

MR 댐퍼와 모터를 이용한 척추훈련기의 하이브리드 제어 Hybrid control of lumbar exercise system using MR damper and motor

*#장대진¹, 배태수¹, 김신기¹, 류제청¹, 문무성¹, 김태균², 이종목², 류희근²

*#D. J. Jang(djjang@korec.re.kr)¹, T. S. Bae¹, S. K. Kim¹, J. C. Ryu¹, M. S. Mun¹,

T. K. Kim², J. M. Lee², H. K. Ryu²

¹근로복지공단 재활공학연구소, ²(주)한랩

Key words : Lumbar exercise system, MR damper, Hybrid control, Isokinetic exercise, Isotonic exercise

1. 서론

기존의 요추 운동시스템은 단순하게 등속성 또는 등장성 훈련과 같은 기계적인 훈련 방식을 통해 요추운동을 실시해왔다. 그러한 요추 운동시스템으로는 Mdex, Biodex, david 등 여러 종류가 있다. 메텍스 요추 신전근 시스템은 모터를 이용하여 요추의 기능을 검사하고 척추의 재활을 위한 장비로서 개발된 척추근력강화운동 시스템이다. 메텍스는 요추의 심부근을 실제로 분리할 수 있는 유일한 골반 고정법으로 요추의 근력을 등척성 검사가 가능하나 등장운동만 가능하다. Biodex는 다이나모미터를 이용하여 등속성 원리를 통해 인체의 7개 주요관절과 그 주변 근육의 근력, 내구력, 운동 부하량 등을 컴퓨터 시스템으로 정확히 측정하여 치료훈련 하는 장비이나 Biodex는 등속성 운동만 가능하다.

기존의 요추 운동시스템의 문제점을 극복하기 위하여 본 연구에서는 MR 댐퍼와 모터를 혼합하여 요추의 근력측정을 위한 등척 및 등속 운동이 가능한 하이브리드 제어기를 제작하고자 한다. 자기유체 제어방식인 부하 제어형 운동기는 요통으로 고통 받는 환자 및 장애인뿐만 아니라 정상인 고령자들도 사용이 간편한 생활 스포츠 운동 장치이다.

2. 척추훈련기의 하이브리드 제어

2.1 요추의 근력측정방법

요추의 근력을 측정하는 방법으로는 등척(isometric), 등속(isokinetic), 등장(isotonic) 운동 등 3가지가 있다. 이 운동 중에서 등척운동은 요추가 각도가 일정하게 유지된 상태에서 근력을 측정하는 방법이기 때문에 특별한 제어기법이 요구되지 않으며 등속운동은 요추운동시 일정한 각속도를 유지하면서 요추의 근력을 측정하며, 등장운동은 일정한 힘을 유지하면서 요추의 근력을

측정하기 때문에 각각 속도제어와 힘제어가 요구된다.

2.2 하이브리드 제어방법

기존의 척추훈련기에서는 액츄에이터로 모터가 사용되었으나 이러한 방식에서는 예기치 못한 외란이나 외부의 충격에 의한 오동작이 발생했을 때 오동작방지 대책이 없었으며 이로 인하여 사용자에게 부상을 입힐 수 있었다. 하지만 모터와 댐퍼의 혼합하는 방식은 사용자의 요추근력을 측정할 때는 모터와 댐퍼가 외부 부하로서 작용하며 외란이나 예기치 못한 충격으로 인한 모터의 오동작이 발생하면 댐퍼는 충격완화의 역할을 하여 사용자에게 가해질 수 있는 위험성을 줄일 수 있다.

본 연구에서 하이브리드 제어기법을 요추의 신전-굴곡시 등속, 등장운동에 적용하여 30deg/s의 등속운동과 150N에서의 등장운동시 요추의 근력을 측정하였다. 기존장비의 요추근력 데이터를 이용하여 최대 210Nm의 토크와 30deg/s의 속도를 낼 수 있도록 액츄에이터를 설계하였으며 이를 만족하는 모터로서 Higen CN10 AC servo motor를 선정하였다. 요추 근력측정시에는 모터와 댐퍼가 부하로서 작용하며 위험이 발생할 시에는 충격완료 댐퍼로서 역할을 하려면 모터와 댐퍼가 병렬로 연결되어야 한다. 그림 1에서는 AC 모터와 4개의 MR 댐퍼가 병렬로 연결되어 있어서 모터와 댐퍼를 혼합하여 출력축으로 내보낼 수 있도록 하이브리드 타입의 액츄에이터 모듈을 제작하였다.

등속운동에 대한 제어는 목표 속도를 현재 속도와 비교하여 모터와 댐퍼가 동시에 작동하다가 사용자가 목표된 속도보다 빠르게 운동하면 먼 증가된 속도에 비례해서 MR 댐퍼에 전류량을 증가시켜 목표 속도를 넘지 않도록 하고 반대로 현재 속도가 목표 속도보다 작으면 감소하면 댐퍼 전류량을 속도 감소분에 비례해서 감소시킨다. 댐퍼에

가해지는 전류량은 MR 댐퍼가 일정한 성능을 낼 수 있도록 PWM을 이용한 정전류 구동을 하도록 하였으며 MR 댐퍼간 성능 편차를 극복하기 위해서 4개의 개별 회로를 통해 구동하도록 구성하였다. AC 모터는 전체 시스템의 주어진 토크에 대해서 PID 제어를 사용하여 토크 및 속도제어를 하였으며 AC 모터가 오동작에 대한 안전성을 확보하기 위해서 하드웨어 차단 장치를 삽입하였다. 그림 2는 전체 하드웨어 시스템 구성에 대한 도식도를 보여 주고 있다.

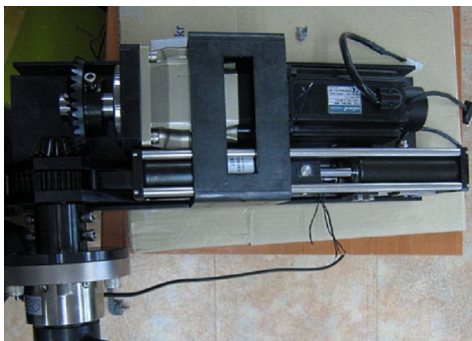


Fig. 1. Hybrid actuator with motor and MR damper

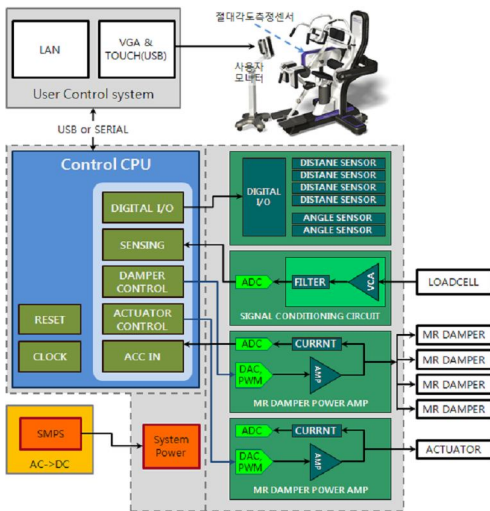


Fig. 2. Schematic diagram of control system hardware

등장운동에 대한 제어는 등속운동과 유사하며 목표 하중에 대해서 현재 하중에 따라 MR 댐퍼와 모터의 하이브리드 제어를 통해 하중값을 추종하도록 한다. 그림 3은 150N의 입력 하중에 대한 힘제어를 나타내고 있다.

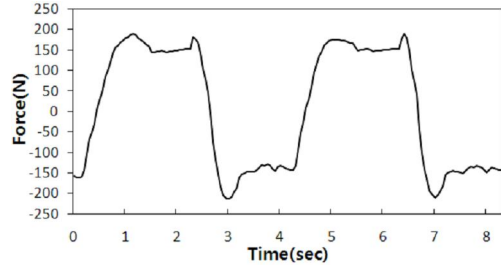


Fig. 3 Torque control with respect to 150N in isotonic exercise

3. 결론

본 연구에서는 MR 댐퍼와 AC 모터를 이용한 하이브리드 제어방법에 대해서 논하였다. MR 댐퍼 유체의 특성으로 인하여 열이 발생하여 MR 댐퍼의 성능이 저하되는 문제점이 발생하기 때문에 여러 개의 MR 댐퍼를 낮은 전류에서 사용함으로써 장시간 사용이 가능하였다. 또한 MR 댐퍼를 개별 제어함으로써 제어성능을 높일 수 있었고 댐퍼 각각의 제어 성능을 동일하게 낼 수 있었다.

추후 연구로는 DC모터와 MR 댐퍼를 이용하여 초기에 나타나는 오버슈트를 최소화할 수 있는 방안을 마련하여 사용자에게 미치는 영향을 최소화하고자 한다. 또한 다양한 사용자의 요추근력의 상태에 따라서 모터와 MR 댐퍼의 제어 참여비율에 대한 최적화작업도 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Marin Lita, Nicolae Calin Popa, Cornel Velescu and Ladislau Nicolae Vekas, "Investigation of a Megnetorheological Fluid Damper," IEEE Trans. On Magnetics, **40**, March, 469-472, 2004.
2. Phillips RW. "Engineering applications of fluids with a variable yield stress," PhD thesis, University of California, Berkeley, CA, 1969.
3. Yang, G., Spencer Jr, B.F., Carlson, J.D., Sain, M.K., "Large-scale MR Fluid dampers: modeling and dynamic performance consideration," Engineering Structures **24**, 309-323, 2002.
4. Vaz, G., Roussouly, P., Berthomnaud, E. and Dimnet, J., "Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine," European Spine J., **11**: 80-87, 2002.