

햅틱기반 저항운동 기구의 개발

Development of Haptic-based Resistance Training Machine

*김경남¹, 차관형¹, 배장호¹, 오경원¹, #홍대희¹

*K. Kim¹, G. H. Cha¹, J. Bae¹, K. W. Oh¹, #D. Hong(dhhong@korea.ac.kr)¹

¹고려대학교 기계공학과

Key words : HRTM, resistance training, haptic

1. 서론

저항운동(resistance training)은 비만, 당뇨, 고혈압을 예방하는 등 건강과 밀접한 관계가 있다. 그에 따라 지난 수 십 년간 저항 운동 방법에 대한 연구가 꾸준히 이루어져왔다. 저항운동은 사용 하는 기구에 따라 덤벨이나 바벨을 이용 하는 프리웨이트(free-weight) 방법과 저항 운동기구 (weight training machine) 방법으로 나눌 수 있다. 프리 웨이트의 경우 운동 자세와 무게에 따라 저항운동 기구보다 운동 가동 범위와 운동 부하를 다양하게 설정 할 수 있기 때문에 개인의 목적에 맞는 운동을 계획하고 실행 하는데 유리하다. 하지만 초보자가 프리웨이트 방법을 배우는 것은 저항운동기구 방법에 비하여 어렵다. 반면에 저항운동기구는 운동 경로가 정해져 있어서 초보자가 접근하기는 쉽다. 하지만 운동자에 따라 다른 운동 경로와 경로에 따라 낼 수 있는 힘 등을 저항운동 기구로 다양하게 구현하기가 어려운 단점이 있다.¹

로봇 기술의 발전과 함께 저항운동에 로봇 기술을 적용한 연구들이 활발히 이루어 지고 있다. UC Berkeley 의 최적 파워로 운동 가능한 “Smart Exercise Machine”, Georgetown univ. 의 DC 모터를 이용하여 이두 운동기구를 개조한 “motorized exercise machine”, Loughborough univ. 의 variokinetic 운동을 구현하는 “smart resistance training system” 이 대표적 연구이다.²⁻⁵ 이 연구들은 모두 기존의 프리웨이트나 저항 운동 기구로는 구현하기 힘든 운동자의 힘 특성을 고려한 운동자 개인에 맞는 저항을 전달하려고 하였다. 그러나 저항운동의 중요한 특성중의 하나인 운동경로나 자세 등에 대한

고려가 없고 운동 효과에 대한 검증도 거의 이루어지지 않았다. 고려대학교의 HRTM(Haptic-based Resistance Training Machine)은 평면상에서 2 자유도로 운동자에 맞는 운동경로와 힘 프로파일을 전달 할 수 있고 그 효과도 검증 되었다.^{6,7}

본 논문에서는 기존의 HRTM 의 문제점과 이에 대한 해결책을 바탕으로 하여 개인 맞춤형 운동을 구현하기 위한 개념설계와 이를 통한 추후 연구 계획을 다룬다.

2. 기존 HRTM 의 문제점과 해결책

기존 HRTM 은 낮은 제어 주기와 정시성을 보장할 수 없는 시스템으로 원인 모를 결함에 취약한 구조였다. 로봇을 이용한 운동 기구 같이 인간-로봇상호작용(human-robot interaction)에서 가장 우선시 되어야 할 것은 안전에 대한 대책이다. 이를 위하여 소프트웨어적으로는 정시성 보장을 위한 Real-time 시스템을 적용하고 하드웨어적으로는 두 개의 모터와 탄성체(elastic element)를 이용하여 위치와 힘을 동시에 제어 함으로써 인간 기계-상호작용에 적합한 double actuation 시스템을 적용하는 것이 필요하다.⁸

운동 자세를 보정하기 위해서 기존 HRTM 은 운동자가 부하가 거의 없는 상태에서 움직인 경로를 PDET(pre-defined exercise trajectory) 로 정의하고 이에 따라 운동하는 방법을 사용하였다. 이 경우 운동자의 손은 운동경로를 따라 가면서 운동을 하지만 나머지 관절의 위치가 변하여 운동 중 자세가 흐트러지는 문제가 발생할 수 있다. 임시 해결책으로 거울을 통하여 자신의 운동 자세를

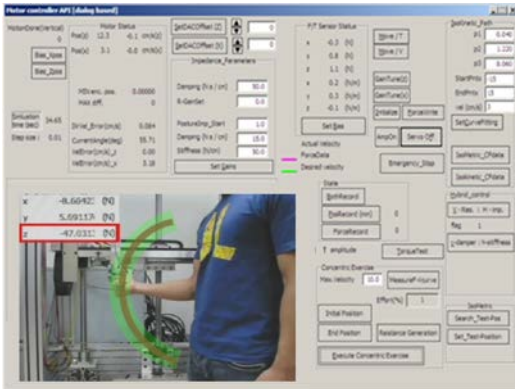


Fig. 1 HRTM user interface

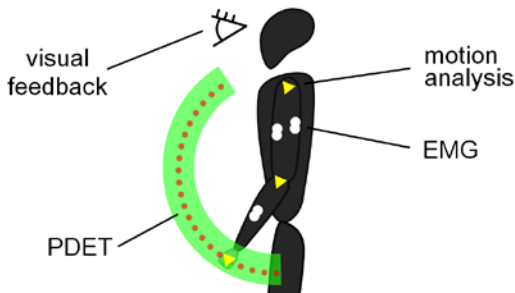


Fig. 2 schematic view of HRTM system

보면서 시각 피드백을 하였으나 이 또한 거울을 보는 과정에서 자세가 흐트러질 수 있다. 근본적인 해결책으로 HRTM 에 카메라를 동기화 하여 운동 자세를 유저인터페이스로 제공할 수 있다. 이를 통해 운동자는 화면을 보면서 자세보정 효과를 높일 수 있다 (Fig. 1).

HRTM 의 검증 방법으로 등속성 장비를 이용한 운동 전후의 평균 파워 변화만 살펴 보았다. EMG 와 모션 측정 장비를 HRTM 과 연계하여 HRTM 으로 운동시의 근육 활성화도와 자세 등을 객관적인 데이터로 분석하는 것도 필요하다(Fig. 2).

3. 결론

개인 맞춤형 저항 운동을 구현할 수 있는 기존의 HRTM 을 발전시키기 위해서는 real-time 과 double actuation, 카메라를 통한 시각피드백 등을 적용하고 등속성 장비, EMG, 그리고 동작 분석 시스템을 통하여 효과를 검증하여야 한다.

후기

본 연구는 2012 년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원(No. 2012-4010203250)과 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2012-0000792)

참고문헌

1. Folland, J., and Morris, B., "Variable-cam resistance training machines: Do they match the angle-torque relationship in humans?," *J. Sports Sci.*, **26**, 163-169, 2008.
2. Li, P.Y., and Horowitz, R., "Control of smart exercise machines. 1. Problem formulation and nonadaptive control," *IEEE-ASME Transactions on Mechatronics*, **2**, 237-247, 1997.
3. Li, P.Y., and Horowitz, R., "Control of smart exercise machines. 2. Self-optimizing control," *IEEE-ASME Transactions on Mechatronics*, **2**, 248-258, 1997.
4. Carignan, C.R., and Tang, J., "A haptic control interface for a motorized exercise machine", in *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 2055-2060, Pasadena, CA, 2008.
5. West, A., Smith, J., and McLeod, C., "Development and initial evaluation of a smart resistance training system," *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, **223**, 31-47, 2009.
6. Park, J., Kim, K., and Hong, D., "Haptic-based resistance training machine and its application to biceps exercises," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, **12**, 21-30, 2011.
7. Park, J., Kim, K., Hong, D., Moon, J., Koo, D.H., Kang, M., Shin, I., Kim, Y., and Lee, K., "The shoulder abduction exercise with a haptic-based resistance training machine," *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, **13**, 2239-2243, 2012.
8. Tagliamonte, N.L., Sergi, F., Accoto, D., Carpino, G., and Guglielmelli, E., "Double actuation architectures for rendering variable impedance in compliant robots: A review," *Mechatronics*, **22**, 1187-1203, 2012.