

## 경사 침대의 각도 변화에 따른 하지 근력 특성

김 경\*, 김성현, 정성환 (전북대학교 의용생체공학과), 김기범, 권대규, 홍철운,  
김남균 (전북대 생체정보공학부)

### Characteristics of the Lower Limbs Muscular Force on the Angle Variation of Tilting Bed

K. Kim\*, S. H. Kim, S. H. Jeong (Dept. of Biomedical Engineering, CBNU), G. B. Kim, T. K. Kwon, C. U. Hong, N. G. Kim (Division of Bionics and Bioinformatics, CBNU)

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to identify the characteristics of muscular power by COP(center of pressure) training according to the angle variation of tilting bed. We changed the angles of tilting bed(up-down direction 0°, 15°, 30°, 45° and right-left direction -15°, 0°, +15°) for the correlation between angles and muscular power. And we measured EMG(electromyography) of lower limbs muscle(rectus femoris, biceps femoris, and gastrocnemius, tibialis anterior) during COP training. COP training was divided by the COP trace training(in all direction) and sine wave trace training(vertical and horizontal direction). As the result, we obtained the improvement effect of COP training and we showed that electromyography(EMG) variations of lower limbs muscle on the angle variations of tilting bed were investigated.

**Key Words** : Lower limbs muscular force(하지근력), Electromyography(근전도), Angle variation(각도 변화)

#### 1. 서론

UN(United Nations)에서 정한 고령화 사회의 기준은 '65세 이상 노인 연령층 비율이 전체 인구의 7%를 차지하는 사회'라 하였으며, 14%, 20%를 넘으면 각각 고령사회, 초고령 사회라고 규정짓고 있다. 우리나라의 경우 2001년에 354만명(7.4%)으로 이미 고령화 사회가 되었으며 2022년에는 고령사회, 2032년에는 초고령 사회로 진입한다고 보고되고 있다.<sup>1</sup> 노인 인구가 증가함에 따라 노인의 행동영역 중 시장보기, 계단 오르기, 일어나기 등, 노인이 일상생활에 필요한 기본 동작을 수행하기 위해서는 최소한의 하지 근력이 요구된다.

하지근력을 증진하기 위한 연구로써, Brown<sup>2</sup> 등은 노인의 하지 근력이 보행능력, 균형능력과 높은 상관관계가 있다는 것을 규명하였고, 노인환자의 하지근력이 약화되었을 때 낙상의 위험이 증가되며 근력약화와 균형능력 저하로 증가되는 노인의 낙상은 근력강화운동을 통하여 증진시킬 수 있다고 보고되고 있다. 또한 각도를 변화시킬 수 있는 조기 재활훈련시스템인 경사침대의 개발<sup>3</sup>은 재활을 침대에서부터 시작하는 조기재활이 가능하다고 보고하

였다. 그러나 이러한 조기재활훈련시스템은 정확한 각도의 변화에 따른 하지 근력의 특성이 필요하며 이에 대한 연구는 아직 미비한 실정이다.

본 연구는 노인의 근력 증진을 위한 기초 연구로서, 조기재활훈련시스템인 경사 침대(tilting bed)를 이용하여 하지 근력의 특성을 알아보고자 하였다. 이를 위하여 경사 침대의 기울기 각도를 변화시키면서 하지 근육의 근전도(EMG)를 측정하고 분석하였다.

#### 2. 조기재활 훈련 시스템

본 연구에서 제작한 훈련시스템은 크게 힘판(force plate) 장치와 훈련 모니터링 장치로 구성된다. Fig. 1은 경사 침대의 각도 변화에 따른 동적 평형 감각 훈련(COP 훈련)의 하지 근력 특성 실험에 대한 블록선도이다. 경사 침대를 이용하여 각도를 변화시키고 COP 훈련을 하는 피험자의 근전도 신호를 측정한다. 각도의 변화에 따라 변하는 근전도 신호의 특성을 관찰하고, DB(database)화된 근전도 신호를 분석하였다.

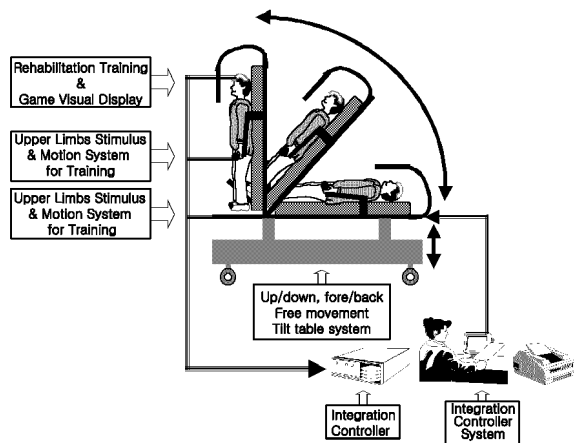


Fig.1 Block diagram of the early rehabilitation training system



Fig. 2 Early rehabilitation training system on the angle variations

Fig. 2는 개발된 조기 재활 훈련시스템을 이용하여 경사각의 변화를 주었을 때의 실험 모습이다. 조기재활훈련시스템은 각도 센서인 전위차계 변환기 (potentiometric resistive transducers)를 이용하여 각도 변화를 검출하고, 2개의 모터를 이용하여 침대의 높낮이 조절과 좌우 회전 운동을 가능하게 하였다. 이 시스템은 환자의 빠른 재활을 가능하게 하며 기존의 재활훈련장비보다 여러 감각기관을 동시 자극하여 재활의 효과를 한층 증진시킬 수 있는 시스템이다.

침대의 경사각에 따른 하지재활훈련을 위하여 힘판을 사용하였다. 힘판의 크기는 400×300 mm의 직사각형 모양이며 로드셀 간의 간격은 180×280 mm, 원형 압축형 형태의 50 kg 로드셀 4개로 구성되어 있다. 힘판에 힘을 가했을 때, 힘판으로부터 나오는 신호를 증폭기를 거쳐 A/D converter를 통해 추출한다. 또한 300Hz 이하의 신호만 통과할 수 있는 저역 필터(low-pass filter)를 제작하였다.

### 3. 실험방법

#### 3.1 동적 평형 감각 훈련(COP 훈련)

본 연구의 훈련 방법은 경사 침대를 이용한 COP 훈련이다. COP 훈련 방법은 힘판을 이용하여 일정한 영역 안에 화면 속의 타겟을 유지시키는 실험으로 COP 추적 훈련(전후좌우 각 4방향)과 정현파(sine wave) 추적 훈련으로 이루어졌다. 경사 침대의 각도 변화는 상하 방향 0°, 15°, 30°, 45°, 좌우방향 -15°, 0°, +15°으로 변화를 주었다.

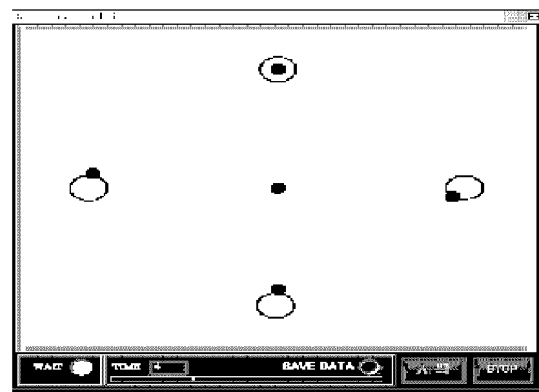


Fig.3(a) Photo of COP trace training

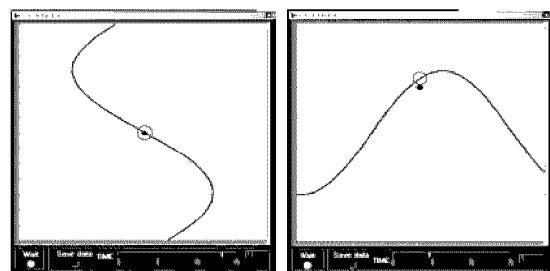


Fig. 3(b) Photo of sine wave trace training

#### 3.2 근전도(Electromyograph) 측정

본 실험은 Tilting 침대에 누워서 상지가 고정된 채 수행되었으며, 피험자는 20대의 성인을 대상으로 하였다. 근전도 측정은 Biopac MP100을 이용하였으며, 근전도 신호는 초당 256 sample를 수집되었다. COP 훈련의 근전도를 기록하여 힘판 각 방향으로 기울일 때 사용되는 근육을 확인하고자 하였다. 근전도 신호는 왼쪽 하지를 대상으로 측정하였으며, 하지의 대퇴와 무릎의 움직임을 담당하는 대퇴직근과 대퇴이두근, 무릎과 발목관절의 움직임을 담당하는 비복근과 전경골근을 측정하여 경사 침대의 각도 변화에 따른 하지 근력 특성을 고찰하였다.

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 COP 훈련 결과

각도가 커질수록 전후좌우 모든 방향에서의 COP 이동 시간이 짧아지고 COP 유지 시간은 증가하였다. 이는 각도가 커질수록 힙판에 가해지는 하중이 증가했기 때문이다. 그러므로 각도가 커질수록 COP 이동과 COP 유지가 쉬워지는 경향을 보였다.

Table. 1 Result of COP training

	tilting angle	Anterior	Posterior	Left	Right
COP Moving Time(s)	0°	1.28	1.25	2.54	3.84
	45°	0.6	0.98	1.56	0.91
COP Maintaining Time(s)	0°	25.94	2.29.	14.75	25.65
	45°	29.17	28.59	28.04	27.75

### 4.2 근전도 해석

#### 4.2.1 상하 각도에 따른 변화

경사 침대의 상하 각도(상하 0° ~ 45°)를 변화시키면서 힙판을 이용한 COP 훈련의 상하좌우 훈련 중 좌우 방향에서 피험자의 비복근의 활성도가 크게 나타나고 있다.

Fig. 4는 COP 훈련 중, 왼쪽 방향의 각도별 근전도 신호이다. 왼쪽 방향의 훈련은 30°와 45°의 각도에서 비복근의 활성도가 0°에서보다 크게 나타남을 알 수 있었다. 이는 각도가 증가할수록 커지는 피험자의 하중이 훈련을 하면서 쓰여지는 왼쪽 근육의 활성도에 영향을 미치고 있기 때문이다.

Fig. 5와 6은 Sine Wave 추적 훈련을 했을 경우, 수직 방향(vertical direction)과 수평 방향(horizontal direction)의 전경골근과 비복근의 근전도 신호를 나타내고 있다. 피험자는 Sine Wave를 추적하면서 실험한 왼쪽 하지 근육의 활성도를 타겟이 움직이는

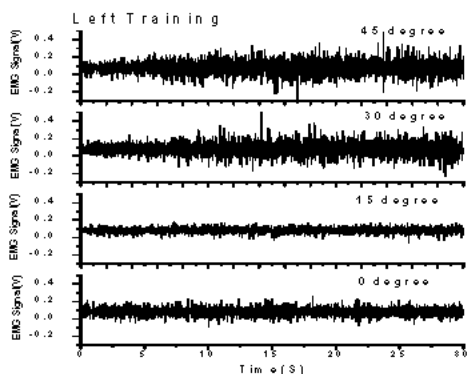


Fig. 4 EMG signal of gastrocnemius in left training

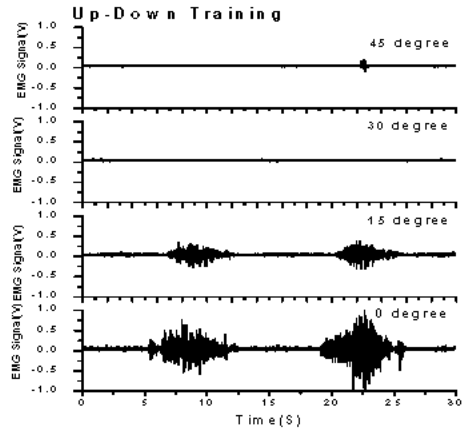


Fig. 5 EMG signal of tibialis anterior in vertical training

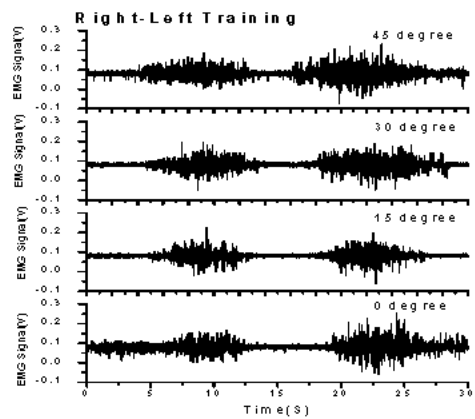


Fig. 6 EMG signal of gastrocnemius in horizontal training

것을 시각으로 확인함으로써 훈련하는 상황을 실시간으로 바이오 피드백 할 수 있었다. 수직 방향에서는 15°이하에서 주기성이 발견되고 수평 방향에서는 전 각도에서 주기성을 확인할 수 있었다.

#### 4.2.2 좌우 각도 변화에 따른 변화

Fig. 7 좌우 각도(+ 방향 : 왼쪽, - 방향 : 오른쪽)를 변화시키면서 COP 훈련 중 전 방향에서 활성도가 가장 높은 전경골근의 각도에 따른 근전도 신호를 나타내고 있다. 이 그림에서 알 수 있듯이 왼쪽으로 각도를 기울였을 때 전경골근의 근육이 많이 활성화되었다. 기울어진 각도방향이 측정된 근육과 같으므로 피험자의 하중에 의하여 +15°의 각도에서 근육이 가장 활성화 되었다.

Fig. 8의 COP 훈련 중 후 방향에서의 전경골근의 근전도 신호를 나타내고 있다. 이 결과에서는 +15°의 각도보다 -15°각도에서 근전도 신호가 활성화 되었으며, 그 이유는 왼쪽 하지의 근육이 피험자의 하중의 영향에 의해서 근육의 활성도 증가하였기 때문이

다.

Fig.9는 Sine Wave 추적 훈련을 했을 경우, 수평 방향에서의 비복근의 근전도 신호를 나타내고 있다. 이 결과에서는 -15°로 기울였을 때 더 많은 하지 근육이 쓰였다는 것을 알 수 있다. 이는 -15° 방향에서는 오른쪽 하지 쪽으로 하중이 실리기 때문에 하중이 전혀 실리지 않는 왼쪽 하지로서는 0°나 15°에서보다 근육의 활성도가 증가하였기 때문이다.

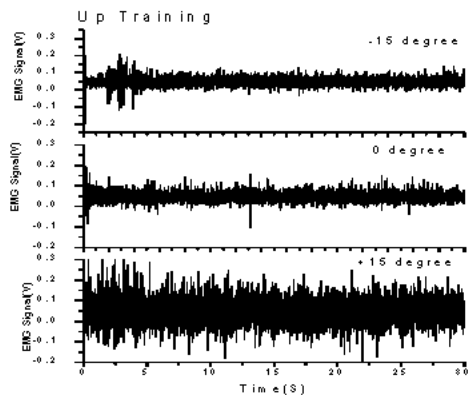


Fig. 7 EMG signal of tibialis anterior in anterior training

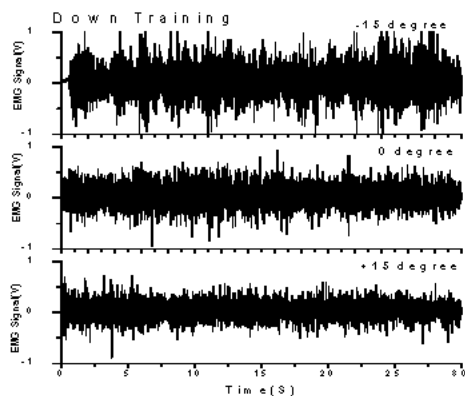


Fig. 8 EMG signal of tibialis anterior in posterior training

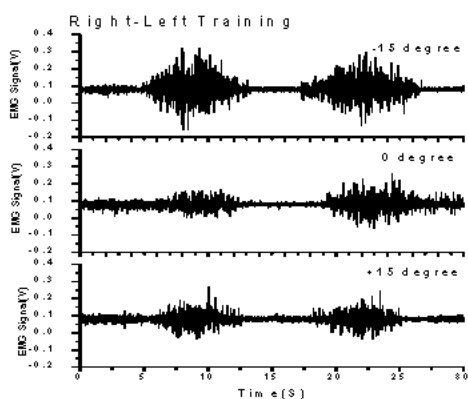


Fig. 9 EMG signal of gastrocnemius in horizontal training

## 5. 결론

본 연구에서는 각도의 변화에 따른 조기재활훈련 시스템에서의 하지근력의 특성을 고찰하였다. 이에 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 경사 침대의 각도를 변화시키면서 COP 훈련을 수행하였을 때, 기울임 변화에 따른 몸의 하중의 변화로 인하여 근육의 활성도 다르게 나타남을 알 수 있었다.
2. 경사침대의 상하 방향의 각도를 변화시킬 경우, 기울임 각도가 커질수록 힘판에 가해지는 피험자의 하중의 영향으로 근육의 활성도가 증가하는 경향 보였다. 좌우 방향은 +15°에서는 하중의 방향과 같은 쪽이기 때문에 0°와 -15°에서보다 근육의 활성도가 증가하였다.
3. 정현파 추적 훈련은 전경골근과 비복근의 근전도 신호가 많이 활성화 되었다. 그리고, 수평방향 추적 훈련에서는 좌우 움직임에 주로 관여하는 비복근의 근전도 신호가 많이 활성화되었고, 수직방향 추적 훈련에서는 앞뒤의 움직임에 관여하는 전경골근의 근전도 신호가 활성화 되었다.

## 후기

본 연구는 과학기술부 주관 특정연구개발사업 지원으로 이루어진 것임.

## 참고문헌

1. Lee, C. I., Han, S. D., "Health of korean elder(study on the knowledge, habit and physical strength)," : Hallym Academy of Sciences pp. 79, Seoul. 2001.
2. Brown, M., Sinacore, D. R., host, H. H. "The relationship of power to function in the older adult," *J Gerontol.*, Vol. 50, pp. 55-59, 1995.
3. Kwon, T. K. et al., "The early rehabilitation training system using tilting bed," *KSPPE conference of autumn*, pp. 293, 2004.