

웨어러블 보행보조기의 단하지 보조기 제작법 개발 Development of AFO Fabrication Method for Wearable Gait Orthosis

*#강성재, 류제청, 김규석, 최혁재, 손진호, 김현철, 문무성

*#S. J. Kang(kangsj@korec.re.kr), J.C. Ryu, G.S.Kim, H.J. Choi, J.H.Son, H.C. Kim, M.S.Mun
재활공학연구소,

Key words : AFO, Fabrication, Wearable robot

1. 서론

하반신마비환자의 보행을 보조하기 위한 보조기는 환부 자체만을 고려하는 것이 아니라, 신체의 일부로서 체중심정렬을 정확하게 맞추어야 한다. 이를 위해서 정상적인 고관절, 슬관절, 족관절의 움직임은 기본으로 하여 각관절의 정적 및 동적인 상태의 기계적 축을 정확히 설정하여야 한다. 이들 요소를 고려하지 않으면 보조기가 기능을 다하지 못할 뿐 아니라, 장애자의 기능 장애 및 변형을 증가시키는 결과에 이를 수도 있다.

하지보조기의 얼라인먼트는 보조기(특히 이음축, 체중 지면)와 신체 전체 및 상면과의 각도의 상대적 관계로, 적합한 보조기와 신체의 위치 관계로 이루어져 있다.

보조기의 제작상에 있어, 생리축과 기계축을 일치시키는 것이 매우 중요하지만, 큰 문제는 통상 보급되어 있는 보조기의 각 이음이 1축인 것이 대부분이라는 점이다. 하지만, 하지의 각 관절(엉덩이, 무릎, 발)의 생리축은 아래에 기술된 것과 같이 단순히 일축이 아니라, 입위, 좌위, 와위에 따라 연부 조직 또는 관절(골 형상)의 변화가 일어나기 때문에 관절축이 변화하여 보조기와의 사이에 틈이 생긴다.

엄밀하게는 보조기와 하지외곽선의 적합 및 이음축과 생리적 관절축을 완전히 일치시키는 일은 불가능하다. 또한, 정확한 생리축은 X선 촬영을 하더라도 여러가지 요소 때문에 명확히 지적하기 어렵다. 따라서 축진에 의한 골돌기부를 기준으로 하여 이음축의 설정을 행하는 것이 지금의 단계에서 현실적인 방법이다. 족관절에 대해서는 Lehnei에 의한 tibial torsion의 원리와 같이, 발목 축은 무릎 이음축과 동일면 상에 있을 필요는 없으며, 오히려 발목은 해부학적 축 즉 내, 외과의 중심을 통과하는 것으로 하자는 의견이 있다[1,2,3,4]. 또한 Isman 등은 보다 정확한 수치로서 족관절축은 내과 하단에서 하방 5mm, 후방 1mm의 점에서 외과하단에서 하방 3mm, 전방 8mm의 점을 잇는 직선으로 하고 있다[5]. 이는 Lehnei의 위치보다 하방에서 내후측에서 외전측으로 경사져 있으며, 특히 경골의 장축에 대해서는 내측고, 외측저가 되며 그 각도는 내측에서 80도로 되어 있다. 또한 그밖에 Isman 등은 족관절의 각도에 의해 발목 축이 수평면에서 벗어나 있는 것을 주장한다.

기존의 발목을 고정하는 단하지 보조기 연구들이 보조기의 정렬을 최대한 맞추도록 연구되었으나, 제작기사들의 숙련도에 따라 정렬정도가 틀리며, 석고 음형을 취형 하여 제작된 석고양형으로 플라스틱 보조기를 제작함이 시간이 오래 걸린다. 본 연구에서는 단하지보조기의 제작법을 정량화하고 기존의 보조기제작법에 급속취형 소재를 이용하고, 또한 일반 신발에 연결가능한 단하지 보조기를 제안하고자 한다.

2. 단하지 보조기 제작

기존의 PGO 환자의 단하지보조기부분에 있어 제작실에서의 석고 틀 제작후 플라스틱 커버 작업을 수행하고 카본성형재료 강도 강화 작업등을 수행하여 제작되는 단하지 보조기의 소요되는 시간 및 인력소모에 대한 단축을 위해 스트립 방식의 단하지 보조기 제작을 제안하였다.

내외반치를 구하기 위해 내외과간의 중간점을 구하고, (A점). 다음에 투영도의 족저면의 내외과측 중간점을 구한다 (B점). A점으로부터 수직선을 족저선으로 긋고, 교점을 C점으로 하고 B-C간의 거리를 구해 그 오차를 좌표를 기준으로 하여 수치를 구한다. 이것이 단하지 보조기 제작공정 시에 족관 중심점을 결정하는 랜드마크가 된다. 발목 축의 위치로 내과, 외과 모두 8~10mm의 간격을 두고 수선을 그린다. 이는 단하지보조기의 발목 부분에 있어서 양과와 목의 클리어런스이다

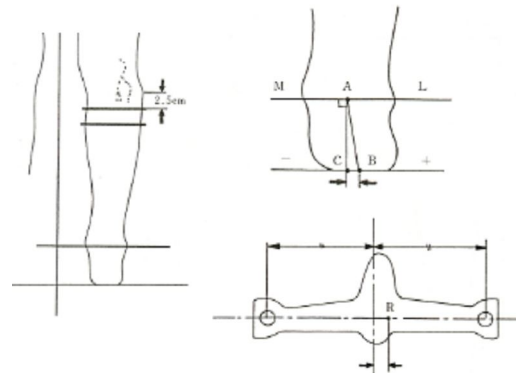


그림1. 족관 중심점 계산

족관 길이의 선정은 신발보조기의 족관길이의 경우 높이 (족저면에서 내과하단) x 2 + 족저부의 폭 (신발의 족저부의 폭) + 족저의 두께 (통상 5mm 정도) x 2 + 1cm (구부러지게 가공할 때 일어나는 축소)이며, 실내용의 족관 길이는 높이 x 2 + 족저부의 폭 + 족부 덮개 재료의 두께 x 2 + 1cm (구부러지게 가공할 때 일어나는 축소)와 같이 구한다.

발목 축에 있어서의 족관간의 거리는 실촌 + 수정치 (내외과의 클리어런스) + 3mm x 2 (3mm 지주의 내측 두께)로 하여 가공을 행한다.

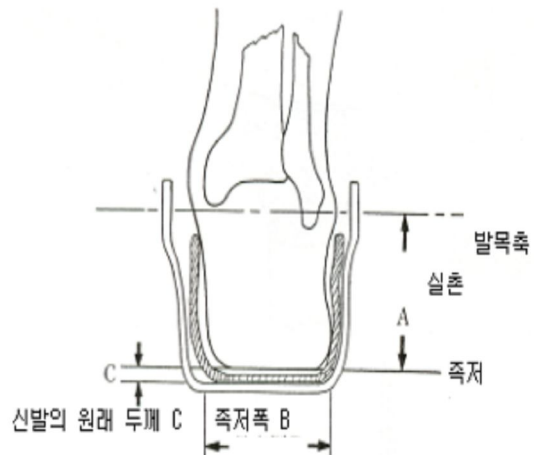


그림2. 족관길이 선정

신발에의 부착: 굽힘 가공을 마친 족판, 지주, 반월을 조립하여 신발에 부착한다. 신발에 부착을 할 때, 족판의 후방면이 상면에 수평하게 되어 있는지 확인한다. 또한, 뒤꿈치가 높은 신발에 붙이는 경우에는 족판 굽힘 가공 시에 만곡을 붙여 수행한다.

형상기억플라스틱을 이용한 단하지부 커프를 제작함에 있어 피부에 전달되는 온도의 영향을 보기 위하여 표면온도센서를 삽입한 시험터미 및 장치를 제작하였다.



그림6. 단하지부 신발 및 고정부



그림3. 단하지 모듈 성형온도 시험장치

하지 좌측을 석고로 취형하고 커프가 제작될 위치를 정하여 각 위치 점에 표면온도 센서를 삽입하였다. 그림에서 검게 칠해진 부분이 실제 커프가 성형될 위치로 바닥면을 기준으로 상/하/좌/우 4개의 표면온도 센서를 삽입하였다. 표는 시험터미에 사용된 표면온도센서의 사양과 석고터미에 삽입된 센서의 위치를 나타내고 있다.

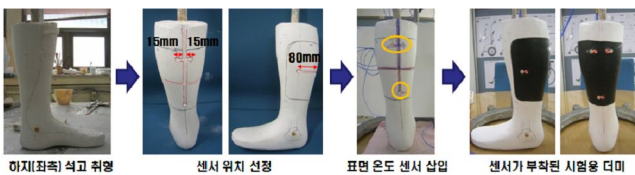


그림4. 단하지모듈 시험터미 제작과정

단하지부 시험터미에서 탄소섬유열전페드를 이용하여 형상기억플라스틱으로 단하지부 커프를 성형할 때의 시간을 측정하여 그 결과 및 성형된 단하지부 커프의 모습이다.(그림 5),



그림5. 성형된 단하지부 커프

족부의 경우 일반적으로 사용되는 신발 깔창내부에 연결용 족판을 내장하였다. 족판의 중심은 착용하는 대상자의 내반 및 외반과 관련된 족부정보를 이용하여 결정하였으며 그림 6과 같다.

3. 고찰 및 결론

본 연구는 기존의 보조기 제작법이 아닌 열성형이 가능한 오토플라스틱과 신발을 이용한 단하지 보조기 제작법을 제안하였다. 기존의 보조기 제작법과 달리 원하는 신발에 스티립을 내장하여 종아리부분의 단하지부 커브에 연결하는 방법으로 발목의 내반 및 외반을 고려하고 족판의 길이를 설정할 수 있는 가이드라인을 제시하여 손쉽게 제작할 수 있는 방법이다. 노약자 및 장애인을 위한 웨어러블 보행보조기 제작에 있어 필수적인 단하지보조기의 제작법을 제시하여 향후 적용할 예정이다. 본 연구에서 보조기 제작을 위해 사용된 신발의 밑바닥 면이 고무재질이라 종판과의 연결리벳을 지지할 수 있는 딱딱한 구두의 굽소재의 신발의 밑바닥 면이 필요하다. 정상인 착용결과 종판의 불룩한 면 때문에 착용감은 다소 떨어지지만 신발을 환자 발에 맞추어 하반신마비환자의 웨어러블 보행보조기 제작이 간편해지고 맞춤형 보행보조기로 실용성이 향상될 것이다.

후기

본 연구는 협동연구사업; 생체운동신호감지를 이용한 재활 및 근력보조 로봇기술개발; 사업의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. Lehnisi, H.R. "The Swedish Knee cage", Artificial Limbs, Vol 12, No2 pp54-57, 1968
2. Lehnisi, H.R. "New concepts in lower extremity orthotics through bioengineering", Arch Phys. Med. Rehabil, Vol 53, pp303-310, 1972
3. Lehnisi, H.R. "Bioengineering desing and development of lower extremity orthoses devices", Orthotics & Prosthetics, Vol 23, No 2 pp3-13, 1974
4. Lehnisi, H.R. "Plastic spiral ankle-foot orthoses. Selected reading a review of orthotics and prosthetics.", The American Orthotic and Prosthetic Association pp286-297, 1980
5. Isman RE, Inman VT. "Anthropometric studies of the human foot and ankle". University of California Technical Press, 1968.
6. Lower Limb Orthotics: Textbook of New York University, 1981