

# MR 댐퍼와 불안정판이 적용된 근력 훈련 시스템 개발

\*최윤정<sup>1</sup>, 박용군<sup>2</sup>, 유문호<sup>3,4</sup>, 권대규<sup>3</sup>, 김남균<sup>3</sup>

<sup>1</sup>전북대학교 헬스케어공학과, <sup>2</sup>전북대학교 의용생체공학과,  
<sup>3</sup>전북대학교 생체정보공학부, <sup>4</sup>전북대학교 실버공학연구소

## Development of a Training System for Muscular Activities using an Unstable Platform with Magneto-Rheological dampers

\*Y. J. Choi<sup>1</sup>, Y. J. Piao<sup>2</sup>, M. H. Ryu<sup>3,4</sup>, T. K. Kwon<sup>3</sup>, N. G. Kim<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Div. of Bionics and Bioninformatics, Chonbuk National University,

<sup>4</sup>Bioengineering Research Center for the aged, Chonbuk National University

Key words : Magneto-rheological damper, Muscular activities training, Unstable platform

### 1. 서론

자세 균형이란 외력 즉 중력에 대항해서 자신의 체위를 지킬 수 있는 인체의 능력으로 주어진 환경 내에서 자신의 지지 기저면 위에 신체 중심을 유지하는 능력이며, 신체의 안정성과 독립성을 위해 필수적이다. 자세 균형을 유지하기 위해서는 전정기관, 시각, 고유수용성감각, 근골격계 기능 그리고 인지 능력 등이 필요하다[1,2].

근력특성 평가에 관한 연구로써 Wolfson 등[3]은 하지의 근력이 보행능력, 자세 균형 능력과 높은 상관관계가 있다고 보고하였다. Buchner 등[4]은 68~85세의 노인 106명을 대상으로 주 3회 3개월 동안 운동훈련을 실시한 결과, 자세 균형능력이 증진되었다고 보고하였다.

기존 재활 훈련 장치의 경우 훈련이 필요한 환자의 상태에 따라 자세 균형 감각과 근골격계 운동량의 조절이 불가능하고 통합된 감각을 자극하기가 어려웠다. 본 연구에서는 MR 댐퍼로 힘의 반력으로써 불안정 정도를 조절할 수 있는 불안정판을 이용한 근력훈련 장치를 만들어 기존 재활 훈련 장치의 문제점을 보완할 수 있고 훈련을 통해 근력 향상을 가져올 수 있는 새로운 형태의 훈련 장치를 제어하고자 한다. 또한, MR 댐퍼가 내장된 불안정판을 이용한 훈련 장치를 구현하고 정상 성인을 대상으로 근력을 측정하여 기울기 센서를 내장한 불안정판에서의 근력특성과 비교하였다[5,6,7].

### 2. 하드웨어 설계

본 연구에서는 기존 훈련 장치의 문제점인 단조로운 훈련 환경을 탈피하고 통합된 감각을 자극하여 근력을 증진시킬 수 있는 훈련기기를 제안하고자 한다. Fig. 1은 본 연구에서 제작한 훈련시스템이다. 본 시스템은 크게 불안정판장치와 훈련 모니터링 장치로 구성된다. Fig. 2는 MR 댐퍼가 장착된 불안정판장치를 도식화한 모습이다.

불안정판은 근력증진 제어에 필요한 감각들을 통합적으로 상호작용 할 수 있는 수단으로서 기울기 센서, MR 댐퍼를 내장하고 MR 댐퍼 제어기를 외장한 형태로 제작하였다. 불안정판은 지름 500mm, 두께 20mm의 원형이고 기울임 각도는 최대 14°이다. 사용자의 움직임에 따른 불안정판 기울기의 변화에 대응하는 신호를 출력할 수 있는 기울기 센서를 사용하였다. 또한, MR 댐퍼를 장착하여 힘 조절을 가능하게 함으로써 훈련 시 불안정 정도의 조절을 할 수 있게 하였다. 외장형의 MR 댐퍼 제어기는 인출되는 전류량에 따라 MR 댐퍼의 댐핑력이 조절된다. Fig. 3은 기울기 센서가 내장된 불안정판으로 크기는 500mm × 400mm × 130mm(L × W × H)이고, 곡률반경은 300mm이다. 기울

임 센서의 수평방향 최대 기울임 각도는 18°, 앞뒤방향 최대 기울임 각도는 28°이다.



Fig. 1 Training system for improving the muscular activities

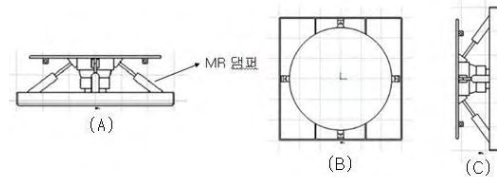


Fig. 2 Plane trigonometry of unstable platform (A:Front view B:Ground plan C:Side view)

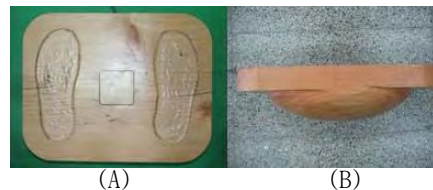


Fig. 3 Unstable platform (A:Top view B:Side view)

### 3. 실험방법

본 연구를 위한 실험은 평균연령 25세의 성인남성을 대상으로 실시되었다. 개발되어진 훈련시스템의 특성을 알아보기 위하여 MR 댐퍼가 부착된 불안정판과 기울기 센서를 내장한 불안정판 위에서 Fig. 4의 프로그램을 따라 훈련하게 한 후 피험자의 하지 근력을 측정하였다. Fig. 4의 프로그램은 한 주기 동안 좌우 방향과 상하방향 운동을 각각 60초 동안 실시하고 근육의 무리한 사용을 방지하기 위하여 60초 운동 후 30초의 휴식시간을 갖는다. 방법은 켜지는 LED에 따라 발판에 힘을 가하여 근육을 운동시킨다. 이 때 MR 댐퍼가 내장된 불안정판은 전류조절로 불안정판의 불안정 정도를 조절할 수 있으므로 0, 100, 200mA의 전류를 전가하였다. 근력측정을 하기 위해 MP100(BIOPAC Systems, Inc.)를 사용하여 전극이 부착된 근육의 근전도를 측정하였다. 측정에 사용된 근육은 오른쪽다리의 대퇴직근(rectus femoris, RF), 대퇴이두근(biceps femoris, BF), 전경골근(tibialis anterior, TA), 비복근(gastrocnemius, GN)이다.

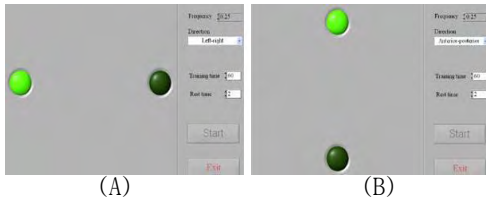


Fig. 4 Software for muscular activities trainin  
(A:Lateral-medial direction B:Anterior-posterior direction)

4. 결과 및 고찰

하지 근력의 특성을 알기 위하여 각 근육으로부터 측정되어진 근전도를 파워 스펙트럼 분석을 통하여 파워 스펙트럼의 면적(area of power spectrum in EMG)을 계산하였다. 근전도의 파워 스펙트럼 면적은 근력의 크기를 나타내었다. 실험 결과, MR 댐퍼가 부착된 불안정판에서 운동을 할 때의 하지 근력의 특성을 Fig. 5, 6을 통하여 알 수 있었다. 그래프의 X축은 전극을 부착한 각 근육들이고, 그래프의 Y축은 근전도의 파워 스펙트럼면적이다. MR댐퍼가 부착된 불안정판 위에서 근력 운동을 할 때, 기울기센서가 내장된 불안정판에서 측정된 스펙트럼의 면적과 비교해보았다.

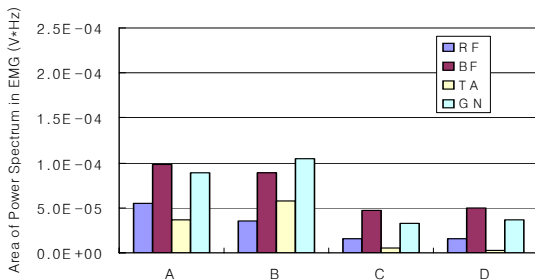


Fig. 5 Comparison of the muscular activities between unstable platform and unstable platform used MR damper measured muscles in Lateral-medial direction (A:Unstable platform, B:Unstable platform with MR damper at 0mA, C:100mA, D:200mA)

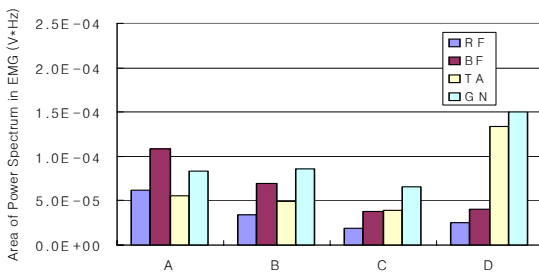


Fig. 6 Comparison of the muscular activities between unstable platform and unstable platform used MR damper measured muscles in Anterior-Posterior direction (A:Unstable platform, B:Unstable platform with MR damper at 0mA, C:100mA, D:200mA)

MR 댐퍼가 부착된 불안정판에 전류를 인가하지 않았을 때에는 기울기 센서가 내장된 불안정판에서의 스펙트럼 면적과 다소 비슷함을 관찰할 수 있었다(Fig. 5, 6의 A와 Fig.5, 6의 B 비교). 이는 전압세기 0에서 MR 댐퍼는 피험자의 하중을 지지할 수 없고 불안정판이 쉽게 흔들리게 된다. 따라서 피험자는 몸에 자세 균형을 유지하기 위해 긴장하게 된다. 100mA의 전류를 인가하였을 때에는 좌우, 상하 방향 모두 전류를 인가하지 않았을 때에 비하여 스펙트럼 면적이 감소하였는데 이는 전압세기 100에서 불안정판을 0과 같이 쉽게 흔들리지 않으므로 자세 균형을 유지하기 쉽기 때문이라 생각된다(Fig. 5, 6의 B와 Fig.5, 6의 C

비교). 또한 방향 이동에 있어 적은 힘으로도 피험자가 실험을 수행할 수 있기 때문에 전압세기 0에 비해 근육사용량이 감소한다고 생각된다. 200mA의 전류를 인가하였을 때에는 감소하였던 면적이 다시 증가됨을 알 수 있었다(Fig. 5, 6의 B와 Fig. 5, 6의 C 비교). 이는 전압세기를 200으로 증가시키면 MR 댐퍼의 지지력이 증가하여 불안정판을 쉽게 움직일 수 없기에 그만큼 피험자는 많은 근육을 사용하여 불안정판을 기울이게 된다.

Fig. 5 좌우방향의 경우 MR 댐퍼가 부착된 불안정판에서 훈련한 하지 근육이 기울기센서를 내장한 불안정판에서 측정된 하지근육보다 파워 스펙트럼의 면적이 적게 측정되어졌다. 이는 MR 댐퍼가 부착된 불안정판이 기울기 센서를 내장한 불안정판보다 체중의 이동이 용이하기 때문으로 여겨진다. Fig. 6 상하방향의 경우 MR 댐퍼가 부착된 불안정판에서 훈련한 하지 근육 중 전경골근과 비복근이 기울기센서를 내장한 불안정판에서보다 특히 많이 측정되어졌다. 이는 상하방향은 좌우방향처럼 체중 이동이 쉽지 않아 불안정판을 기울이기 위해서는 무릎을 살짝 굽히며 구르는 동작을 취하게 되어 전경골근이 뒤로 기울이며 체중을 버티기 때문에 비복근활용이 증대되는 것으로 여겨진다.

5. 결론

본 연구는 하지 근력 향상을 위하여 제작된 근력 훈련시스템의 효율을 알아보기 위하여 MR 댐퍼가 내장된 불안정판 과 MR 댐퍼가 사용되지 않은 불안정판위에서 각각 실험을 실시하고 그 결과를 비교분석하였다.

1. 고안된 불안정위에서 대퇴직근, 대퇴이두근, 비복근, 전경골근의 근전도 신호를 분석한 결과, 100mA에서는 0mA에서보다 적은 근력이 사용되었고 200mA에서 다시 사용하는 근력량이 증가하는 경향을 보였다.
2. 수평방향의 경우 수직방향에 비해 좌우 무게중심의 이동이 용이하기 때문에 기존의 불안정판에 비해 적은 근력이 사용되었다.
3. 수직방향의 경우 기존의 불안정판보다 전경골근과 비복근이 특히 많이 사용되었음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Cohen, H., Blatchly, C.A., Gombash, L.L., " A study of the clinical test of sensory interaction and balance," Phys., Ther., 73, 346-345, 1993.
2. Jennifer, A., Hess, DC., "Effect of high -intensity strength-training on functional measeres of balance ability in balance-impaired older adults," Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 28, 582-590, 2005.
3. Wolfson, L., Judge, J., Whipple, R., et al. "Strengthening is a major factor in balance gait and the occurrence of falls," J. Gerontol, 50, 64-67, 1995.
4. Buchner, DM., Cress, ME., de lateur, BJ., et al. "A comparison of the effects of three types of endurance training on balance and other fall risk factors in older adults," Aging, 9(1),112-119, 1997.
5. Mohammad, M.Islam, Eriko nasu., "Effects of combined sensory and muscular training on balance in Japanese older adults," Preventive Medicine, 39, 1148-1155, 2004.
6. Y.Yoshitake, H.Ue., "Assessment of lower-back muscle fatigue using electromyography, mechanomography, and near-infrared spectroscopy," Eur. J. Appl. physiol., 84, 174-179, 2001.
7. 전철환, 백길태, 이용하, 석광원, 이현철, 김성환 "골격근의 근전도 신호 분석을 위한 디지털 신호처리 시스템의 설계," 의공학회지, 17, 155-164, 1996.