

대퇴의지용 유압 및 공압 실린더 설계

Design of Hydraulic and Pneumatic Cylinder for Transfemoral Amputees

*박진국, #김종권, 서건아, 이석민, 김신기, 문무성¹

*J.K. Park, #J.K. Kim(jkkim@korec.re.kr), K.A.Seo, S.M.Lee, S.K.Kim, M.S.Mun¹

¹근로복지공단 재활공학연구소

Key words : Hydraulic cylinder, Pneumatic cylinder, Prosthetic, Transfemoral amputees

1. 서론

정상인의 보행은 보행자의 의지에 따라 자유로운 보행이 가능하지만 대퇴부 절단자의 경우 대퇴부의 절단 및 슬관절의 기능 상실로 인해 생체역학적 복원을 전제로 한 인공 슬관절장치의 기능에 의해 보행이 결정되어진다. 인공슬관절에 있어서 보행주기 중 체중지지와 균형을 목적으로 하는 입각기(stance phase)는 안정성이 중요한 기구학적 요소로 단축 및 다축 링크구조로 제어하고, 슬관절의 굴곡-신전이 수반되는 단진자 운동과 유사한 유각기(swing phase)는 운동성이 중요한 부분으로 근육의 완충역할을 할 수 있도록 탄성고무 및 스프링 등을 이용하는 선형적인 제어방법과 공압 실린더 및 유압실린더와 같이 유체의 비선형적인 특성을 이용한 제어방법을 사용한다.

일반적으로 대퇴의지의 안정성은 지면 반발력이 대퇴의지의 회전중심 전위를 지날 때에 신전모멘트 발생의 결과로써 일어나는데 단축 링크 구조의 의지의 경우, 하중선이 회전중심보다 전방에 위치하도록 함으로써 입각기시 안정성을 줄 수 있고, 유각기 제어장치를 비교적 간단하게 분리형 구조로 설계할 수 있다.

본 연구에서는 단축식 링크 구조에 유각기를 제어하는 장치로써 실리콘오일의 비압축성 유체 저항을 제어하는 유압 실린더와 압축성 공기의 압축에너지를 제어하는 공압 실린더를 분리형 구조로 설계하여 상호 교환적으로 사용할 수 있도록 한 대퇴의지를 개발하고자 하였다.

2. 유압 및 공압 실린더 설계

2.1 유압실린더 설계

유압실린더는 피스톤을 기준으로 나뉘는 2개의

유압 챔버(Chamber)와 어큐뮬레이터를 포함하는 1개의 챔버로 구성되고, 각각의 챔버를 연결하는 유로는 2개의 볼방식 체크밸브와 1개의 플레이트 방식의 체크밸브, 2개의 유량조절 노즐로 유량 및 유동방향을 조절하여 굴곡/신전시 유체저항을 조절할 수 있게 하였다.

2.2 공압실린더 설계

공압실린더는 피스톤을 기준으로 상하 2개의 챔버로 구성되고 각각의 챔버를 연결하는 유로는 2개의 부채꼴형태의 체크밸브, 2개의 유량조절 노즐로 유동 단면적을 조절할 수 있게 하였다. 챔버를 연결하는 유로를 외부로 노출시켜 조절부를 챔버간에 비/독립적으로 조절가능 하도록 하였다.

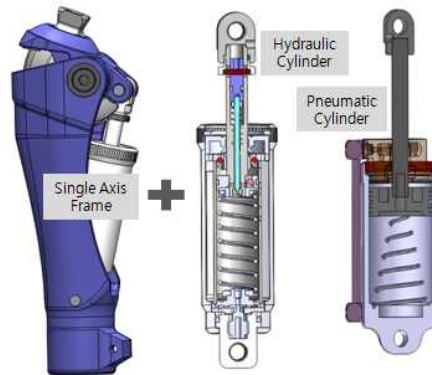


Fig.1 Design of Hydraulic & Pneumatic Cylinder

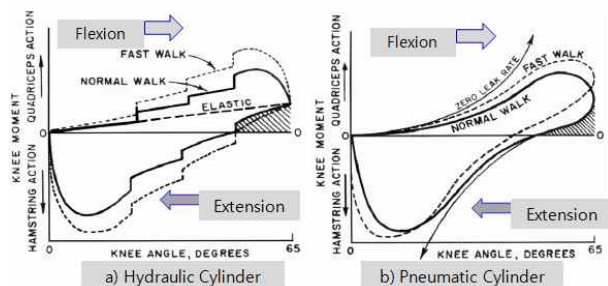


Fig.2 Knee Moment of Hydraulic & Pneumatic (The Knud jansen lecture, 1997⁽¹⁾)

Fig.2는 일반적인 유압 및 공압 실린더를 갖춘 의지의 무릎 관절부의 모멘트를 나타낸 것이다. 유압의 경우엔 보행속도 변화에 따라 굴곡 및 신전의 모멘트가 독립적으로 변화되지만 공압의 경우엔 비독립적인 변화를 나타낸다.

3. 하중 특성 시험 및 결과

시제품의 유압기 제어 성능평가를 위해 유압 및 공압 실린더를 Instron 8511에 장착하여 인-압축 형태로 굴곡(Flexion) 및 신전(Extension)시 발생하는 하중을 실린더 행정속도(노즐일정)와 단계적인 노즐조절(행정속도 일정) 변화에 따라 측정하였다.

Fig. 3에서 유압실린더의 속도별 하중변화는 60mm/s 이상에서 속도에 따른 유체저항이 일정한 형태로 동일하게 나타나고, 60mm/s 이하인 경우엔 유체저항이 옅어졌 형태로 작아지는 형태로 나타났다. 노즐 조절에 따른 유체저항은 굴곡 및 신전에 대하여 Fig.2와 같이 각각 독립적으로 높아지는 형태로 나타났다. 공압실린더의 속도별 하중변화는 56mm/s 이상에서 굴곡시 유체저항이 일정한 형태로 나타났지만, 이하 속도인 경우엔 분포 형태가 선형적인 형태로 쉬프팅 되는 경향이 나타났다. 챔버간 유로로 연결된 공압 실린더 경우 굴곡/신전 노즐조절에 따른 유체저항이 서로 영향을 크게 주는 형태로 나와 노즐조절부와 유로를 각 챔버에서 분리하여 독립적으로 조절하도록 수정하여 유체저항을 측정해 본 결과 하중값은 유압에 비해 작지만 유압 실린더와 같이 유사한 비선형 형태로 측정되었다.

4. 결론

본 연구에서 개발된 시제품의 유압 & 공압 실린더의 하중특성 분포에서 유체저항이 실린더 행정속도보다는 보행속도에 더 영향을 미치고, 유압 실린더가 정상인의 무릎굴곡 모멘트 패턴과 유사하게 나타나면서 굴곡과 신전에 대해 서로 독립적인 제어가 가능한 것을 알 수 있었다. 공압 실린더의 경우 각각의 챔버에서 유로 및 노즐 조절을 독립적으로 제어하는 경우에는 유체저항은 낮지만 유압 실린더와 비슷한 패턴을 따라가는 것을 알 수 있었다.

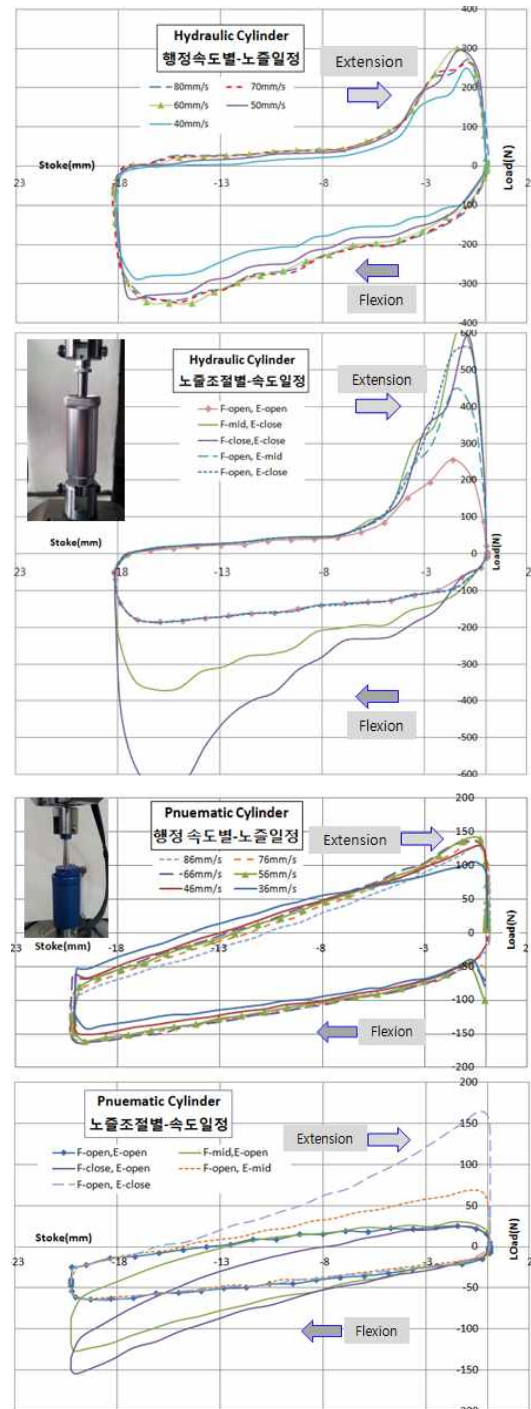


Fig. 3 Resistance of Hydraulic & Pneumatic

참고문헌

1. C. W. Radcliffe, "Above-knee prosthetics", The knud Jansen Lecture, New-York, 1977.
2. Gerald Stark Jr., "Rotary Vs. Linear Hydraulic Control Systems", American Academy of Orthotists & Prosthetists, 2007.