

유착성관절낭염 환자의 견관절 가동역 회복을 위한 바이오피드백 운동장치의 개발

Development of Biofeedback Movement System for Recovery of Shoulder Joint Range-of-Motion in Patients with Adhesive Capsulitis

*김지원¹, 이상기¹, 김혜진¹, 권유리¹, *엄광문¹, 이정현², 정진영², 김동휘³

*J. W. Kim¹, S. K. Lee¹, H. J. Kim¹, Y. R. Kwon¹, *G. M. Eom¹, J. H. Lee², J. Y. Chung², D. H. Kim³
¹건국대학교 의학교육부, ²창명제어기술(주), ³고려대학교병원

Key words : Adhesive capsulitis, CPM, biofeedback, shoulder joint

1. 서론

유착성 관절낭염 (adhesive capsulitis: 오십견)은 어깨에 통증이 유발되어 견관절의 운동범위에 제한을 초래하게 되는 질환으로서, 2~6%의 유병율을 보이고 있으며[1], 국내에서도 증가 추세를 보이고 있다.

견관절 가동 범위(ROM: range of motion)의 회복을 위한 재활 치료는 환자의 빠른 일상생활로의 복귀를 위해 매우 중요하다.

견관절 가동 범위 회복을 위한 운동 치료 방법들 중 환자의 팔을 거치하고 정역 모터 등의 구동장치의 힘으로 팔을 상하좌우로 움직이게 하며 수동적인 운동을 수행할 수 있도록 도와주는 운동 장치인 CPM (continuous passive motion)이 많이 사용되고 있다[2].

하지만, CPM을 이용한 견관절 치료의 경우 환자의 통증을 고려하지 않고 미리 설정된 어깨 관절의 운동범위에서 반복적으로 운동을 하게 하므로, 환자가 극심한 통증을 느끼게 되거나, 가동역이 늘지 않는 범위에서만 운동을 하게 되는 등 안전성 및 치료효율의 문제가 있다.

따라서, 본 연구에서는 운동 중 환자의 극심한 통증을 미연에 방지하면서 견관절 가동 범위 회복을 극대화 할 수 있는 바이오피드백 제어 운동 치료 시스템을 개발하였다.

2. 방법

그림 1은 본 연구에서 개발된 바이오피드백 제어 운동 치료 시스템을 나타내고 있다. 운동 중 환자의 통증 발생 시 반대 방향으로 저항하는 견관절 모멘

트를 측정하기 위해 비회전형 토크센서 (TCN16-10K)가 구동부에 결합되었다. 견관절 각도 계측을 위해 각도 센서(potentiometer, JC22E)가 사용되었다.



Fig. 1 Biofeedback control motion system

토크센서와 각도 센서는 필터와 증폭을 거쳐, DAQ (USB-6215)를 통해 동기화 하여 1kHz로 샘플링하였다. 모터부는 수동적 운동을 수행하다가 통증이 검출 되면 동작을 자동으로 멈추고 TENS와 온열치료 등을 병행할 수 있도록 설계하였다.

극심한 통증 이전까지 견관절 운동을 실시하기 위해서는 환자가 통증을 느끼는 시점을 정확히 검출할 수 있어야 한다. 통증 문턱치(threshold)를 정의하기 위해 다음과 같은 실험을 진행하였다.

6명의 유착성 관절낭염 환자 (50.0±4.8세, 유병기간: 7.1±2.9 달) 가 본 연구에 참여 하였다.



Fig. 2 Passive shoulder extension in patient with adhesive capsulitis

모든 환자들은 어깨 신전운동을 위해 그림 2와 같이 스플린트에 팔을 올려놓고 정면을 주시한 채 능동적인 움직임을 최소화하도록 지시받았다. 환자들은 3회에 걸쳐 수동 운동을 실시하였고 각 운동 마다 통증이 최대로 느껴질 때 반대쪽으로 저항을 하도록 지시받았다.

각각의 피험자마다 중력의 영향에 의해 발생하는 모멘트를 보정해 주기 위해 2번 시도된 100도 이전의 모멘트 값들에 대해 최소자승추정법 (least square estimation: LSE)으로 중력에 의한 모멘트($\tau_{gravity}$)를 산출하였다.

3번의 실험에서 최대통증시 발현되는 모멘트 중 가장 작은 값을 선정하여 추정된 모멘트와의 차이를 $\Delta\tau_{max}$ 라 정의하였고, $\Delta\tau_{max}$ 의 50%를 개인별 통증문턱치($th_{personal}$)로 정의하였다.

모든 환자들에게 적용이 가능한 default 통증 문턱치($th_{default}$)는, 모든 피험자의 $\Delta\tau_{max}$ 를 평균화한 $\Delta\tau_{mean_max}$ 로부터 (1)과 같이 산출하였다.

$$th_{default} = \tau_{gravity} + 0.5 * \Delta\tau_{mean_max} \quad (1)$$

모든 분석을 위해 매트랩 6.5가 사용되었다.

3. 결과

그림 3은 본 연구에서 제안된 통증 문턱치를 이용하여 최대 통증을 검출한 결과를 나타내고 있다. 3번의 실험에서 발생한 최대 통증이 모두 검출된 것을 볼 수 있었다. 나머지 피험자 모두 최대 통증 발생 시점을 검출할 수 있었다. 본 결과를 바탕으로 환자가 극심한 통증을 느끼기 전에 자동으로 운동장치가 멈추고 TENS와 온열치료를 병행 후 다시 운동을 시작한다면 재활 치료 효과가 극대화 될 것으로 기대된다.

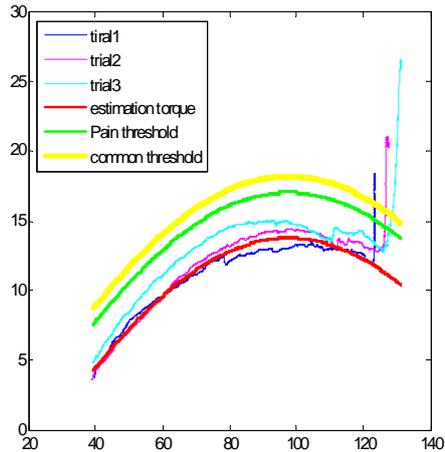


Fig. 3 Detection of pain using default pain threshold

4. 결론

유착성 관절낭염 환자의 통증을 바이오피드백 할 수 있는 CPM이 개발되었다. 본 연구에서 제안된 default 통증 문턱치는 모든 환자의 최대 통증을 검출 하여 바이오피드백에 적용할 수 있었다.

후기

본 연구는 중소기업 기술혁신 개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

1. Baums MH, et al., "Functional outcome and general health status in patients after arthroscopic release in adhesive capsulitis" *Knee SurgSports Traumatol Arthrosc* , **15**, 638-44, 2007
2. R.B.Salter, and P.Field, "The effects of continuous compression on living articular cartilage : An Experimental Investigation," *The journal of bone and joint surgery*, **42**, 31-90, 1960