

무릎관절 재활 운동기기의 운동범위 분석

박원만[†]·김윤혁^{*}

Analysis of Range-of-Motion in Continuous Passive Motion Rehabilitation

Won Man Park and Yoon Hyuk Kim

Key Words: Continuous passive motion(CPM : 지속 수동 운동), rehabilitation(재활), knee joint (무릎관절), range of motion(운동범위)

Abstract

The purposes of this study were to measure the ranges of motion in knee joint and during continuous passive motion(CPM) treatment and to computationally calculate joint angles at the knee joint dependent on the CPM machine design and its application. Four CPM machines and eleven candidates were recruited for this study. Experimental and numerical studies have been performed to calculate the range-of-motion of CPM machines. From the experimental measurements, the average range of motions at the knee joint for the CPM machine #1, #2, #3, and #4 were lower than the manufactures suggested values due to improper alignments of the hip and knee joints to the CPM machines. Different design of CPM machine generated different outcomes of the ROM at the knee joints during CPM. The experiments and kinematic simulation in this study could be used to provide useful guidance in the treatment of CPM after joint surgery.

1. 서론

지속 수동 운동(continuous passive motion : CPM)은 무릎관절 전치환술이나 인대 재건술 등의 무릎관절에 대한 수술 후 초기 재활치료의 수단으로 지난 삼십여 년 동안 널리 사용되어 왔다. 이에 따라 수술 후 환자들에 대한 CPM 치료의 효용성에 대해 긍정적 또는 부정적 견해를 밝힌 다양한 생물학적, 임상적 연구들이 보고되었고, CPM 치료의 효용성에 대해 많은 논란이 있는 실정이다. CPM 치료에 있어 기기의 구조 및 사용 방법에 따라 무릎의 운동 범위는 달라질 수

있으며, 이는 치료 효과의 차이로 나타날 수 있을 것이다. 하지만, 아직까지 CPM 기기의 구조 및 사용 방법이 CPM 치료 중 무릎 운동 범위에 미치는 영향에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 이에 본 연구에서는 실험 및 해석적 방법을 이용하여, CPM 기기의 설계와 CPM 기기와 인체 사이의 정렬 오류에 따른 인체의 무릎관절과 CPM 기기의 운동 범위를 분석하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 CPM 기기의 운동 중 동작범위 분석

본 연구에서는 현재 국내에서 사용되고 있거나, 개발 중인 4개의 CPM 기기가 사용되었다. 평균나이 27.8세, 평균 신장 175.4세의 열 한명의 남성을 대상으로 네 가지 CPM 기기를 이용한 무릎 운동 중 무릎각도의 변위를 측정하였다. 무릎 각도의 변위 측정을 위하여 네 가지 CPM 기기와

† 회원, 경희대학교 대학원, 기계공학과
E-mail : muhaguy@khu.ac.kr
TEL : (031)201-2880 FAX : (031)202-8106

* 경희대학교 테크노공학대학, 동서신의학병원

피실험자에 passive marker를 부착하고, 5대의 카메라(Hawk Digital[®], Motion Analysis Inc., Eugene, OR, USA)를 이용하였다. 이때 실험대상자에 대한 marker 부착은 Helen hayes marker set을 이용하였다(Fig. 1). CPM 기기의 제작사에서 제공한 운동 매뉴얼에 따라 피실험자의 하지를 기기에 위치시키고, 각각의 CPM의 최대 운동범위(CPM machine #1 : 125°, CPM machine #2 : 133°, CPM machine #3, 125°, PCM machine #4 : 135°)로 운동하였다.

모션 캡처 시스템을 이용한 CPM 기기의 운동 범위를 측정함에 있어, 인체와 CPM 기기의 무릎 관절 및 고관절 중심의 불일치로 인한 동작범위의 오차가 발생하게 된다. 이에 상용 동역학 해석 소프트웨어(RecurDyn[®], Function Bay Inc., Seoul, Korea)를 이용하여 네 가지 CPM 기기 및 하지의 기구학 해석 모델을 개발하고, 이상적인 상황에서의 무릎관절 운동 범위를 분석하였다. 또한 인체의 고관절 중심이 CPM 기기의 고관절 중심으로부터 -3cm, 3cm, 6cm, 9cm 후방으로 벗어났을 때의 무릎관절 운동 범위를 측정하였다.

3. 결 과

모션 캡처 장치를 이용한 실험연구로부터, 네 가지 CPM 기기 이용 무릎관절 운동 시 무릎관절의 운동범위를 측정하였다. 1번부터 4번까지 각각의 CPM 기기의 평균 운동범위는 각각 88.8°, 108.7°, 102.5°, 118.1° 로 모두 기계에서 CPM 기기에서 제시하고 있는 ROM보다 낮게 나타났다. 또한, 인체의 고관절 중심과 CPM 기기의 고관절 중심을 일치시킬 수 있는 3번 및 4번 CPM 기기의 경우, 이상적인 인체의 무릎 운동 범위가 각각 133°, 135°로 기계에서 제시한 최대 운동 범위와 동일한 값을 나타냄을 기구학 해석을 통해 알 수 있었다. 하지만, 인체의 고관절 중심이 기계의 고관절 중심의 후방으로 이동함에 따라, 무릎 운동 범위가 감소하는 현상을 보였다(Fig. 2).

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 모션 캡처 시스템을 이용하여 네 가지 종류의 CPM 기기를 이용한 무릎관절 운동에서의 무릎의 운동 범위를 측정하였다. 또한,

기구학 해석을 통하여 CPM 기기의 이상적인 상황에서의 무릎관절 운동 범위와 인체와 기기의 고관절 중심이 일치하지 않을 때의 CPM 기기 이용 무릎 운동의 범위를 분석하였다. 본 연구를 통하여 인체와 CPM 기기 사이의 고관절 및 무릎 관절의 정렬 오차로 인하여, CPM 기기를 이용한 무릎운동에서 무릎관절의 운동 범위는 기기의 운동 범위보다 작을 수 있음을 알 수 있었다. 또한, CPM 기기의 구조에 따라 서로 다른 운동범위를 보일 수 있음을 알 수 있었다. 재활 치료 시 CPM 기기를 이용함에 있어, 이러한 CPM 기기의 특성을 이해하고, 무릎 및 고관절의 정렬에 더욱 세심한 주의를 기울여야 할 것이다. 본 논문의 실험 및 기구학적 연구 결과들은 관절 수술 후 CPM을 이용한 재활 치료에 유용한 가이드라인을 제시할 수 있을 것으로 기대한다.

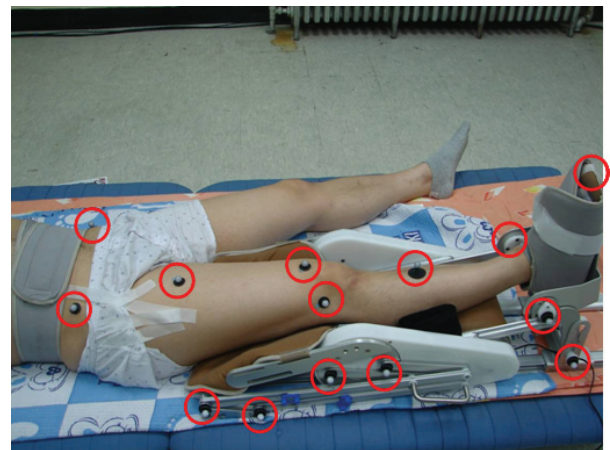


Fig. 1 The marker set to measure the range-of-motion of a knee angle during CPM

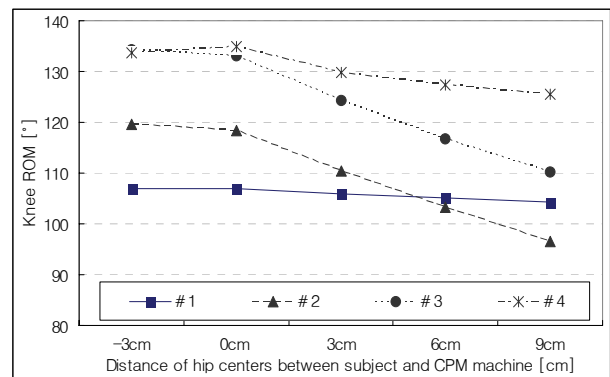


Fig. 2 Range of motion at the knee joint in the kinematic simulation according to the distances of the hip centers between the subjects and CPM machines

후 기

본 논문은 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

- (1) Salter, R. B., Simmonds, D. F., Malcolm, B. W., Rumble, E. J., MacMichael, D., and Clements, N. D., 1980, "The Biological Effect of Continuous Passive Motion on the Healing of Full-thickness Defects in Articular Cartilage: an Experimental Investigation in the Rabbit", *J Bone Joint Surg Am*, Vol. 62, No. 8, pp. 1232~1251.
- (2) Chen, B., Zimmerman, J. R., Soulen, L., and DeLisa, J. A., 2000, "Continuous Passive Motion After Total Knee Arthroplasty : A Prospective Study", *Am J Phys Med Rehabil*, Vol. 79, No. 5, pp. 421~426.
- (3) Lau, S. K. and Chiu, K. Y., 2001, "Use of continuous passive motion after total knee arthroplasty", *J Arthroplasty*, Vol. 16, No. 3, pp. 336~339
- (4) Colwell, C. W. Jr. and Morris, B. A., 1992, "The Influence of Continuous Passive Motion on the Results of Total Knee Arthroplasty", *Clin Orthop Relat Res*, Vol. 276, pp. 225~228
- (5) Lee, D. C., Cheng, O. Y. Y., Koo, T. K. K., Kim, Y. H., Inoue, N., Ou, Y. J., Chao, and E. Y. S., 2003, "Estimation of the Joint Forces During Continuous Passive Motion", *49th Annual Meeting of the Orthopaedic Research Society*