

4 로봇 보행 보조기

마비 장애인을 위한 로봇 보행보조기 개발

글 | 조강희 _ 충남대학교병원 재활의학과 과장 khcho@cnu.ac.kr

척수손상은 연간 인구 100만 명당 20~50명의 빈도로 발생한다고 보고되어 있으나 최근에는 안전벨트 착용 등 교통안전 강화 등에 힘입어 발생률이 주는 추세다. 교통사고, 추락, 다이빙 등의 스포츠 손상이 가장 흔한 원인이며 40세 이상에서는 척수 주위 압, 척추 퇴행성 병변 등의 비외상성 병변도 원인이 될 수 있다. 기본적으로 침범 부위에 따라 흉추 이하 손상에 의한 하지마비와 경추 손상에 의한 사지마비로 나눌 수 있다.

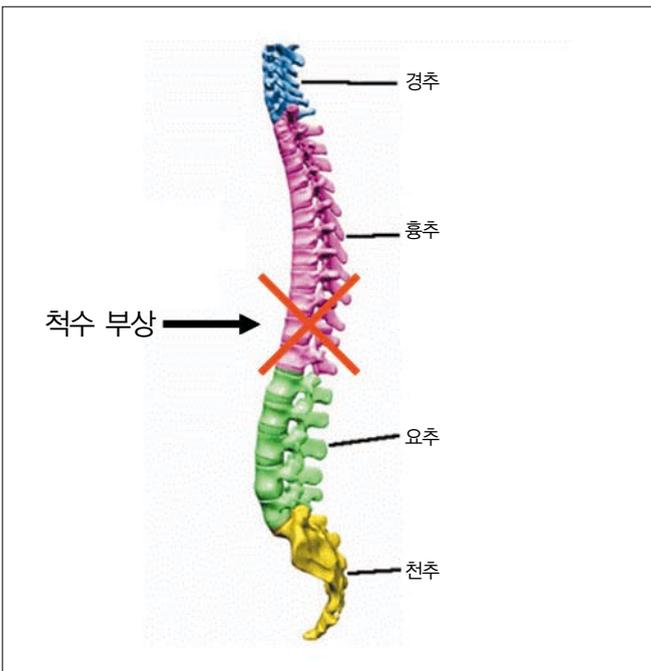
이 중 하지마비 환자들이 흔하게 호소하는 증상으로는 어떤 것이 있을까? 대부분의 하지마비 환자들은 운동기능의 상실로 인한

근력의 약화, 감각기능의 소실, 방광 및 장 기능 통제 소실, 경직, 자율 신경의 이상, 내분비 및 대사이상, 호흡기계 합병증, 만성 동통, 우울증, 보행의 어려움 등을 호소하게 된다.

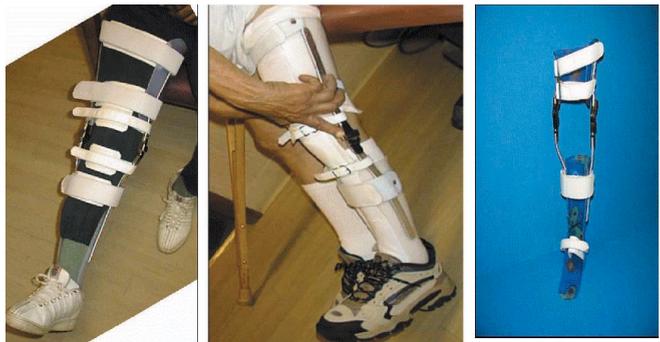
장하지 보조기, 과도한 에너지 소모로 피로 유발

재활의학에서는 하지마비 환자들의 효과적인 재활치료와 심리적 자신감을 키우기 위하여 보조기를 이용한 보행훈련을 실시하고 있다. 보조기를 이용한 보행훈련은 하지관절의 구축 방지 및 마비에서 오는 환자 근육의 강직을 감소시킬 뿐만 아니라, 피부에 발생할 수 있는 욕창 방지 효과도 있다. 또한 일상 생활 동작 및 이동을 스스로 유지할 수 있도록 남아있는 근육의 근력운동을 도와주어 삶의 질을 향상시킨다.

하지마비 환자의 보행 재활 훈련을 위해 임상에서 주로 사용되던 기존의 보행 보조기로는 장하지 보조기를 들 수 있다. 장하지 보조기를 착용한 하지 마비환자는 무릎 관절이 고정되어 있으며, 보행하는 동안 기립자세의 균형유지를 위해서는 목발이나 워커, 평행



척수손상으로 인한 하지마비



장하지 보조기(KAFO)

봉 등을 사용하게 된다.

이 때 환자의 상지에 많은 부하가 작용하게 되며, 이러한 자세는 보행의 불안정을 야기하여 환자로 하여금 보행 시 균형유지를 위하여 많은 에너지를 소모하게 한다. 그러므로 효율적 보행을 방해하고 신체적으로는 척추에 과도한 무리를 주어 요통을 유발하게 하거나 척추 변형을 일으키기도 한다. 또한 환자로 하여금 기립보행훈련에 대한 두려움을 갖게 하여 보행훈련을 등한시하게 하고 대부분이 몇 개월 후에 보행훈련을 거의 포기하게 된다.

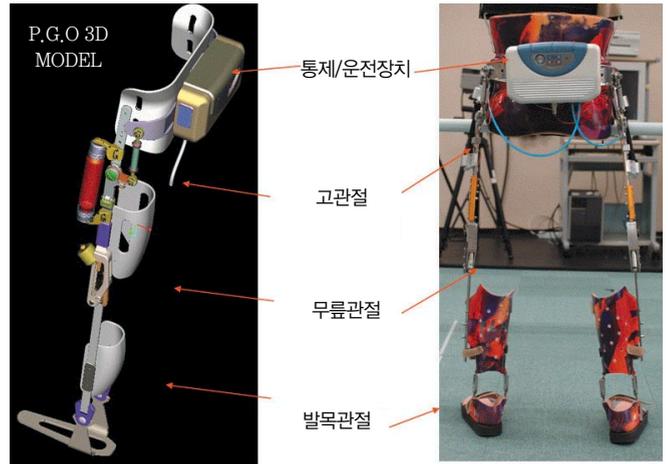
왕복보행보조기는 로봇 보행보조기가 개발되기 이전에 하지 마비환자의 보행을 위하여 고안된 장치로서 두 개의 장하지 보조기와 골반밴드가 부착된 체간고정부로 구성된다. 왕복 보행보조기를 이용한 보행훈련의 경우는 상체의 움직임을 이용하여 고관절의 움직임을 발생시키므로 입각기 비중이 커지고 유각기 비율이 줄어든다. 또한 자세균형 불안정성 때문에 입각기시 고관절 각도가 불안정하게 움직인다.

로봇 보행보조기, 내부 동력시스템 등으로 평지보행

충남대학교 재활의학교실과 재활공학연구소에서 공동으로 개발하여 임상연구중인 로봇 보행보조기는 하지마비 환자의 보행 재활



왕복 보행보조기



로봇 보행보조기의 구조

훈련을 위해 임상에서 주로 사용하던 장하지 보조기의 단점인 과도한 에너지 소모와 피로, 약화된 골격의 부하를 줄이고 장시간 보행을 효율적으로 하기 위하여 개발되었다. 로봇 보행보조기는 왕복보행보조기의 고관절 위치에 공압근육을 부착하여 보행을 보조하도록 구성되어 있다. 공압근육은 체간고정부와 대퇴부에 연결되어 유각기시 수축되어 고관절 굴곡을 도와준다. 압축공기 공급시스템은 슬레노이드 밸브(MAC, 미국), 에어펌프(코리아 뉴메틱, 한국), 어커플레이터, 압력센서 등으로 구성되어 PD제어기[6]로부터의 명령 신호에 따라 공압근육에 적절한 압력의 공기를 공급한다.

기존의 타 연구에서 개발중인 로봇 보행 보조기는 동력 및 조절 시스템이 외부에 있어서 환자는 독립적으로 걷지 못하고, 단지 트레드밀 위에서만 보행훈련이 가능하였다. 이 시스템은 동력, 에어 펌프, 건전지, 조절 시스템 등이 보조기 내부에 장착되어 평보행 또는 평지 보행이 가능하다.

로봇 보행보조기 보행은 몸통의 움직임에 의해 이동되는 왕복 보행보조기 보행과 달리 공압 인공근육을 이용하여 보행하기 때문에 상체의 움직임이 적어지는 특성이 있다. 또한 로봇 보행보조기의 고관절 굴곡 및 골반 경사 각도는 기존 왕복 보행보조기 보행보다 감소를 보인다. 몸통 및 하지의 정렬을 통하여 독립적인 기립이 가능하고 보행시 공압 인공근육에 의한 고관절 굴곡보조와 공기 스프링에 의한 무릎 관절 신전보조로 에너지 소모가 극소화된 보행이 가능해진다. 이처럼 로봇 보행보조기는 왕복 보행보조기에 비해 다양한 장점을 가지고 있어 하지마비 환자들의 보행 훈련과 일상생활에서의 보행에 도움을 줄 수 있을 것이다.

로봇 보행보조기로 훈련 결과 임상적 효과 입증

로봇 보행보조기를 사용하는 대상자는 하지마비 환자가 주 대상으로 척추손상은 흉추 제4번에서 12번, 요추 제1번에서 2번 정도가 사용가능하다. 대상자는 상지기능을 사용하는데 이상이 없는 환자로서 기존 임상훈련에서는 장하지 보조기를 이용한 워커 또는 평행봉 보행훈련이 가능하나 보행중 과도한 에너지 소모, 요통 및 관절염으로 인한 통증, 체간근력의 위약 등의 이유로 장시간 보행훈련 및 독립적 보행이 불가능한 환자다.

로봇 보행보조기를 이용한 보행훈련의 첫번째 단계는 보조기 착용 훈련이다. 이것은 보통 초기에는 간호보조자가 환자의 보조기 착용을 도와주게 되며, 일정 시간이 흐르면 개인의 잔존근력 향상 등에 따라 스스로 보조기 착용이 가능한 상태가 된다.

두번째 단계는 초기 하중선 정렬과 무게중심 이동 훈련을 통한 정적 자세균형 유지 훈련이다. 이 훈련은 환자가 최초로 기립자세가 되며, 기립 자세의 심리적 불안감을 해소하고 보행을 할 수 있다



정적 자세균형 훈련



워커 보행 훈련



는 자신감을 심어주는 단계다. 정적 자세 균형유지훈련에 익숙해지면 평행봉이나 워커 없이도 홀로 기립자세를 유지할 수 있다.

세번째 단계는 정적 자세균형유지가 가능한 후 기초적인 보행훈련을 수행한다. 동력보행보조기의 동력장치는 환자의 보행시 인공 근육에 의한 고관절 굴곡 및 공기스프링에 의한 슬관절 신전을 보조하기 때문에 좌우 균형유지를 위하여 환자는 상지를 사용하게 된다. 따라서 본 연구에서는 환자가 로봇 보행보조기의 보행이 익숙해질 때까지 보행중 균형유지 및 안전을 위하여 평행봉내에서 초기 훈련을 수행하였다.

이와 같은 단계로 훈련을 시행하며 동시에 임상적인 평가를 시행하였다. 하지 마비환자들을 대상으로 혈중콜레스테롤의 농도, 심폐기능, 체성분 검사, 골밀도 검사, 폐기능 검사 등을 측정하였다. 훈련 후 2개월, 4개월, 12개월에 걸쳐 검사를 시행했으며 훈련 전과 비교분석하였다. 그 결과 혈중 콜레스테롤 농도의 감소, 휴지기 심박수의 감소, 체질량지수의 개선과 골밀도의 증가, 그리고 폐기능 검사에서의 개선이 보였다. 또한 순응도 면에서도 에너지 소모와 피로의 감소를 보이며 장시간 보행훈련이 가능하여 환자의 순응도가 증가하였다. 로봇 보행보조기는 여타의 다른 보조기의 단점을 보완하여 보행 훈련을 가능하게 할 뿐 아니라 하지 마비환자의 삶의 질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. ㉔



글쓴이는 충남대학교 의학대학원에서 박사학위를 받았다.