

## 역방향 에르고미터 훈련이 편마비 환자의 족관절 가동범위와 하지 근력 및 족저압에 미치는 영향

하미선 · 김은정<sup>1</sup> · 김명희<sup>2</sup> · 오태영<sup>2†</sup>

신라대학교 대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>성찬의원 물리치료실, <sup>2</sup>신라대학교 물리치료학과

### The Effect of Backward Pedaling Ergometer Training on Ankle ROM, Lower Extremities Strength, Foot Pressure in Hemiplegia

Mi-Seon Ha, PT, Eun-Jung Kim, PT<sup>1</sup>, Myeong-Hee Kim, PT<sup>2</sup>, Tae-Young Oh, PT, Ph.D<sup>2†</sup>

Department of Physical Therapy, Graduate School, Silla University

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Seong-Chan clinic

<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Silla University

Received: August 2, 2013 / Revised: August 14, 2013 / Accepted: August 20, 2013

© 2013 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

#### | Abstract |

**PURPOSE:** The purpose of this study was to identify the effects of backward pedaling ergometer training on ankle ROM, lower extremities strength, foot pressure in hemiplegia.

**METHODS:** The subjects consisted of control group(n=10) and experimental group(n=10), subjects were trained 5 times a week for 2 weeks each group. Control group were trained forward, experimental group were trained backward pedaling with physical therapy in both groups. Each group measured ankle joint ROM with DUALER IQ and ankle and knee joint flexor and extensor muscle strength by Manual Muscle Test System and foot pressure by Gait view system.

**RESULTS:** The result of this study between pre and post test that experimental group had statistically significantly differences in ankle joint range of motion and lower

extremities strength. But foot pressure had not statistically significant differences. There was not significantly difference of variation between groups.

**CONCLUSION:** Therefore these results mean that backward and forward pedaling ergometer training effected an improvement of lower extremities function in hemiplegia.

**Key Words:** Backward pedaling ergometer, Ankle ROM, Foot pressure, Hemiplegia, Lower extremities strength

#### I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관의 파열 혹은 폐색에 의해 초래되는 운동조절능력의 상실, 감각소실, 인지 및 언어장애, 평형장애등의 증상이 특징적으로 나타나는 신경학적 결손이라고 할 수 있다(Bae, 2001). 뇌졸중은 뇌의 정상적인 혈액 공급의 문제로 발생하며, 발생 빈도가 높으며(Bae, 2001), 우리나라의 경우 뇌경색이 77%, 뇌출혈이 17%, 지주막하 출혈은 6%의 순으로 발생 빈도를 나타

†Corresponding Author : ohtaeyoung@silla.ac.kr

내고 있다(Statistics Korea, 2011).

뇌졸중 환자의 60%이상에서 신경학적 증상을 수반하여, 부전마비인 편마비가 나타나게 되며, 편마비 환자들에게 일상생활을 가능하게 하는 의학적 중재와 물리치료는 매우 중요한 관심사가 되고 있다. 뇌졸중 환자는 운동 및 감각 기능뿐만 아니라 인지와 지각, 언어, 운동실행, 정서 장애 등의 다양한 증상을 나타내며, 이러한 증상은 장기간 지속되어 뇌졸중 환자의 기능적 회복을 제한하게 된다. 따라서 뇌졸중 환자의 사회복귀와 기능회복을 위해서는 포괄적이며 적절한 재활치료가 필요하다고 하였다(Han, 1997).

편마비 환자의 임상 특성으로 운동장애를 초래하는 족관절의 경직은 저축 굴곡근의 단축과 함께 구축이 나타나 환자의 재활치료의 주요 장애요인으로 작용하게 된다고 하였다(Bohannon & Larkin, 1985). 족관절 배측 굴곡근의 능동적인 조절이 어려우며, 장딴지 근육의 근 긴장도가 비정상적으로 증가하기 때문에 족하수가 일어나며(Burrige et al, 1997), 기립과 균형을 어렵게 하여 침상에서 벗어나지 못하게 할 뿐만 아니라 정상적인 보행까지 어렵게 하고 있다고 하였다(Kim, 1999).

편마비 환자들의 비정상적인 보행 패턴을 중재하기 위한 에르고미터 운동은 환측과 정상 하지에서 체중의 협응력을 요구하며 보행 기술의 대행적인 연습으로 체중 부하 및 균형 능력을 향상 시킨다고 하였으며(Brown et al, 1997), 편마비 환자에게 에르고미터 훈련은 앉아서 수행하는 하지 운동으로 양측성이면서 보조운동과 능동운동을 통합하는 방식으로 건측 다리의 도움으로 마비측 다리의 교대 움직임 유발한다고 하였다(Kim et al., 2010). 또한 에르고미터 훈련은 뇌졸중 환자들의 마비측과 비마비측의 협응과 체력을 요구하며 보행 기술의 연습으로 체중부하 능력을 개선 해 줄 있다고 하였다(Brown et al., 1997).

에르고미터 훈련은 대퇴사두근과 비복근 및 넓적근은 페달을 밟으면서 힘을 가할 때 큰 장력을 발휘하고 장요근, 대퇴직근, 좌골 하퇴근, 전경골근등은 체중을 최하점에서 최고점을 향해 끌어 올릴 때 큰 장력이 발휘된다고 하였다(Sharp & Brouwer, 1997). 그러나 에르고

미터 운동은 효율성이 높으나, 경골-대퇴부의 압력(tibia -femoral compression load)을 증가시켜 슬관절의 통증을 악화시킬 수 있다는 단점이 있다. 그러나 역방향 에르고미터 운동은 경골-대퇴부 압력을 줄여 보다 안전하게 사용 할 수 있는 장점이 있다고 하였다(Neptune & Kautz, 2000).

Joo(1998)의 연구에서 에르고미터 페달링 방향에 따라 동원되는 근육의 특성이 서로 다르다고 보고 하였다. 전방 페달링의 경우 외측광근, 대퇴이두근이 서로 협응 기능을 하였으며, 역방향 페달링에서는 외측광근이 가장 많은 기능을 한 것으로 나타났으며, 전경골근은 전, 역 방향 모두에서 작용한 것으로 보고하였다.

에르고미터 훈련이 족관절과 슬관절의 굴곡과 신전을 반복하는 저항 운동 혹은 능동 운동의 형태로 진행되는 점을 감안한다면, 최근 Fleuren 등(2009)등의 만성 편마비 환자들을 대상으로 한 연구에서 능동운동이 수동운동 보다 근활성도가 유의하게 더 높게 나타난다는 결과에 따라 하지의 특정 근육의 근활성도에 미치는 영향이 매우 클 것으로 기대되고 있다.

편마비 환자들의 보행 기능을 방해하는 족하수, 하지의 신전근 조절의 어려움 등을 해결하기 위해서는 족관절 배측굴곡근, 슬관절 굴곡근과 같은 특정한 근육의 활성화가 절실히 필요한 실정이며, 이들 근육의 활성화를 통한 근력강화, 관절가동범위의 증가 등은 편마비 환자들의 운동 장애를 개선하는데 매우 중요한 요소가 될 것으로 사료된다.

또한 편마비 환자들에게 실시하는 에르고미터의 운동효과 중 페달링 방향에 따른 장단점을 분석하여 역방향 페달링의 장점을 살리면서 적용한 에르고미터 훈련에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 페달링 방향에 따라 활성화되는 근육이 서로 다르다는 기본 개념하에 편마비 환자에게 역방향 에르고미터 훈련을 실시하여 족관절의 가동범위와 하지의 근력 및 족저압에 미치는 영향을 연구하여 편마비 환자의 하지 기능개선을 위한 역방향 에르고미터 훈련의 근거를 마련하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상 및 연구 기간

본 연구는 2011년 7월 7일에서 8월 11일까지 총 6주간 진행되었으며, 부산시 소재 S병원, H병원에서 뇌졸중으로 진단 받은 환자 20명을 대상으로 하였다.

연구 대상자는 모든 훈련 과정에 동의하고 연구에 자발적으로 참여한 환자로 대상자의 조건은 Wu 등(2006)의 연구에서 제시한 기준 중에서 본 연구에서 타당하다고 판단되는 다음의 기준으로 결정하였다.

- (1) 뇌졸중으로 진단받고 6개월이 경과한 자
- (2) 독립적으로 10m 이상의 보행이 가능한 자
- (1) 양 하지에 정형 외과적 질환이 없는 자
- (2) 심장 질환의 문제가 없는 자
- (3) 마비 측 하지에 통증이 없는 자

### 2. 실험방법

#### 1) 측정도구

##### (1) 관절가동범위 측정

관절 가동범위를 측정하기 위해 DUALER IQ(J-TECH, 미국) 관절가동범위 측정계를 사용하였다(Figure 1).

DUALER IQ는 주측정계(Primary Inclinator)와 보조측정계(Secondary Inclinator)로 구성되어 있으며, 주측정기는 측정할 관절에 위치하며, 보조측정기는 수평을 유지한 채 기준점에 위치하게 하여 두 측정계의 기울기에 따라 관절가동범위가 디지털로 측정되는 시스템이다.

관절가동범위의 측정은 대상자를 검사대에 길게 앉은 자세(long sitting position)를 취하게 한 후 슬관절 밑에 패드를 대어 과신전을 방지하였다. 이는 과신전 시 발생하는 저측 굴곡근의 과활동성으로 인해 배측굴곡 시 간절 가동범위에 제한을 가져와 순수한 저측 굴곡 범위를 측정하기 어렵기 때문이다. 주 측정계는 외측 복사뼈(lateral malleus)에 고정하고 비골두(fibular head)와 5번째 종족골이 이루는 각도가 90°를 이룬 상태에서

보조 측정계는 바닥에 두고 “0”으로 조정한 후에 측정하였다(Hong & Kim, 2011).

검사자는 검사대의 끝에서 한 손으로 발목관절 근위부 하퇴를 고정시킨 후 다른 족관절 근위부를 고정시킨 뒤 능동적으로 저측굴곡과 배측굴곡을 할 때 가동범위를 측정하였다(Figure 1).

측정은 총 3회 실시하였으며 1회 휴식시간은 1분으로 하였고, 3회 측정값의 평균을 검사 값에 적용하였다.

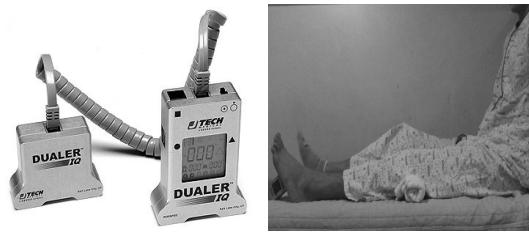


Figure 1. DUALER IQ & Position of ankle ROM

##### (2) 하지근력 측정

하지근력의 측정은 도수근력측정시스템(Manual Muscle Test System : MMT, 모델명 01163, Lafayette Instrument Company, 독일)을 사용하였다(Lafayette Instrument, 2003)(Figure 2).

도수근력측정시스템은 0.0 kg에서 136.1 kg 까지 근력 측정이 가능하며, 슬관절 의 굴곡과 신전 근력, 족관절의 저측 및 배측 굴곡 근력을 측정하였다.

족관절의 배측 및 저측 굴곡 근력의 측정 방법은 발목 관절가동범위 측정자세와 동일한 방법으로 측정



Figure 2. Manual Muscle Test system

하였다.

슬관절의 굴곡과 신전 근력을 측정하기 위해 대상자를 검사대 가장 자리에 걸쳐 앉힌 뒤에 골반을 후방 경사 시키고 검사자는 대상자의 전면에서 한손으로 대퇴를 고정시키고 다른 손으로 측정기구를 하퇴 전면에 대고 능동적으로 신전시킨 후 슬관절 신전근력을 측정하였으며, 하퇴 후면에 측정기를 대고 능동적으로 굴곡시켜 슬관절의 굴곡근력을 측정하였다(Raymond et al, 2006).

측정은 총 3회 측정하였으며 1회 휴식시간은 1분으로 하였고, 3회 측정값의 평균을 검사 값에 적용하였다.

### (3) 족저압 측정

정적 족저압의 압력분포 및 표면적을 측정하기 위해 족저압분석시스템(Gaitview pro : Alfoots, 한국)를 이용하였다(Figure 3).

족저압 분석 시스템(Gaitview system)은 전체크기가 550×480×35 mm이며, 압력센서의 두께는 0.15 mm, 센서크기는 0.73 cm<sup>2</sup>, 센서의 수는 2,304(48×48)개, 최대압력은 100 N/cm<sup>2</sup>이다.

정적 족저압을 측정하기 위해 대상자는 센서 위에 양발을 어깨 넓이로 벌린 뒤 시선은 전방으로 향하게 하여 10초간 멈춘 상태에서 측정했다.



Figure 3. Gaitview system

## 2) 연구 방법

본 연구에 참여한 대상자들은 부산시 소재 S, H 병원에 입원하여 일일 1회 30분 이상 신경발달치료를 받고 있는 환자로서 실험군, 대조군 모두 신경재활 중재로서

의 에르고미터 훈련을 자발적으로 하고 있었으며, 본 연구에 자발적으로 참여하는데 동의한 대상자를 선정하였다.

대상자들은 1일 2회 물리치료를 받았으며, 에르고미터를 역방향으로 훈련한 실험군 10명과 물리치료와 정방향 에르고미터 훈련을 시행한 10명의 대조군으로 구성되어 연구를 진행하였다.

연구의 중재기간은 총 2주간 주 5회, 1일 2회 실시하였으며, 1회에 20분 동안 에르고미터 훈련을 각각 정방향, 역방향으로 실시하였다.

대조군은 물리치료와 함께 에르고미터 훈련을 정방향으로 매일 20 분이상 자발적으로 실시하였으며, 실험군은 역방향으로 1회 20분 이상 1일 2회 자발적으로 실시하도록 지도하였다. 대상자들의 운동 수행 결과를 확인하기 위하여 보호자 및 간호사들에게 연구의 목적과 배경을 설명하고, 대상자들의 운동 수행 여부를 확인하여 연구자들에게 보고하도록 하였다.

본 연구에 사용된 에르고미터는 GB -7000MK 모델(KOSCO, 한국)을 이용하였으며, 양방향 기어가 장착되어 있으며, 저항은 최하 0 에서 최고 5 단계까지 조절 가능하였다.

저항의 적용은 대조군, 실험군 모두 특별한 노력이나 심박수에 영향을 미치지 않고 리드미컬하게 20분을 수행할 수 있는 정도로 개인별로 결정한 상태에서 실시하였으며, 하루 20분간 2회 실시하였다. 역방향 페달링 훈련 방법으로 대상자들은 페달을 돌리는 동안 손잡이를 잡고 수직으로 체간을 곧게 펴고 있도록 지도하였으며, 마비측 다리의 슬관절을 60°굴곡 시킨 자세에서 훈련을 시작하였다(Neptune & Kautz, 2000). 대상자들에게 페달을 “부드럽고 지속적으로” 돌리도록 지시하였으나, 속도를 통제하지는 않았다.

## 3. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 통계 프로그램 SPSS (ver.12.0)을 이용하여 대조군과 실험군의 실험 전 측정값의 동질성을 확인하기 위하여 독립 표본 t-검정을 실시하였으며, 실험 전과 후의 변화를 대응표본 t-검정을 이용하여 통계처리 하였다. 실험군과 대조군의 변화

량을 검정하기 위해 공변량 분석을 통하여 집단 간의 유의값을 확인하였으며, 유의수준은 .05로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

연구에 참여한 대상자들은 모두 20명으로 남자 14명, 여자 6명이며 평균 연령은 대조군이 55.4 ± 12.56세,

실험군이 55.4 ± 12.56세로서 집단 간 차이는 없는 것으로 나타났다.

손상 부위는 우측 11명, 좌측 9명으로 우측 손상 환자가 조금 더 많았으며 대조군은 우측 6명, 좌측 4명으로 구성되었으며, 실험군은 남녀 각 5명으로 구성하였다. 대조군과 실험군의 평균 신장, 체중 등에서도 그룹 간의 차이는 없었으며, 기능 수준 역시 보행이 가능한 대상으로 규정함으로써 동질성을 확보하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (N=20)

Variable	Control Group(n=10)	Experimental Group(n=10)	p
Gender(Male/Female)	8/2	6/4	
Affected Side(Right/Left)	6/4	5/5	
Age(year)	55.4 ± 12.56	55.4 ± 12.56	0.99
Height(cm)	165.20 ± 7.59	162.67 ± 6.85	0.43
Weight(kg)	65.60 ± 7.74	62.91 ± 6.70	0.40

<sup>a</sup>mean±standard deviation

Table 2. Testing of Homogeneity (N=20)

		Control Group(n=10)	experimental Group(n=10)	t	p
Range of Motion (°)	Ankle Dorsi flexion	16.83±6.12	11.42±7.60	-1.85	0.08
	Ankle Plantar flexion	24.60±7.81	20.94±8.95	-1.02	0.32
	Ankle Dorsi flexion Strength	7.62±4.70	2.92±1.74	-2.99	0.01*
Low Extremities Strength (kg)	Ankle Plantar flexion Strength	6.00±3.57	3.70±2.84	-1.65	0.12
	Knee Flexion Strength	5.58±2.70	3.81±1.27	-1.90	0.08
	Knee Extension Strength	7.11±2.69	3.92±1.97	-3.11	0.01*
Foot Pressure (N/cm <sup>2</sup> )	Frontal Ratio	23.60±3.05	18.18±7.97	-2.00	0.69
	Rear Ratio	22.73±5.33	23.04±8.88	0.094	0.93
	Average Pressure	99.59±15.94	75.89±27.73	-2.34	0.03*
	Frontal Pressure	90.76±16.75	58.03±24.90	-3.45	0.00*
	Rear Pressure	108.95±23.57	96.47±44.19	-0.79	0.44
	Surface	97.17±14.76	94.51±17.07	-0.37	0.71

\*p<0.05

2. 각 집단의 동질성 검사

본 연구에 참여한 대상자들을 임의로 대조군과 실험군으로 구분한 후 마비측 하지의 사전 측정값을 기준으로 동질성을 검정하기 위하여 대조군과 실험군간의 독립표본 t-검정을 실시하였다.

족관절의 관절 가동범위 평가에서는 대조군과 실험군을 동일 그룹으로 볼 수 있으며, 근력평가에서는 족관절 저측굴곡근과 슬관절 굴곡근의 근력이 동일한 것으로 볼 수 있었다. 족저압 평가에서는 평균총압력과 전방총압력이 대조군과 실험군에서 동질성을 나타내었다(Table 2).

3. 마비측 족관절의 가동범위 비교

정방향 에르고미터 훈련과 역방향 에르고미터 훈련이 마비측 족관절의 가동범위에 미치는 영향을 알아본 결과 역방향 에르고미터 훈련을 한 실험군에서 배측굴

곡과 저측굴곡 가동범위가 모두 유의한 증가가 나타났다( $p < .05$ )(Table 3). 족관절 배측굴곡의 그룹간 변화량 검정에서는 그룹 간의 차이는 나타나지 않았다. 또한 족관절 저측굴곡의 그룹간 변화량 검정에서도 그룹 간의 차이는 나타나지 않았다.

4. 마비측 하지 근력 비교

정방향 에르고미터 훈련과 역방향 에르고미터 훈련이 마비측 족관절의 가동범위에 미치는 영향을 알아본 결과 정방향과 역방향 훈련 모두 평균값의 증가를 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었으며(Table 4), 그룹 간의 변화량도 유의하지 않았다. 족관절의 저측굴곡근의 근력의 실험 전후 비교에서 실험군과 대조군 모두 평균값의 증가는 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었으나(Table 4), 그룹 간의 변화량은 유의한 차이를 나타내었다( $p < .05$ ).

Table 3. Comparison of ankle range of motion between pre and post experiment (N=20)

		pre experiment(°)	post experiment(°)	t	p	between groups
Ankle	Control Group(n=10)	16.83±6.12	15.07±5.00	1.18	0.27	0.08
Dorsi flexion	Experimental Group(n=10)	11.42±7.60	13.97±6.42	-3.44	0.00*	
Ankle	Control Group(n=10)	24.60±7.80	28.16±8.87	-1.55	0.16	0.39
Plantar flexion	Experimental Group(n=10)	20.94±8.95	22.94±9.05	-2.76	0.02*	

\* $p < 0.05$

Table 4. Comparison of strength between pre and post experiment (N=20)

		pre experiment(kg)	post experiment(kg)	t	p	between groups
Ankle	Control Group(n=10)	7.61±4.70	7.91±3.71	-0.65	0.53	0.45
Dorsi flexion Strength	experimental Group(n=10)	2.92±1.75	5.31±4.19	-2.20	0.05	
Ankle	Control Group(n=10)	6.00±3.57	4.14±2.38	-2.23	0.05	0.02*
Plantar flexion Strength	experimental Group(n=10)	3.07±2.4	3.98±2.40	-1.32	0.21	
Knee	Control Group(n=10)	5.58±2.70	6.32±2.19	-0.28	0.78	0.87
Flexion Strength	experimental Group(n=10)	3.92±1.97	5.06±1.84	-3.04	0.01*	
Knee	Control Group(n=10)	7.10±2.69	7.34±2.43	-1.54	0.16	0.54
Extension Strength	experimental Group(n=10)	3.80±1.27	5.09±2.48	-1.80	0.10	

\* $p < 0.05$



슬관절의 굴곡근 근력의 실험 전후 비교에서는 실험군에서 통계학적으로 유의한 차이를 나타내었으나 ( $p < .05$ ), 그룹 간의 변화량 검정에서 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 4). 슬관절의 신전근 근력의 실험 전후 비교에서는 신전 근력이 실험군과 대조군 모두에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며 (Table 4), 그룹 간의 차이도 나타나지 않았다.

5. 마비측 하지의 족저압 비교

정적 족저압의 전후방 비율을 분석한 결과 실험군과 대조군 모두 전방 비율은 감소하고 후방 비율은 증가하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 5). 정적 족저압의 총압력의 변화를 알아본 결과 실험군의 평균 압력, 전방과 후방 총압력이 평균값의 증가를 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 5). 정적 족저압의 실험전과 실험 후의 면적을 알아본 결과 실험군이 평균 면적이 증가했으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 5).

족저압 변화의 결과는 대조군과 실험군 모두 통계학

적으로 유의한 차이가 나타나지 않아 공변량 분석을 통한 그룹 간 차이는 분석하지 않았다.

IV. 고 찰

뇌졸중으로 인한 편마비 환자는 기립자세에서 체중 부하를 대칭적으로 유지하는 능력이 손상되어 비대칭적인 체중부하를 하게 되므로 기립자세와 균형능력에 문제가 흔히 발생되며, 이러한 비대칭적인 양상은 보행시 환측 하지로 무게중심을 이동하지 못하여 비정상적인 보행패턴으로 이어진다고 하였다(Shumway-cook & Wollacott, 1995).

또한 신경계 손상으로 인한 경직과 낙상에 대한 공포로 인하여 불필요한 근 긴장이 증가하는 현상 등의 문제로 정상에 가까운 보행이 어렵다. 뇌졸중 환자의 지역사회에서 이동능력과 관련된 환경요인 분석 연구에서도 뇌졸중 환자들의 기초능력인 균형 능력, 보행속도, 인지 능력에 대한 강화를 강조하였다(Kim, 2007). 따라

Table 5. Comparison of foot pressure between pre and post experiment (N=20)

		pre experiment	post experimen	t	p
Frontal Ratio (%)	Control Group(n=10)	23.60±3.04	22.80±3.95	0.53	0.61
	Exparimental Group(n=10)	18.18±7.97	20.20±8.28	-0.94	0.37
Rear Ratio (%)	Control Group(n=10)	22.73±5.33	23.01±6.00	-0.33	0.75
	Exparimental Group(n=10)	23.03±8.89	27.14±5.87	-1.54	0.16
Average foot pressure (N/cm <sup>2</sup> )	Control Group(n=10)	99.60±19.94	98.43±14.43	0.35	0.76
	Exparimental Group(n=10)	75.89±27.73	87.60±12.02	-1.61	0.14
Frontal foot pressure (N/cm <sup>2</sup> )	Control Group(n=10)	90.76±16.75	89.89±22.02	0.14	0.89
	Exparimental Group(n=10)	58.03±24.90	63.44±20.79	-0.76	0.47
Rear foot pressure (N/cm <sup>2</sup> )	Control Group(n=10)	108.95±23.56	107.67±27.52	0.57	0.58
	Exparimental Group(n=10)	96.47±44.19	114.89±28.00	-1.74	0.12
Surface (cm)	Control Group(n=10)	97.17±14.76	95.01±14.70	1.80	0.10
	Exparimental Group(n=10)	94.52±17.08	97.03±11.56	-0.74	0.48

서 뇌졸중 환자의 기능향상의 궁극적인 목표는 독립적이고 기능적인 보행이라고 할 수 있으며, 보행훈련이 물리치료 프로그램에서 가장 중요한 부분을 차지하는 것으로 알려져 있다(Choi et al, 1997). 보행을 향상시키는 방법 중 신경생리학적, 신경발달학적인면에서만 관심을 두는 기존의 견해에서 탈피하여 기능적인 목적을 강조하는 과제 지향적 접근법이 중추신경계 손상환자의 운동치료 접근법에 커다란 변화를 가져오고 있다 (Crutchfield & Barnes, 1993).

Wu 등(2006)은 뇌졸중 환자들의 보행 기능 향상의 첫 번째 선결과제는 족관절의 경직을 줄이고 족관절의 관절가동범위를 개선시키는 것이 매우 중요하다고 하였으며, 이를 위해서 특별히 고안한 동적-반복 수동 관절 운동 기기(Dynamic-Repeated-Passive Ankle Joint Motion Exercise Device)를 이용하였다. 12명을 대상으로 선 자세에서 수동적으로 족관절의 배측-저측 굴곡 운동을 수행한 결과 족관절의 경직 수준이 유의하게 감소하였다고 보고 하였다.

역방향 에르고미터 훈련을 한 실험군에서 족관절 가동 범위가 유의하게 증가한 것을 볼 수 있었으나 각 그룹의 변화량 검증에서는 유의하지 않았다. 이는 에르고미터 훈련 시 페달링의 방향 보다는 페달링 운동이 반복적이고 능동적이라는 점이 선행 연구의 결과와 일치하는 것으로 사료된다.

보행을 향상시키는 일환으로 반복적이고 교대적인 굴곡, 신전 움직임(reciprocal flexion, extension movement)과 길항근이 번갈아 수축되며 근육강화 및 하지근육조절의 향상에 의미가 있고, 균형과 보행 수행에 효과적으로 보고된 에르고미터 훈련이 있다(Michal & Shochina, 2005). Burke(1994)는 에르고미터 훈련 시 페달을 돌리는 과정에는 대퇴의 굴근과 신근의 근력이 중요하다고 보고하였다. Sin & Kim(2008)의 연구에서 역방향 페달링에서 전경골근과 비복근의 근활성도의 평균값이 더 크게 났다고 하였다.

본 연구에서는 슬관절의 굴곡근과 신전근의 근력이 모두 증가하였으며, 특히 굴곡근의 근력이 통계학적으로 유의한 증가를 나타내었지만( $p < .05$ ), 대조군과 실험군 간의 변화량 검증은 유의하지 않았다. Fujiwara 등

(2003)은 에르고미터 운동 후 30분 동안 수의적인 슬관절 신전 운동시 주동근의 축진과 길항근의 역제가 되었고, 비마비측 다리가 페달링에 의해 일부 신장되는 효과를 보았다고 하였다.

본 연구에서는 역방향 에르고미터 훈련을 한 실험군에서 마비측 족관절의 배측굴곡과 저측굴곡의 가동범위가 모두 통계학적으로 유의하게 증가된 것으로 나타났으며, 이는 마비측 하지 근육의 수의적 움직임이 증가되었다고 볼 수 있을 것이다.

Jung et al(1998)은 족관절의 배측굴곡근, 저측굴곡근, 슬관절의 굴곡 및 신전근을 페달링의 운동 강도에 따른 단계별 적분 근전도를 살펴본 연구에서 슬관절의 신전근과 굴곡근만이 단계에 따라 선형적으로 유의하게 증가한다고 보고하였다.

본 연구에서는 에르고미터 훈련에서 역방향으로 페달링 할 시 특정한 저항이나 부하를 주지 않았으며, 동작의 각도는 연구의 대상으로 하지 않았지만, 하지 근력의 평균값의 증가를 볼 수 있었으며, 특히 슬관절 굴곡근의 유의한 증가는 선행 연구와 일부분 일치하는 바가 있었으나 페달링 방향에 따른 유의성은 나타나지 않았다. 또한 보행에 있어 발은 인간에게 가장 중요한 이동 수단이 되고, 지지하는 지면과 맞는 인체의 유일한 부위이며 모든 체중부하에 중요한 역할을 한다. 이러한 발의 운동학과 발의 압력을 연구하기 위하여 많이 사용되는 것이 족저압 분석이다(Kim et al, 2004).

족저압의 평가는 근골격계, 외피계, 신경계와 관련된 질환들을 관리하는 물리치료사들에게 유용한 정보를 제공한다(Orlin & Mcpoil, 2000). 족저압은 운동과학의 임상분야와 연구 분야에서 많은 관심을 갖고 있는 측정 대상 중 하나이며 족저압을 측정함으로써 다양한 일상생활동작과 기능적 활동 중 발의 특정 부위에 가해지는 압력을 관찰 할 수 있다(Oh et al, 2001). Park et al(2005)은 뇌졸중 환자의 보행과 족저압에 관한 연구에서 마비측 족저압은 좌우방향으로는 증가되지만 전후방향으로는 감소하게 되는데 이는 족관절의 능력이 영향을 미치는 것으로 보고하였다. Lee(2011)의 족관절의 근력 강화가 뇌졸중 환자의 족저압과 보행에 미치는 영향이라는 연구에서 족관절의 근력 강화가 족저압에



좋은 영향을 미치는 것으로 보고 하였다.

본 연구에서는 역방향 에르고미터 훈련으로 족관절의 가동범위가 증가하였으며, 정적 족저압은 전방, 후방 및 총 압력이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 Park et al(2005)의 연구와는 서로 다른 결과를 볼 수 있었으며, 족관절과 관련된 근력의 증가가 족저압의 총 압력을 증가시키는데 영향을 미친 것에 대해서는 뚜렷한 증거를 제시하지 못하는 제한이 있다고 하겠다. Kim et al(2010)은 불안정면에서의 균형훈련이 편마비 환자의 보행요소와 하지근 활성도에 미치는 영향이라는 연구에서 동적 족저압을 분석한 결과 발의 전방 부분, 발 허리부분 등에서 족저압이 증가된 것으로 보고 하였다.

본 연구에서는 정적 족저압을 분석하여 다소 다른 결과를 보이고 있다. 2주간의 역방향 에르고미터 훈련 후 정적 족저압은 전방과 후방 비율, 총족저압, 족저압의 표면적 등에서 훈련군이 대조군보다 긍정적으로 높아진 것은 사실이지만 통계학적으로 유의하지는 않았다. Christensen 등(2000)의 에르고미터를 타는 동안 양전자 방사 단층촬영(position emission tomography)을 한 연구에서 고위 운동 중추와 소뇌가 활성화 반응을 보였으며, 이는 율동적 운동 과제(rhythmic motor tasks)의 조절을 보여준다고 하였으며, 이러한 척수 운동조절 기전은 페달링에 의해 활성화 될 수 있고 마비측 하지의 협응된 선택적 근활동에 도움이 된다고 하였다.

Kim & Bae(2010)에 의하면 뇌졸중 환자들의 보행과 균형 능력 향상에 대한 연구에서 에르고미터를 이용한 연구는 심근의 산소요구량 측정 같은 운동 부하 검사나 유산소 운동의 효과에만 치중되어있으며, 신경계 환자가 아닌 노인이나 정형계 환자들을 대상으로 편중되어 있다고 하였다. 또한 에르고미터 훈련은 앉아서 수행하는 다리 운동은 양측성이면서 보조된 능동적인 훈련을 통합하는 방식으로 비마비측 하지의 도움으로 마비측 다리의 교대움직임을 유발한다고 하였다.

따라서 뇌졸중 환자를 대상으로 역방향 에르고미터 훈련을 실시한 본 연구에서 정방향 에르고미터 훈련이나 족관절 근력강화 운동, 불안정한 면에서의 균형 운동, 트레드밀 운동과 마찬가지로 뇌졸중 환자의 하지

기능에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 이는 에르고미터 훈련이 율동적 운동 과제의 조절과 마비측 하지의 협응과 선택적 근활동에 도움이 될 수 있다고 할 수 있을 것이다.

그러나 본 연구는 치료 이외의 일상생활동작들이 뇌졸중 환자들의 기능에 미치는 영향을 고려하지 않았으며, 연구 대상자들의 수가 적고, 실험 시기가 2 주로 짧으며, 지역적 제한으로 모든 뇌졸중 환자에게 일반화 하기는 어렵다. 또한 뇌졸중 환자들의 특성 중 자세의 비대칭성, 족저압의 좌우 대칭성 등은 연구 대상에 포함시키지 않은 제한을 가지고 있어, 향후 뇌졸중 환자들을 대상으로 하는 연구에서는 다양한 변인을 밝혀낼 수 있는 포괄적인 연구가 더욱 더 필요할 것으로 사료된다.

이상의 연구 결과에서 역방향 에르고미터 훈련이 뇌졸중 환자의 족관절 가동범위, 하지 근력 및 족저압에 긍정적인 영향으로 미치는 것으로 나타났으나, 정방향 페달링과 큰 차이를 나타내지 않으므로, 페달링 방향 보다는 하지의 반복적이고 능동적인 운동을 유발할 수 있는 에르고미터 훈련이 앞으로 뇌졸중 환자들에게 추천되어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결론

뇌졸중 환자들의 비정상적인 보행 패턴을 증재하기 위한 에르고미터 운동은 환측과 정상 하지에서 체중의 협응력을 요구하며 보행 기술의 대행적인 연습으로 체중 부하 및 균형 능력을 향상시키기 위한 목적으로 시행된다. 특히 역방향 에르고미터 운동은 경골-대퇴부 압력을 줄여 보다 안전하게 사용 할 수 있는 장점이 있어 임상 현장에서 시행되고 있으나 그 효과에 대해서는 연구가 미흡하다고 할 수 있다. 본 연구 결과는 역방향 에르고미터 운동을 훈련하는 것이 시행하지 않은 것보다 실험 전, 후 비교에서 발목각도의 배측 및 저측 굴곡의 각도 변화와 슬관절 굴곡 근력이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 족관절 근력 및 슬관절의 근력, 족저압 비교에서 유의한 차이를 나타내지 않았지만 평균값의

증가로 보아 긍정적인 영향을 미치는 것으로 사료되므로, 향후 연구를 위한 유용한 자료를 제공해 줄 수 있을 것이다.

## References

- Bae SS. A Study of Received Rehabilitation Service Patterns of Stroke Patients in Metropolis of Korea. *Phy Ther Kor.* 2001;12(3), 293-310.
- Bohannon RW, Larkin PA. Lower extremity weight bearing under various standing conditions in independently ambulatory patients with hemiparesis. *Phys Ther.* 1985;65(9):1323-25.
- Brown DA, Kautz SA, Dairaghi CA. Muscle activity adapts to anti-gravity posture during pedaling in persons with post-stroke hemiplegia. *Brain.* 1997;120(5): 825-37.
- Burke ER. Proper fit of the bicycle. *Clinics sports Med.* 1994;13(1):1-14.
- Burridge JH, Taylor PN, Hagan SA et al. The effects of common peroneal stimulation on the effort and speed of walking : A randomised controlled trial with chronic hemiplegic patients. *Clin Rehabil.* 1997;11(3):201- 10.
- Choi JH, Kim YL, Gun HC. Effects of Pelvic and Lower Extremity Exercise on the Gait in Patients with Hemiplegia. *KAUTPT.* 1997;4(1):20-9.
- Christensen, LO, Johannsen P, Sinkjaer T et al. . Cerebral activation during bicycle movements in man. *Exp Brain Res.* 2000;135(1):66-72.
- Crutchfield CA, Barnes MR. Motor control and motor learning in Rehabilitation. Atlanta Stokesville.1993.
- Fleuren JFM, Snock GJ, Voerman GE et al. Muscle activation pattern of knee flexors and extensors during passive and active movement of the spastic lower limb in chronic stroke patients. *Journal of electromyography and kinesiology.* 2009;19(8):301-10.
- Fujiwara T, Liu M, Chino N. Effect of pedaling Exercise on the hemiplegic lower limb. *Am J Phys Med Rehabil.* 2003;82(5):357-63.
- Han TL. Prognostic Evaluation in Stroke Rehabilitation. *Kor Rebab Med.* 1997;21(5):817-23.
- Hong WS, Kim GW. Reliability of the Joint Neutral Position and Measurement Methods of the Ankle Joint Complex Range of Motion. *Phy Ther Kor.* 2011;23(4):45-51.
- Joo GC. The effect of Forward and Backward Pedaling on Recruitment of Leg Muscle and Energy Metabolism in Cycling. Seoul University. Master Thesis. 1998.
- Jung ST, Lim SW, Jung YS et al. Forward and Backward Pedaling on Low Extremity muscle contraction Patterns. *Korean Journal of Sports,* 1998;36(1):837-42.
- Kim CS & Bae SS. The comparison of effect of treadmill and ergometer training on gait and balance in stroke. *Korean soc phys med,* 2010;5(3):435-43.
- Kim YG. The factors related to the community mobility in disabled person. *Disabil Rehabil.* 2007;11(3):146-67.
- Kim YJ. Soleus Myopathy Induced by Passive Stretch in a Stroke Patient, *Kor Rebab Med.* 1999;23(3):664-69.
- Kim YJ, Ji JG, Kim JT, et al.. A comparison study for mask plantar pressure measures to the difference of shoes in 20 female. *KJSB.* 2004;14(3):83-98.
- Kim EJ, Hwang BG, Lee SY et al.. The Effects of Gait Component and Muscular Activity on Unstable Surface Balance Training in Stroke Patients. *Disabil Rehabil.* 2010;14(4):329-46.
- Lafayette Instrument.. The Lafayette manual muscle test system user's manual. U.S.A. 2003.
- Lee JH. The Effect of ankle joint muscle strengthening training and static muscle stretching training on stroke patients' plantar pressure and gait. Dae Gu University. Master Thesis. 2011.
- Michal KL & Shochina M. Early cycling test as a predictor of walking performance in stroke patients. *Physiother Res Int.* 2005;10(1):1-9.
- Neptune RR, Kautz SA. Knee joint loading in forward versus

- back-ward pedaling implication for rehabilitation strategies. *Clinical Biomechanics*. 2000;15(7): 528-35.
- Oh DS, et al. Effects of Relative Frequency of Knowledge of Performance on Balance Retraining in Patients With Hemiplegia. *KAUTPT*. 2001;8(1):9-19.
- Orlin MN, Mcpoil TG. Plantar pressure assessment. *Phys Ther* 2000;80(4):399-409.
- Park JW, Nam GS, Baek MY. The Relationship between the Plantar Center of Pressure Displacement and Dynamic Balance Measures in Hemiplegic Gait. *Kor Rehab Med*. 2005;12(1):11-21.
- Raymond CL, Jan MJ, James M et al. The development validity and reliability of a manual muscle testing device with integrated limb position sensors. *Arch phys Med Rehabil* 2006;87(3):411-17.
- 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.
- Shumway-cook A, Wollacott MH. Motor control theory and practical application Lippincott Williams & wilkins. 1995.
- Sin ES Kim HJ. Electromyographic Analysis of a Uphill Propulsion of a Bicycle by Forward. Backward Pedaling. *Korean Journal of Biomechanics*. 2008;18(4): 171-7.
- Statistics Korea. Cause of Death Statistic in 2010. 2011.
- Wu C, Huang MH, Lee CL et al. Effect on spasticity after performance of dynamic-repeated passive ankle joint motion exercise in chronic stroke patient. *Kaohsiung J Med Sci*. 2006;22(12):610-7.