Pre	5.39±3.58	2.66±5.52	2.035	.048
t	-7.384	-2.358		
p	.000	.027		

## (3) 활보장의 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군 간의 활보장 비교는 Table 8에 제시된 바와 같다. 실험군의 활보장은 중재 전 1.51±0.42 m에서 중재 후 1.70±0.42 m로 유의하게 증가하였다( $p<.001$ ).

대조군에서는 중재 전 1.36±0.32 m에서 중재 후 1.41±0.36 m로 향상 되었으나 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다( $p<.001$ ).

Table 8. The comparison of stride length on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	1.51±0.42	1.36±0.32		
Post	1.70±0.42	1.41±0.36		
Post-Pre	0.19±0.08	0.05±0.16	3.996	.000
t	-11.916	-1.444		
p	.000	.162		

## (4) 양하지 지지율의 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군 간의 양하지 지지율 비교는 Table 9에 제시된 바와 같다. 실험군의 양하지 지지율은 중재 전 19.05±6.99 %에서 중재 후 14.85±6.24 %로 유의하게

감소하였다( $p<.001$ ). 대조군에서는 중재 전 19.93±4.24 %에서 중재 후 17.52±4.08 %로 유의하게 감소하였다( $p<.01$ ). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다( $p<.05$ ).

Table 9. The comparison of double limb support on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	19.05±6.99	19.93±4.24		
Post	14.85±6.24	17.52±4.08		
Post-Pre	-4.20±2.34	-2.41±2.94	-2.339	.024
t	8.783	4.008		
p	.000	.001		

3) 효율적 보행능력에 대한 가설 검정

(1) 시상면에서 체중심의 흔들림 각도 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군 간의 시상면에서의 체중심의 흔들림 각도 비교는 Table 10에 제시된 바와 같다. 실험군의 시

상면에서의 체중심의 흔들림 각도는 중재 전 27.93±6.97 md에서 중재 후 22.65±4.84 md으로 유의하게 감소하였다 (p<.001). 대조군에서는 중재 전 30.96±7.50 md에서 중재 후 28.09±7.66 md으로 유의하게 감소하였다(p<.001). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다(p<.05).

Table 10. The comparison of trunk sway angle on sagittal plane on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	27.93±6.97	30.96±7.50		
Post	22.65±4.84	28.09±7.66		
Post-Pre	-5.28±4.32	-2.86±3.18	-2.208	.032
t	5.994	4.412		
p	.000	.000		

(2) 관상면에서 체중심의 흔들림 각도 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군 간의 관상면에서의 체중심의 흔들림 각도 비교는 Table 11에 제시된 바와 같다. 실험군의 관상면에서의 체중심의 흔들림 각도는 중재 전 21.77±9.14

md에서 중재 후 13.86±5.85 md으로 유의하게 감소하였다 (p<.001). 대조군에서는 중재 전 21.34±6.85 md에서 중재 후 16.26±5.55 md으로 유의하게 감소하였다(p<.001). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다(p<.05).

Table 11. The comparison of trunk sway angle on frontal plane on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	21.77±9.14	21.34±6.85		
Post	13.86±5.85	16.26±5.55		
Post-Pre	7.92±5.70	5.08±2.98	-2.156	.036
t	-6.799	-8.342		
p	.000	.000		

(3) 횡단면에서 체중심의 흔들림 각도 변화에 대한 가설 검정

중재 전후 두 군 간의 횡단면에서의 체중심의 흔들림 각도 비교는 Table 12에 제시된 바와 같다. 실험군의 횡단면에서의 체중심의 흔들림 각도는 중재 전 23.17±9.89

md에서 중재 후 14.29±6.33 md으로 유의하게 감소하였다 (p<.001). 대조군에서는 중재 전 24.02±12.07 md에서 중재 후 19.42±10.31 md으로 유의하게 감소하였다(p<.001). 두 군간 비교 시 실험군의 향상이 대조군의 향상에 비해 유의한 차이를 보였다(p<.01).

Table 12. The comparison of trunk sway angle on transverse plane on each intervention group (n=48)

	Experimental group (n=24)	Control group (n=24)	t	p
Pre	23.17±9.89	24.02±12.07		
Post	14.29±6.33	19.42±10.31		
Post-Pre	-8.88±5.78	-4.61±3.29	-3.146	.003
t	7.528	6.848		
p	.000	.000		

## V. 고찰

본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 6주간 닫힌사슬 하지 저항운동과 열린사슬 하지 저항운동이 보행에 미치는 영향에 대해 규명하고자 하였다. 이를 위하여 운동의 방식에 따라 실험군과 대조군으로 나누어 살펴 보았고, 각 군의 운동 효과에 따른 기능적인 보행능력, 시·공간적 보행능력 및 효율적인 보행능력을 각각 측정하여 초기와 6주 후의 변화를 비교하였다. 이들 평가방법 및 측정 장비는 뇌졸중 환자의 질적·양적 보행능력을 측정할 수 있는 신뢰도 높은 장비들로서 본 연구의 목적에 맞게 사용하였다. 본 연구에서 보행의 기능적인 변화를 알아보기 위해 TUG 및 FGA를 측정 하였는데 두 변수 모두 실험군 및 대조군에서 유의하게 향상 되었으며, 실험군의 향상이 대조군 보다 유의하였는데, 이는. 최근 연구에서 뇌졸중 환자의 약해진 근육을 강화시켜 변화를 야기 시킨다고 하였는데(van de Port 등, 2007) 이는 저항운동을 통한 근육 증진을 통해 근활성도가 유의하게 증가되기 때문이라고 사료된다. 또한 근육 훈련이 강직(spasticity)을 악화시키지 않는 것으로 알려져 있어(Ada 등, 2006; Flansbjerg 등, 2008; Sterr & Freivogel 등, 2004), 본 연구에서 저항운동으로 인한 기능 향상의 결과를 토대로 유의한 차이가 없다. Kwon 등(2012)은 닫힌사슬 저항운동의 체계를 이용한 닫힌사슬 운동이 열린사슬운동보다 유의한 차이가 있다고 하였는데, 닫힌사슬 저항운동은 열린사슬 저항운동에 비해 여러 관절 움직임과 체중지지적 요소가 많이 포함되며 근수축의 개시가 빠르다는 점이 두 군간 실험 전·후 보행기능향상에 유의한

차이가 있었던 것으로 생각된다.

기능적 보행능력은 시·공간적인 보행능력의 향상과도 관련 있는 것으로 보이는데 본 연구에서 측정된 보행속도는 중재 후 0.31±0.31 m/min 증가한 실험군에서 0.10±0.23 m/min 증가한 대조군에 비해 유의하게 증가하였다(p<.01). 이것은 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 시행한 Byun 등(2011)의 연구에서 처음 2주간 슬라이드 재활 기구를 이용한 닫힌사슬운동을 시행하고 이후 2주간 일반적인 운동을 시행한 A군과 총 4주간 각각 2주씩 반대 순서로 운동한 B군을 비교한 결과 두 군 모두 닫힌사슬 운동을 시행한 2주간에서 보행속도가 유의하게 증가하였고 닫힌사슬운동과 일반적인 운동 사이의 비교에서는 닫힌사슬운동에서 유의하게 향상 되어 본 연구와 유의하게 차이가 없었다. 또한 Cramp 등(2006)은 Squat 자세 등으로 구성된 저항도 근력강화운동을 뇌졸중 환자에게 시행한 결과에서 슬관절 신전근의 등척성 수축력이 58%, 구심성 수축력은 51% 증가한 것에 따라 보행속도가 유의하게 향상 되었는데 이것은 저항운동을 통해 증가된 하지 신전근이 마비측 하지의 체중지지능력 및 지면 반발력을 증가시키고 이것이 보행속도를 증가시킨다고 사료된다.

보행속도는 분속수와 상관관계가 매우 높은 것으로 알려져 있다(Hesse 등, 2001). Ahn과 Jung(2002)은 정상인과 편마비 환자의 분속수가 정상인군에서 유의한 차이를 보였는데, 본 연구에서는 중재 전 실험군이 대조군보다 유의한 차이를 보여 선행연구와 상이한 수치를 보였는데 이는 본 연구의 대상자의 선정기준이 중력에 대항하여 하지의 능동적 근 수축을 통하여 관절가동이 가

능한 자로 제한하였기 때문에 전체 뇌졸중 환자의 평균 수치보다 높았다고 생각된다.

본 연구의 분속수 증가는 중재 후 실험군이 및 대조군 모두 유의하게 향상되었고, 향상된 실험군에서 향상된 대조군에 비해 유의하게 향상되었다( $p < .05$ ). Lee 등 (2011)의 연구에서 4주간 뇌졸중 환자에게 단한사슬 운동을 적용한 결과 분속수가 유의하게 향상 되어 본 연구 결과와 차이가 없었다. 이는 보행속도의 증가는 곧 분속수의 증가로 이어지며 시간적 보행변수의 향상은 일상 생활 수행에 있어 중요한 요소가 된다고 사료 된다. 이처럼 단한사슬 저항운동이 근육의 협응, 관절의 적합성 등을 증가시켜 관절의 동적 안정성과 자세 유지를 제공하고 기능적 위치에서 점진적인 기계적 압력을 통해 연부조직의 치유를 촉진했기 때문에 이러한 시간적 보행 변수의 향상을 보인 것이라고 사료된다.

체중을 지지한 상태에서 자전거 타기 운동은 마비측 하지의 지면반발력을 증가시킨다고 하였는데(Brown 등, 2005; Katz-Leurer 등, 2006), 이것은 지면반발력이 증가하여 보행시 추진력에 효과 때문이라고 사료되며, 선행 연구와 일치했던 것으로 보인다. 또한 단한사슬 운동을 통해 대퇴사두근과 슬괵근의 원심성 근력이 증가하여 바닥과 발의 접합이 좋아지고 그로 인해 활보장의 중요 요소인 입각기의 초기 던는 동작과 입각기의 발끝떼기 그리고 최대 중요요소라고 할 수 있는 중간입각기(mid stance)의 정확도가 향상되어 활보장의 증가를 가져온 것이라고 사료된다.

발뒤꿈치가 지면에 제대로 잘 닿기 위해서는 자세가 안정적이고 핵심 안정성이 제 기능을 수행해야 하며 근위부 슬괵근의 선택적인 활성화, 무릎의 선택적인 신전, 원위부 슬괵근과 다리 뒤쪽 골격근의 원심성 길이확보 및 발목의 배측굴곡근과 발가락 신전근이 능동적으로 수축해야 가능할 것이다(Crenna, 1998). 본 연구에서는 양하지 지지율이 실험군에서 대조군에 비해 유의하게 감소하였는데 이러한 이유에서 기인된 것으로 보인다. 또한 운동을 시행하는 동안 지속적으로 발과 발목관절에 압력을 제공하였으며 그로 인해 증가되어진 신체 인식력과 체중부하의 민감도에 의해 마비측 하지의 신전근이 활성화되어 나타난 결과라고 생각된다.

뇌졸중 환자의 이러한 문제점에 대하여 단한사슬 하

지 저항운동을 적용한 후 보인 결과는 공간적 보행변수에 대한 효과를 보여주는 의미 있는 결과라고 생각한다.

X축, Y축, Z축을 중심으로 한 체중심의 흔들림 각도에서 두군 모두 유의한 감소를 보였다. 이는 뇌졸중 환자는 보행능력의 제한으로 인해 많은 에너지를 소비하게 되고(Chen 등, 2005), 에너지 소모를 줄이기 위해서는 체간과 골반, 하지의 조화로운 움직임과 경제적인 근 활동으로써 이루어지는 것이다(Perry & Burnfield, 2010). 본 연구에서 단한사슬 하지 저항 운동을 시행한 결과 체중심의 흔들림을 감소시켜 이와 같은 효과를 나타낸다고 사료된다. Kerrigan 등(2001)은 골반의 회전이 보행 시 체중심의 수직변위를 조절하여 부드러운 사인곡선이 되게 하는데 기여한다고 하여 본 연구 결과를 뒷받침 해준다. 또한 체중심의 흔들림을 최소화하는 것은 체간과 하지 사이의 비대칭적인 정렬을 바로 잡아 리드미컬 한 움직임에 영향을 준다고 사료된다. Dickstein 등(2004)은 체간근의 활동 수준이 운동 및 기능적 능력과 관련되었다고 하였고 An 등(2010)은 체간조절이 팔, 다리의 운동기능과 보행 및 이동성과 매우 밀접한 관계에 있어서 기능적 일상생활 활동 증진에 중요한 변수가 될 수 있으므로 이에 대한 적절한 치료가 강조되어야 한다고 사료된다.

본 연구에서 하지의 운동을 통해 변화한 체중심의 흔들림을 3차원적 분석에 의해서 측정하였다. 3차원 측정은 센서에 의해서 각축의 회전 및 센서가 이동한 가속도의 거리 및 시간을 계산하여 측정하여 기존 2차원적인 보행 평가에 비해 좀 더 정밀하게 보행변수를 측정할 수 있다. 3차원에서 체중심의 회전이 감소하였다는 것은 흔들림의 감소를 의미하고 이것은 하지의 입각기 및 유각기의 정확도가 향상되었다는 것으로 볼 수 있다. 본 연구에서 중재 후 3축의 체중심의 흔들림 각도가 감소하여 에너지 소모가 줄었다고 판단되며 상체와 하체를 이어주는 체중심의 기능 향상으로 좀 더 효율적인 보행이 가능해졌다고 사료된다.

Page(2003)는 뇌졸중 환자에서 운동치료의 효과는 치료시간, 운동형태, 환자의 능동적 참여정도에 의존한다고 하였다. 또한 선행 연구에서 한 가지 운동법에 부가적인 운동을 추가함으로써 향상을 나타내었는데 그 중 뇌졸중 환자의 기능을 더욱 촉진 시킨 운동들의 공통점은 과제 지향적이고 다면적인 운동을 제공한다는 것이

다(Dean, 1988; Duncan 등, 2003). 또한 일반적 치료에 등속성 근력강화 운동 등 근력을 증가시키는 운동을 부가하였을 경우 또한 기능향상의 폭이 증가됨을 알 수 있었다. 닫힌사슬 운동은 열린사슬 운동에 비해 과제수행의 역할이 한층 강화된 운동이며 단일 관절이 아닌 다면적 근력강화라는 측면에서 일반적인 운동에 추가한 본 연구의 기능적 성과가 있었던 중요한 이유 중 하나라고 사료된다. 또한 선행연구를 바탕으로 본 연구의 결과를 보았을 때 닫힌사슬운동이 열린사슬운동보다 하지의 근력의 동원이 더욱 원활하여 하지 관절의 안정성을 증가시킬 수 있는 보다 기능적인 운동이라고 생각 되며 현재 임상에서 시행하고 있는 도수 운동법 또는 기타 운동과 부가하여 사용하면 뇌졸중 환자의 기능 향상에 더욱 도움을 줄 수 있을 것이라고 생각된다. 현재 국내의 임상에서는 치료사에 의한 도수 위주 환자수동형 치료를 시행하고 있는데 비해 본 연구의 결과를 바탕으로 하여 장비를 사용한 저항운동을 시행한다면 환자 스스로가 자가 운동을 할 수 있다는 장점을 가질 수 있으며 의료현장에서 인력의 소요를 줄일 수 있는 효과적인 치료방법이라고 사료된다.

## VI. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자에게 닫힌사슬 하지 저항 운동과 열린사슬 하지 저항 운동을 적용하여 보행에 기능 향상에 대해 알아보고자 한다.

대상자를 닫힌사슬 하지 저항 운동군(실험군)과 열린사슬 하지 저항 운동군(대조군)으로 나누어 각 군에 대해 6주간 운동을 실시 한 결과 다음과 같은 결과가 나타났다.

- 1) 실험군의 TUG와 FGA 모두 중재 후 유의한 향상이 있었고 대조군에서는 유의한 차이가 없었다. 군간 변화량은 실험군에서 유의한 향상이 있었다.
- 2) 실험군의 시·공간적 보행변수는 모두 중재 후 유의한 향상이 있었고 대조군은 보행속도, 분속수, 양하지 지지율은 유의한 향상이 있었으나 활보장은 유의한 차이가 없었다. 군간 변화량은 모두 실험군에서 유의한

향상이 있었다.

- 3) 실험군과 대조군의 체중심의 흔들림 각도는 3축에서 모두 유의한 향상이 있었다. 군간 변화량은 모두 실험군에서 유의한 향상이 있었다.

결론적으로 본 연구의 결과를 보았을 때 뇌졸중 환자 보행의 향상을 위해 저항운동을 적용 할 때에는 열린사슬 하지 저항 운동보다 닫힌사슬 하지 저항 운동을 실시할 때 그 효용이 큰 것을 알 수가 있었다. 향후 충분한 연구대상과 통제 환경, 정확한 측정 장비를 동원하여 실험한다면, 임상적으로 의의가 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- Ada L, Dorsch S, Canning CG(2006). Strengthening interventions increase strength and improve activity after stroke: a systematic review. *Aust J Physiother*, 52(4), 241-248.
- An CS, Jung S(2002). A study on gait analysis of normal adult and hemiplegia patients. *Korean Soc Phys Ther*, 14(3), 143-148.
- An SH, Chung YJ, Park SY(2010). The effects of trunk control ability on balance, gait and functional performance ability in patient. *Korean Stroke Soc*, 17(2), 33-42.
- Ahn YH, Ahn SH, Kim H, et al(2006). Can stroke patients walk after complete lateral corticospinal tract injury of the affected hemisphere?. *Neuroreport*, 17(10), 987-990.
- Anderson M, Lough S(1986). A psychological framework for neurorehabilitation. *Physiotherapy Pract*, 2(2), 74-82.
- Bae SS, Kim TS, Kim EJ(1999). A study of resistive exercise Prescription. *J Korean Soc Phys Ther*, 11(1), 149-156.
- Bouten CV, Koekkoek KT, Verduin, M, et al(1997). A triaxial accelerometer and portable data processing unit for the assessment of daily physical activity. *IEEE Trans Biomed Eng*, 44(3), 136-147.
- Brown DA, Nagpal S, Chi S(2005). Limb-loaded cycling

- program for locomotor intervention following stroke. *Phys Ther*, 58(2), 159-168.
- Byun SD, Jung TD, Kim CH, et al(2011). Effects of the sliding rehabilitation machine on balance and gait in chronic stroke patients - a controlled clinical trial. *Clin Rehabil*, 25(5), 408-415.
- Carr JH, Shepherd RB(2000). *Movement science foundations for physical therapy in rehabilitation*. 2nd ed, Gaithersburg, Aspen publishers, pp.372-380.
- Carr JH, Shepherd RB(2003). *Stroke rehabilitation; guidelines for exercise and training to optimize motor skill*. Lodon, Butterworth-heinemann, pp.89-93.
- Chen G, Patten C, Kothari DH, et al(2005). Gait differences between individuals with post-stroke hemiparesis and non-disabled controls at matched speed. *Gait Posture*, 22(1), 51-56.
- Cramp MC, Greenwood RJ, Gill M, et al(2006). Low intensity strength training for ambulatory stroke patients. *Disabil Rehabil*, 28(13-14), 883-889.
- Crenna P(1998). Spasticity and 'spastic' gait in children with cerebral palsy. *Neurosci Biobehav Rev*, 22(4), 571-578.
- Davies GJ(1995). The need for critical thinking in rehabilitation. *J Sport Rehabil*, 4(1), 1-22.
- Dean E(1988). Physiology and therapeutic implications of negative work: a review. *Phys Ther*, 68(2), 233-237.
- Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, et al(2004). Anticipatory postural adjustment in selected trunk muscles in poststroke hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(2), 261-267.
- Dietz V, Berger W(1984). Interlimb coordination of posture in patients with spastic paresis. Impaired function of spinal reflexes. *Brain*, 107(3), 965-978.
- Dorsch S, Ada L, Alloggia D(2018). Progressive resistance training increases strength after stroke but this may not carry over to activity: a systematic review. *J Physiother*, 64(2), 84-90.
- Duncan P, Studenski S, Richards L, et al(2003). Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke*, 34(9), 2173-2180.
- Flansbjerg UB, Miller M, Downham D, et al(2008). Progressive resistance training after stroke: effects on muscle strength, muscle tone, gait performance and perceived participation. *J Rehabil Med*, 40(1), 42-48.
- Fritz SL, Pittman AL, Robinson AC, et al(2007). An intense intervention for improving gait, balance and mobility for individuals with chronic stroke: a pilot study. *J Neurol Phys Ther*, 31(2), 71-76.
- Gossman MR, Sahrman SA, Rose SJ(1982). Review of length-associated changes in muscle: experimental evidence and clinical implications. *Phys Ther*, 62(12), 1799-1808.
- Hardie K, Hankey GJ, Jamrozik K, et al(2004). Ten-year risk of first recurrent stroke and disability after first-ever stroke in the perth community stroke study. *Stroke*, 35(3), 731-735.
- Hesse S, Werner C, Paul T, et al(2001). Influence of walking speed on lower limb muscle activity and energy consumption during treadmill walking of hemiparetic patients. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(11), 1547-1550.
- Katz-Leurer M, Sender I, Keren O, et al(2006). The influence of early cycling training on balance in stroke patients at the subacute stage. Results of a preliminary trial. *Clin Rehabil*, 20(5), 398-405.
- Kim CM, Eng JJ, Macintyre DL, et al(2001). Effect of isokinetic Strength training on walking in persons with stroke: a double-blind controlled pilot study. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 10(6), 265-273.
- Kuruganti U, Parker P, Rickards J, et al(2006). Strength and muscle co-activation in older adults after lower limb strength training. *Int J Ind Ergon*, 36(9), 761-766.
- Kwon YJ, Park SJ, Kim K, et al(2012). The effect of open and closed chain exercise on lower extremity muscle activity in adults. *Korean Soc Phys Ther Med*, 7(2), 173-182.
- Kerrigan DC, Riley PO, Lelas JL, et al(2001). Quantification of pelvic rotation as a determinant of gait. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(2), 217-220.

- Lee HK, Hwang SJ, Cho SP, et al(2009). The development of a novel step detection algorithm for gait evaluation of patients with hemiplegia based on trunk accelerometer. *J Biomed Engineer Res*, 30(3), 213-220.
- Lee SK, Park MC, Sim JM, et al(2011). The effect of closed kinetic chain exercise with FES of the gluteus medius on gait in Stroke. *J Korean Soc Phys Ther Med*, 6(1), 1-8.
- Ng SS, Hui-Chan CW(2005). The timed up & go test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 86(8), 1641-1647.
- Nugent JA, Schurr KA, Adams RD(1994). A dose-response relationship between amount of weight-bearing exercise and walking outcome following cerebrovascular accident. *Arch Phys Med Rehabil*, 75(4), 399-402.
- O'Neil GD, Malacrea RF, Brenner JW(1993). Squat board. *Journal of Athletic Training*, 28(1), 31.
- Page SJ(2003). Intensity versus task-specificity after stroke: how important is intensity?. *Am J Phys Med Rehabil*, 82(9), 730-732.
- Palmitier RA, An KN, Scott SG, et al(1991). Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Med*, 11(6), 402-413.
- Perry J, Burnfield JM(2010). *Gait Analysis: normal and pathological function*. 2<sup>nd</sup> ed, New Jersey, Slack Co, pp.360-373.
- Podsiadlo D, Richardson S(1991). The timed "up & go": a test basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, 39(2), 142-148.
- Prentice WE(2011). *Rehabilitation techniques for sports medicine and athletic training*. 5<sup>rd</sup> ed, New York, McGrawhill, pp.326-327.
- Rose SJ, Rothstein JM(1982). Muscle mutability. Part 1. General concepts and adaptations to altered patterns of use. *Phys Ther*, 62(12), 1773-1787.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH(1995). *Motor control: Therapy and practical Applications*. Baltimore, Williams & Wilkins, pp.1332-1333.
- Sterr A, Freivogel S(2004). Intensive training in chronic upper limb hemiparesis does not increase spasticity or synergies. *Neurology*, 63(11), 2176-2177.
- Van de Port IG, Wood-Dauphinee S, Lindeman E, et al(2007). Effects of exercise training programs on walking competency after stroke: a systematic review. *Am J Phys Med Rehabil*, 86(11), 935-951.
- Won JI, Yu KH(2011). Reliability of the functional gait assessment in patients with stroke. *Phys Ther Korea*, 18(1), 64-73.
- Wrisley DM, Marchetti GF, Kuharsky DK, et al(2004). Reliability, internal consistency, and validity of data obtained with the functional gait assessment. *Phys Ther*, 84(10), 906-918.
- Statistics. Annual Report on the Causeof Death Statistics, 2017. Available at [http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT\\_1B34E01&vw\\_cd=MT\\_ZTITLE&list\\_id=D11&seqNo=&lang\\_mode=ko&language=kor&obj\\_var\\_id=&itm\\_id=&conn\\_path=MT\\_ZTITLE](http://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1B34E01&vw_cd=MT_ZTITLE&list_id=D11&seqNo=&lang_mode=ko&language=kor&obj_var_id=&itm_id=&conn_path=MT_ZTITLE) Accessed May 13, 2019.