

인체 무릎근력 지원을 위한 착용형 로봇 개발 Development of Force Assistive Wearable Robot for the Under Limb

*김완수¹, 이승훈¹, 이희돈¹, 유승남¹, 한정수², #한창수³

*W.S. Kim¹, S.H. Lee¹, H.D. Lee¹, S.N. Yu¹, J.S. Han², #C.S. Han³ (cshan@hanyang.ac.kr)

¹ 한양대학교 기계공학과, ² 한성대학교 기계시스템공학과, ³ 한양대학교 기계정보경영공학부

Key words : Knee-assistive system, wearable robot, exoskeleton, muscle stiffness sensor

1. 서론

산업 현장에서의 자동화, 특히 공장 자동화는 정형화된 생산라인과 균일한 작업물을 다루는 측면에서 작업자 역시 생산 공정의 일부로 성공적인 자동화를 이루었다. 하지만 필드현장에서는 작업의 특성상 공장자동화의 측면과는 배치되는 부분이 많기 때문에, 공정의 일부 혹은 전체를 자동화로 접근하는데 어려움이 있다. 따라서 자동화 보다는 생력화(省力化)의 측면에서 인간의 조작에 의해 운용되는 고가반하중의 전력장비, 건설장비나 혹은 인간의 물리력에 전적으로 의존하는 수동, 반 자동 공구를 통하여 작업이 이루어 진다. 특히 인간의 발, 다리와 같은 우수한 접근성과 손, 팔과 같은 정교한 핸들링 기능 및 작업속도, 자율 판단을 상당 부분 활용해야 하는 측면에서 완전한 자동화는 현재의 기술 상황에서는 불가능 하다.[1] 따라서 인간의 두뇌 기능을 그대로 차용하고 인간의 물리력만을 증폭하는 착용형 로봇은 군사적 환경과 건설현장과 같은 필드현장에서의 효율 증대를 위한 부분으로서 타당한 접근이라고 할 수 있다.

근력지원용 착용형 로봇은 현재 다양한 필드현장에서 인간의 근력을 지원하여 이동성을 증가시키거나 작업 능력을 향상시키기 위한 목적으로 90년대부터 다양한 연구가 진행되어 왔으며 가장 대표적인 예로서는 일본 쓰쿠바 대학의 HAL 과 미국의 BLEEX, CARCOS 를 들 수 있다.[2]

착용형 로봇 시스템은 크게 네 가지로 구분 지을 수 있다. 첫 번째 시스템은 전체부위를 대상으로 하고 근력을 대체하는 시스템이다. 하지만 이 시스템은 동력원과 시스템의 크기 문제에 대한 한계점이 있다. 두 번째 시스템은 전체부위를 대상으로 하고 근력을 보조해주는 시스템으로

가장 대표적인 예로 HAL 이 있다. HAL 은 EMG 신호를 동기신호로 사용하고 하중에 대해서 부분적인 근력 지원을 해준다. 하지만 첫 번째 시스템과 같이 사이즈가 크고 착용이 불편한 한계가 있다. [3] 세 번째 시스템은 신체의 일부를 대상으로 하고 근력을 대체하는 시스템으로 대표적인 예로 BLEEX 가 있다. 이것은 극한상황에 임무를 수행하기 위해 이용되는 장비로서 군사적, 작업자, 소방관 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.[4]

본 논문에서는 네 번째 시스템인 신체 일부를 대상으로 하고 근력을 보조해주는 접근방식을 선택하여 보행 시 이용되는 근력을 지원해주는 최소화된 착용형 로봇을 제안하고, 로봇의 제어를 위해 인간의 보행 시 활성화 되는 근육에 대해 분석하고 이를 측정하기 위해 개발된 센서와 이를 이용한 동기신호 생성에 대해 다룰 것이다.

2. 보행에 따른 근육활성도의 분석

일반적인 평지보행에서 관절의 움직임과 근육활성도는 서로 연관되어 나타난다(Fig. 1). 따라서 본 연구에서는 평지보행에서 부분적인 근력지원과 효율성을 위해 근육활성도를 이용한 무릎관절의 근력지원 시스템을 구성하였다(Fig. 2).

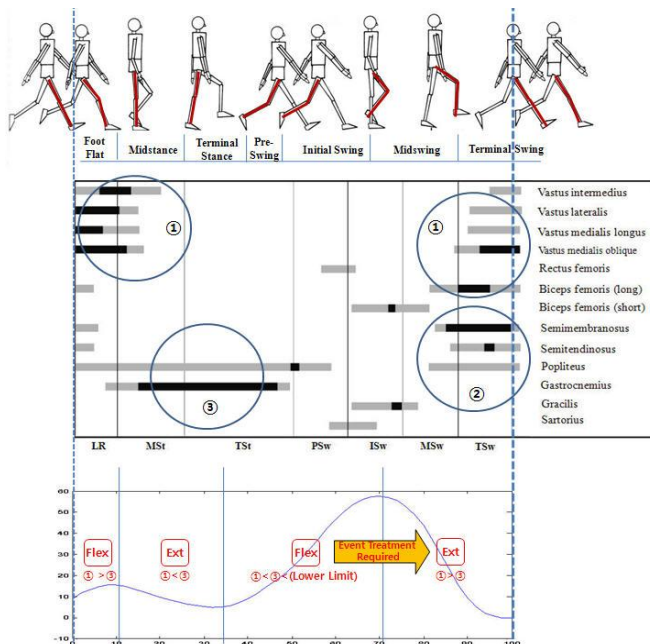


Fig. 1 Phasic pattern of the electromyographic (EMG) activity of the muscle and the angular displacement of the knee during level walking by healthy adults

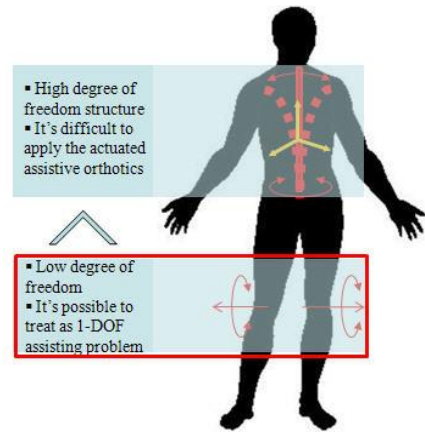


Fig.2 Decision of target region of two dominant causes of disability of workers.

보행이 진행 될 때 무릎관절의 범위는 최대 20 도 움직이게 되는데 이 때 무릎관절에 반력이 생기게 되어 많은 근력을 사용하게 된다. 따라서 이 부위에 착용형 로봇을 통해 근력을 지원해준다면 착용하지 않았을 경우 보다 적은 근육을 사용하게 되어 보행에 대한 효율이 높아지게 된다. 다음으로 보행에 따른 근육활성도를 살펴보면 Fig. 1 에서와 같이 특정 근육들이 활성화 되는 것을 알 수 있다. 이를 각 보행 스텝과 근육의 위치에 따라 크게 세 개의 그룹으로 구분 지을 수 있다 (Fig. 3) [5]. 따라서 이 세 개의 그룹으로 무릎관절의 Extension/Flexion 을 표현할 수 있고 보행 시 이를 측정할 수 있다면 인간이 보행을 하는 동안 착용형 로봇이 근력을 지원하는 관절운동에 대한 동기신호를 생성할 수 있게 된다.

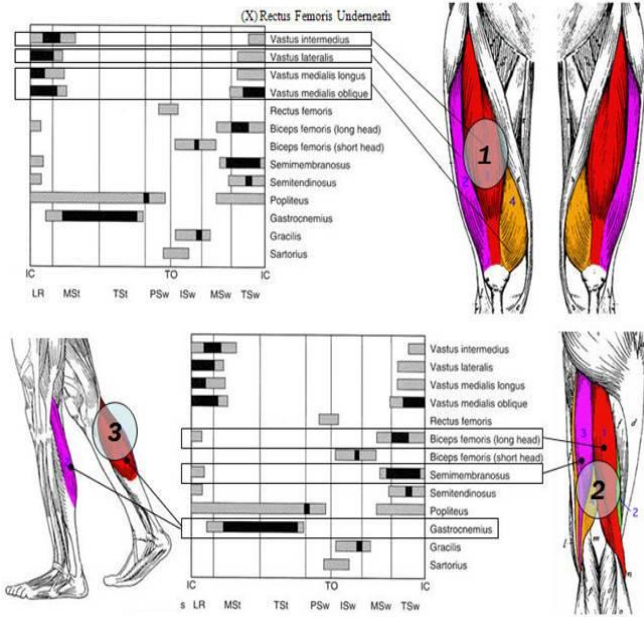


Fig. 3 Sensor position

3. 외골격 시스템의 구성

앞서 설명한 기구부의 정의와 동기신호 생성에 필요한 근육의 활성도의 정의를 바탕으로 실제 외골격 시스템에 적용한 모습을 나타내었다 (Fig. 4). 특정 부위의 근력지원을 위한 무릎관절 1-DOF 의 최소화된 동력부와 Harmonic drive 를 사용하여 모터축과 링크의 백래쉬 현상을 방지할 수 있도록 구성되었다. 이 부분을 시중에서 판매중인 재활 치료용 무릎보조기와 결합하여 전체적인 외골격 시스템을 구성하였고 시스템 자중에 대한 부분을 보완하기 위하여 orthotics 와 체결하였다. 외골격 시스템에 사용된 flat motor (Maxon®) 와 harmonic drive (THK™)의 특성으로 총 토크, 기어비, 기어 효율은 각각 4,670mNm, 100:1, 그리고 70%이다.



Fig.4 Exoskeleton unit of the Knee Assistive System(KAS)

앞 절에서 구분 지었던 근육 그룹의 활성도를 알아보기 위해서 Muscle Stiffness Sensor (MSS) 즉, 근육의 팽창도를 알아보기 위한 센서를 개발하였다(Fig. 5). 센서의 부착위치는 전체 세 개의 근육 그룹 중 서로 중첩되지 않는 두 개

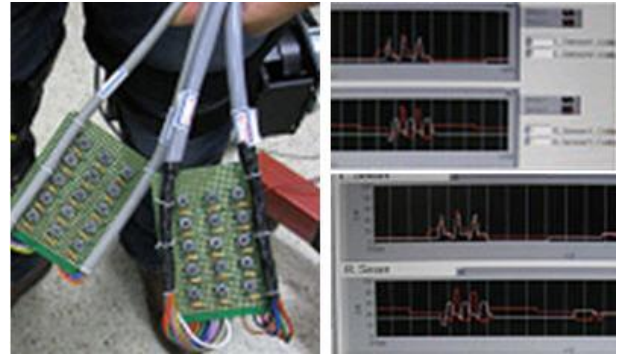


Fig. 5 MSS and its test

의 그룹 (①, ③) 부분에 부착하여 근육의 팽창도를 측정하였다. 한 개의 센서에는 총 15 개의 스위치가 부착되어 있고 근육이 활성화 되는 부위에 부착하여 근육이 팽창 혹은 수축됨에 따라 스위치의 on/off 신호가 들어오게 되고 두 그룹에서 팽창된 근육의 양을 비교하여 Extension 과 Flexion 구간을 구분하여 모터를 통해 보행패턴을 구동시키도록 구성하였다.

4. 결론

본 논문에서는 인체 하지부의 기본보행을 바탕으로 한 근지원용 착용형 로봇의 기구적인 구조를 제안하였으며, 보행 시 근육의 활성도와 관절의 움직임에 바탕으로 본 기구의 정당성을 설명하였다. 그리고 착용형 로봇의 동기신호를 생성하기 위한 방법으로 근육의 활성도를 이용한 제어 방안을 제안하였고 이를 위해 보행과 근육 활성도 간의 관계를 분석하고 이를 측정하기 위해 근육의 팽창도를 알아보는 센서인 MSS 를 개발하였다.

본 기구는 신체의 일부를 대상으로 하고 근력을 지원해주는 것이 목적이다. 따라서 향후에는 작업자에 따른 정확한 일을 분류하고 근육의 활성도를 바탕으로 분류된 일을 수행할 때 외골격 로봇을 착용하였을 경우와 착용하지 않았을 경우의 근육 사용량을 비교하기 위해 EMG 와 같은 정확한 측정장비를 이용하여 두 가지의 경우를 비교하여 개발 목적인 근력지원에 대한 효율성을 입증할 예정이다.

후기

본 연구는 한국 산업 기술재단(06-최-50) “근력지원용 모듈형 서비스 로봇 기술 개발” 과제 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. Thring, M. W. “Robots and Tele-chairs.” *Halsted Press, a division of John Wiley & Sons.*
2. 유승남, 이회돈, 한창수, 이정엽, 김석환, “근력지원을 위한 웨어러블 로봇의 설계 및 작동기법 개발”, 한국군사과학기술학회 종합학술대회, pp.1098-1101, 2007
3. Sankai Y., Kawamura Y., "Study on exoskeleton power assist HAL for walking aid using EMG", *Nippon gakkai gakujutsu Yokoshu*, 2000, vol. 18, pp.453-454
4. Kazerooni H., Chu A., Zoss A., "On the biomimetic design of the Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX)", *Robotics and Automation, 2005, ICRA 2005, Proceedings of the 2005 IEEE International Conference*, pp. 4345-4352
5. Margareta N., Victor H., “Basic Biomechanics of the Musculoskeletal System”, *Lippincott Williams & Wilkins*, 2001.