

MR 댐퍼가 적용된 불안정판을 이용한 하지근력 훈련 시스템 개발

Development of Muscular Strength Training of Lower Extremities Using an Unstable Platform with Magneto-Rheological Dampers

*최윤정¹, 박용군², 권대규^{3,4}, 황지혜⁵, 김정자³, 김동욱³, #김남균³

*Y. J. Choi¹, Y. J. Piao², J. H. Hwang⁵, T. K. Kwon³, #N. G. Kim(ngkim@chonbuk.ac.kr)³

¹전북대학교 대학원 헬스케어공학과, ²전북대학교 대학원 의용생체공학과

³전북대학교 공과대학 생체정보공학부, ⁴전북대학교 실버공학 연구센터, ⁵서울 삼성병원

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

1. 서론

자세균형을 유지하기 위해서는 감각계와 신경계뿐만 아니라 관절의 가동범위, 척추의 유연성, 근육의 특성(근력) 등을 포함한 근골격계의 기능이 중요하게 작용된다[1]. Mohammad는 12주 동안 노인을 대상으로 불안정한 패드위에서 발의 자세에 변화를 주며 다양한 활동을 하게하는 근력 운동을 실시한 후 평형성과 하지 근력이 향상되었다고 보고 하였고[2], 그밖에도 근골격계 기능을 향상시키는 근력훈련의 효과에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 현재 보고된 근력운동의 방법에는 상업화된 헬스, 재활기구를 이용하여 일정기간 훈련하거나, 저항성 체조를 반복하게 하는 형태 등이 있다. 이러한 근력운동은 사용자의 근력을 실시간으로 피드백 받을 수 없는 형태의 단방향성 운동방법이고 단조로운 수행의 반복으로 피험자의 동기를 유발시킬 수 없는 어려움이 있다.

본 연구는 판의 기울기를 실시간으로 받아들여서 MR댐퍼의 댐핑력 제어를 통해 판의 불안정정도의 조절을 가능하게 하고 모니터를 통해서 신체의 이동 궤적을 바이오 피드백하는 기능을 부여하여 보다 효율적인 근력운동을 위한 시스템을 제안하고자 한다. 시스템에서의 하지 근력특성을 알기 위해 동적 운동프로그램을 수행하고 각각의 운동이 어떤 근육을 활성화시킬 수 있는지 정량적으로 고찰 하였다.

2. 실험방법

2.1 연구대상

본 연구는 평균연령 26.8세의 남자5명, 여자3명을 대상으로 임상실험을 실시하였다. 최근 1년 동안 근골격계나 신경근육계에 손상이 없었으며, 정기적인 근력강화 운동을 하지 않는 사람으로 실험 전 연구의 목적과 방법에 대하여 충분히 설명한 후 동의를 얻었다.

2.2 실험장치

동적 운동프로그램을 수행하고 각각의 운동이 어떤 근육을 활성화시킬 수 있는지 정량적으로 알아보고자 한다. 그림 1은 MR댐퍼가 장착된 불안정판 시스템으로 크게 불안정판 장치와 훈련 모니터링 장치로 구성된다. 그림 2는 MR 댐퍼가 장착된 불안정판의 삼각법 도면이다. MR불안정판은 근력증진 제어에 필요한 감각들을 통합적으로 상호작용 할 수 있는 수단으로써 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 사용하였고 MR 댐퍼를 장착하여 힘 조절을 가능하게 함으로써 훈련 시 불안정 정도의 조절을 할 수 있게 하였다. MR 댐퍼 제어기는 MR 댐퍼에 인가하는 전류량을 조절하는데 인출되는 전류량에 따라 MR 댐퍼의 댐핑력을 조절하게 한다. 근전도 측정근육은 오른쪽다리의 대퇴직근



Fig. 1 Muscular strength training system

(rectus femoris, RF), 대퇴이두근(biceps femoris, BF), 비복근(gastrocnemius, Ga), 전경골근(tibialis anterior, TA) 을 측정하여 하지 근력 특성을 평가하였다.

2.4 실험절차

시스템에서의 근력 특성을 알아보기 위하여 불안정정도를 조절하기 위해 인가 전류를 0mA 50mA, 100mA 인가한 MR 불안정판에서 그림 2의 프로그램을 훈련하게 하면서 피험자의 근전도를 측정하였다. 그림 4는 전후(AP), 좌우(LR), 45도, -45도방향의 동적운동으로 불안정판 위에서 중심을 맞추고 몸의 균형을 유지하고 있다가 각 패턴별로 움직이는 타겟을 따라 38.4초 동안 이동하게 된다.

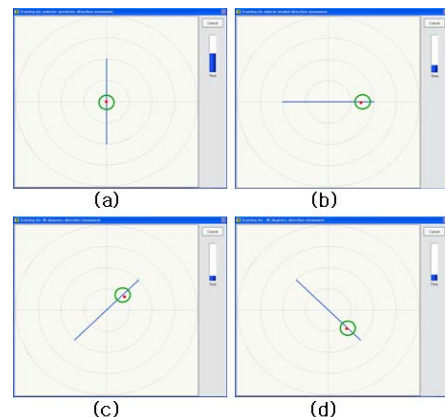


Fig. 2 Dynamic exercise program; (a) Anterior-posterior pattern, (b) left-right pattern, (c) 45degrees pattern, (d) -45degrees pattern

3. 결과 및 토의

측정된 근전도 신호의 강도를 비교하기 위해 m-DYN(mean dynamic activity) 방법을 사용해서 공통의 기준신호로 표준화하였다[3]. 표준화된 근전도 신호는 FFT를 통해 주파수분석을 하였고 근활성도를 알기 위해 확률 밀도함수를 구했다.

그림 3은 중심에서부터 각 패턴을 따라 38.4초 동안의 동적 운동 시 나타나는 근육활성도를 나타낸 그래프로 X축은 전극이 부착된 근육, Y축은 근활성도를 표현하는 spectral energy이다. 모든 패턴에서 근육의 활성도가 인가되는 전류의 증가함에 따라 높게 활성화 되었다($P < 0.01$). 이는 각 패턴별 동적운동을 수행하기 위해서 MR댐퍼에 의한 불안정판의 반력이 커짐에 따라 그에 대응하는 힘으로 불안정판을 눌러주어야 되는 것을 의미한다. 즉, 동일한 운동 시 불안정판에 인가되는 전류의 크기 조절로 보다 높은 근활성도가 나타날 수 있다.

좌우방향(LR)은 전후방향(AP)에 비해 발판을 누르는 것이 보다 수월한데 이것은 훈련 시 피험자의 발이 좌우로 평행하게 어깨넓이로 벌린 자세를 취하게 되는 것과 관련 있다. 따라서 좌우방향(LR)의 근활성도는 전후방향(AP)의 근활성도보다 낮게 나타났다. 45도와 -45도 패턴은 서로 대칭관계에 있어서 45도의 경우 오른발이, -45도의 경우 왼발이 주로 사용된다. 이때 전극의 부착위치와 모든 피험자의 우세발이 오른발이므로 45도에서의 근활성도는 -45도에서보다 높게 나타났다.

그림 4는 중심에서부터 각 패턴을 따라 38.4초 동안의 동적 운동 시 나타나는 근육활성도를 시간축으로 나타냈고 X축은 패턴별 운동방향, Y축은 IEMG로 100mA를 인가한 불안정판에서의 실험 그래프이다. 모든 패턴에서 가장 큰 활성도를 보인 근육은 비복근이었다. 전후패턴에서 전방향 이동 시에는 족저굴곡에 관여하는 비복근이 활성화되는데 이때 하퇴와 발목에 영향을 미치는 대퇴이두근이 협력하게 된다. 그리고 후방향 이동시에는 대퇴직근과 전경골근이 직립자세를 조절하고 전경골근이 이완수축력을 통해 체중이 뒤로 기울어지는 것에 대해 반응한다. 무게중심의 이동이 용이한 좌우방향은 전후방향에 비해 각 근육의 변동 폭이 작고 좌측에서 중심으로 이동할 때 여러 근육이 함께 활성화되었다. 45도패턴에서는 특히 비복근과 전경골근의 근활성도가 크게 나타났다. 앞쪽으로 힘이 쏠릴 때 비복근의 활성도가 높아지고 전경골근은 힘의 중심이 뒷꿈치에 가까울수록 이완수축하면서 활성화되므로 중심에서 후좌방향으로 이동할 때 크게 활성화되고 다시 중심으로 돌아오면서 감소하게 된다. -45도패턴에서는 비복근과 대퇴이두근의 근활성도 경향과 대퇴직근, 전경골근의 근활성도 경향이 반대로 나타났다. 후좌방향에서 전좌방향으로 이동할 때 비복근과 대퇴이두근이 활성화된 반면, 그 밖의 근육은 중심에서 후우방향, 전좌에서 중심방향에서 활성화되었다.

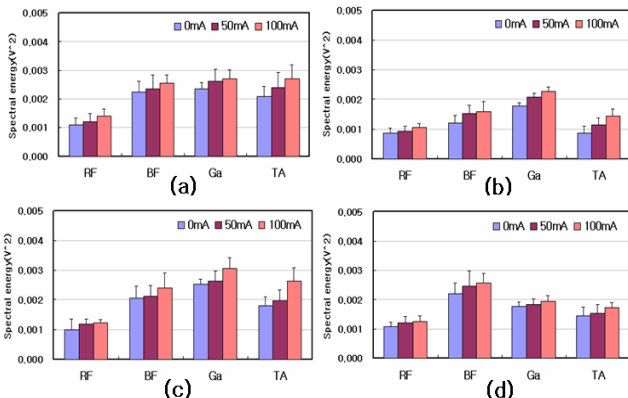


Fig. 3 Spectral energy of different pattern; (a) Anterior-posterior pattern, (b) left-right pattern, (c) 45degrees pattern, (d) -45 dgreees pattern

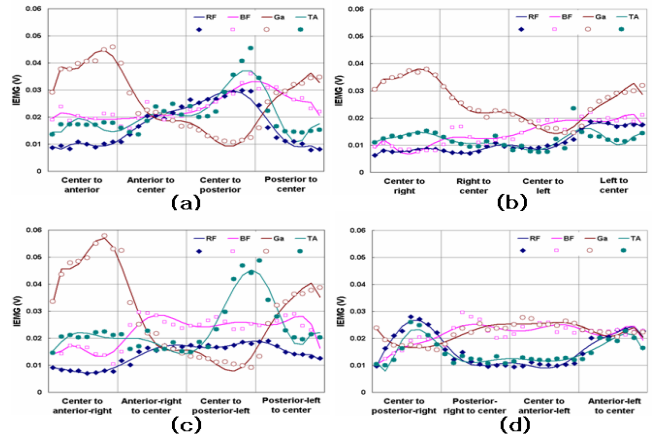


Fig. 4 IEMG of different pattern; (a) Anterior-posterior pattern, (b) left-right pattern, (c) 45degrees pattern, (d) -45 dgreees pattern

4. 결론

본 연구는 MR댐퍼가 적용된 불안정판 위에서 효율적이고 정량적인 근력 운동에 대한 방법을 모색하기 위해 동적 운동을 실시하여 각각의 운동이 어떤 근육을 활성화 시킬 수 있는지 정량적으로 알아보았다.

1. 각 근육은 인가되는 전류의 크기와 패턴별로 서로 다른 특성을 보였고, 운동의 패턴에 따라 활성화되는 근육이 다르고, 불안정판에 인가되는 전류는 근활성도의 증가율에 영향을 미쳤다.
2. 본 연구 결과는 MR 댐퍼가 적용된 불안정판 근력훈련시스템에서 댐핑력에 따른 근력운동을 효과적으로 실시하는데 적용될 수 있다.

후기

본 연구는 2006년도 산업자원부 지정 핵심연구개발사업 실버의료기기 핵심기술개발 연구비에 의하여 연구되었음. (10022722-2007-4)

참고문헌

- [1] Shumway-Cook A., Wollacott M., "Motor control : Theory and practical applications(second edition)," Baltimore: Williams & Wilkins, 2001.
- [2] Mohammad M. Islam, Eriko Nasu, Michael Rogers E. Daisuke Koizumi, Nicole Rogers L., Nobuo Takeshima, "Effects of combined sensory and muscular training on balance in Japanese older adults," Preventive Medicine, 39, 1148-1155, 2004.
- [3] Lori Bolala A., Timothy Uhl L., "Reliability of electromyographic normalization methods for evaluating the hip musculature," Journal of Electromyography and Kinesiology, 17, 102 - 111, 2007.
- [4] Kurugantia U., Parkerb P., Rickardsc J., Tingley M., "Strength and muscle coactivation in older adults after lower limb strength training," International Journal of Industrial Ergonomics, 36, 761-766, 2006.
- [5] Jennifer Hess A., Woollacott M. "Effect of High-Intensity Strength-Training on Functional Measures of Balance Ability in Balance-Impaired Older Adults," Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics, 28, 582-590, 2005.