

플라스틱 하지 보조기의 고찰

- (제작과정을 중심으로) -

서울대학교병원 재활의학과

정진우

보조기의 기본재료로는 스틸, 알루미늄, 듀라루민, 타이타늄, 마그네슘 등 여러 가지 금속들이 주로 많이 이용되고 있으나 이에 못지 않게 점차 플라스틱이 이용되고 있으며 금속과 플라스틱을 함께 사용하고 있는 보조기도 날로 증가해 가고 있다. 합성수지의 발달로 강철 만큼이나 강하고 알루미늄보다 가벼우며 듀라루민보다 탄력성과 유연성을 지닌 플라스틱이 생산되고 있다.

플라스틱은 색깔도 다양해서 피부색에 따라 선택할 수도 있고 환부의 형태를 본뜬 석고 위에 밀착시켜 제작하므로 몸에 꼭 맞고 잘 받쳐주며 미관상 보기도 좋다. 또한, 플라스틱의 종류에 따라 낮은 온도에서 쉽게 형태를 변조시켜 석고붕대의 대용으로도 사용되며 간편한 측석 보조기나 스프린트를 만들 수도 있다. 그러나 플라스틱이라고 무조건 좋은 것은 아니다. 값이 비싸고 공정이 힘들며 특수시설을 갖추어야 하며 수선하기가 쉽지않은 점 등의 단점도 있다. 따라서 보조기의 재질을 선택할 때도 환자의 질병상태, 기형의 정도에 따라 정해지겠지만 경제성에 대한 것도 고려하지 않으면 안될 것이다.

1. 플라스틱(plastics)이란?

분자량이 몹시 큰 유기 고분자물질로서 인조수지 또는 합성수지라고도 말한다. 영어의 plastic은〈가소성(可塑性)의〉라는 형용사이며, 복수형을 취하여 명사로 plastics로 사용하나, 단수형도 차차 명사로 사용하는 경향이 많다. 어원(語源)으로 따지면 가소성이 있는 물질로, 천연수지도 이에 포함되겠으나 현재는 합성 고분자물질을 모두 플라스틱이라 부르고 있다. 따라서 플라스틱을 정의한다면, 〈분자량이 몹시 큰 합성유기화합물이며, 여러 가지 재료로써 구성되나, 최종상태는 고체이고, 제조 도중에는 열이나 압력에 의해서 흐름(流) 현상을 거쳐 만들어지는 것〉이라고 말할 수 있다. 그러나 최초로 발견된 플라스틱인 베이클라이트(bakelite) 모양이 수지와 비슷하게 되어있고, 천연수지와 마찬가지로 합성계통에 이용되었기 때문에 이를 합성수지라고 부르게 되어, 플라스틱과 같은 말로 사용되고 있다. 구별을 한다면 플라스틱은 모양을 만들어 실용가치가 있는 제품을 만들 수 있는 것들을 말하고, 합성수지는 도료, 접착제 등까지도 포함시킨 총칭이라 말할 수 있다. 플라스틱은 분자량이 몇 만에서 몇 십만 또는 백만단위까지에 이르는 거대한 분자(즉 고분자)로 이루어져 있다.

2. 플라스틱의 역사

플라스틱의 발달은 1869년 미국의 J. W. Hyatt가 당구공 대용품으로 셀룰로이드를 발명하여 공업화한 것으로 비롯된다. 다음으로 1909년에 미국의 L. H. Bakeland가 페놀수지(상품명; 베이클라이트)의 제조법이 확립되기에 이르자 세계의 대화학공업회사가 일제히 플라스틱의 연구에 박차를 가하기 시작하였고, 점차 새로운 플라스틱이 발명되었다. 1920년 독일에서 요소수지가 발견되었고, 1930년에 역시 독일에서 스틸렌 수지가 발견되었다. 1933년에는 역시 독일에서 초산 비닐수지, 염화 비닐수지가 발명되었고, 1939년에는 영국에서 폴리에틸렌이 발명되고, 같은 해 미국의 뒤퐁(Du Pont)회사의 W. H. Carothers는 나일론(폴리아미드)의 공업화에 성공하였다. 1942년에 와서 폴리에스테이 미국에서 발명되었다. 고분자의 역사는 1926년 경을 시점으로 발달하기에 이르렀고 독일의 N. Staudinger들의 이론적인 연구에 힘입어 이루어진 것이다.

3. 플라스틱의 종류

플라스틱의 종류를 가열에 의한 성질로 분류하면 크게 열경화성 플라스틱(thermosetting plastics)과 열가소성 플라스틱(thermo plastics)으로 나누어 진다.

1) 열경화성 플라스틱(熱硬化性플라스틱, thermosetting plastics)

플라스틱을 단단하게 굳히려면 열을 가해야 되며 일단 열을 가하여 단단해진 플라스틱은 재차 그 이상의 열을 가해도 부드러워지지 않는 플라스틱을 열경화성 플라스틱이라고 말한다. 이러한 종류의 플라스틱은 페놀수지, 요소수지, 멜라민수지, 알키드수지, 크레졸수지, 아닐린수지 등으로서 공업용수로 널리 이용되고 있으며 멜라민은 주방용품의 플라스틱 제품으로 많이 생산되고 있다. 열경화성 플라스틱은 의수족의 제작에는 많이 이용되고 있으나 보조기 제작에는 별로 사용되고 있지 않다.

열경화성 플라스틱에서 보조기의 재료로 주로 사용되고 있는 플라스틱은 페놀수지(phenolformaldehyde)와 요소수지(ureaform aldehyde)이다. 페놀수지는 파우더(powder)로서 고온(140°C)과 고압(13.8MN/m², 2000psi)에서 생산된다. 재질의 강도는 속매꿈(filler)에 따라 다르지만 대체로 27.6~82.7MN/m²(4,000~12,000psi)가 된다. 종이 또는 천 같은 재질과 혼합한 페놀수지도 사용된다. 그러나 이것은 습기에 약한 단점이 있다. 요소수지도 재질이나 제작방법은 페놀수지와 다를 바 없지만 색깔을 낼 수 있고 습기에 어느 정도 강하다는 장점이 있으나 복잡한 형태를 제작할 때는 값비싼 틀에 넣어 제작해야 한다는 단점이 있다. 세계 제2차대전 이후에는 저압 열경화성 플라스틱이 의수족 계통에서는 사용되어왔다. 에폭시 수지(epoxy resin)는 1948년 유럽에서도 도입되었다. 이것은 경화(cure)할 때 압력이 거의 필요치 않기 때문에 넓은 부위를 제작할 수 있고 제작에 필요한 장비도 비싸게 들지 않기 때문에 편리하다. 이것은 환부의 석고형태에 roving이나 dacron polyester stockinet(합성섬유의 일종)를 2~3겹 씌우고 그 위에 에폭시 수지를 부어서 제작한다. 수지와 촉매제를 혼합하면 발열반응이 일어난다. 이러한 완전한 중합(polymerization)은 플라스틱의 강도를 세게하며 경화되지 않은 합성수지의 접촉시 발생하는 피부염

을 피하기 위한 것이다. 열경화성 플라스틱의 특성은 다음과 같다.

- (1) 페놀수지 (phenol resin) : 페놀과 포르말린으로부터 만들어지며, 베이클라이트란 상품명으로도 불린다. 전형적인 합성수지로서 황갈색을 띤다. 열경화성 수지로서 가열 경화한 것은 3차원 망상구조(網狀構造)를 형성하게 되어, 불용불융의 플라스틱이 된다. 전기절연성이 우수하기 때문에 전기 절연재료로서 옛날부터 오늘날에 이르기까지 오랜 세월을 두고 널리 사용되어 왔다.
- (2) 요소수지 (urea resin) : 요소와 포르말린으로부터 만들어지며, 열경화성 수지이다. 순품은 단단하고 무색투명하며 광택이 있다. 따라서 아름답게 착색할 수 있기 때문에 병뚜껑, 단추 등이나, 그 밖에 장식적인 성격을 가진 용도에 알맞다. 대전성(帶電性)이 적고 전기적 성질도 좋기 때문에 각종 전기용품, 가정용, 일용품 등에 널리 사용되고 있다. 접착제로서도 큰 수요를 가지며, 합판은 대개 요소수지 접착제를 사용하고 있다. 또한 직물이나 종이의 수지 가공용으로도 널리 이용되고 있다. 결점으로는 내수성·내노화성이 우수하지 못한 점이다. 그러나 충전제의 사용이나 다른 수지와의 병용 내지 다른 화학적인 방법으로 개선되고 있다.
- (3) 멜라민수지 (melamine resin) : 멜라민과 포르말린으로부터 만들어지는 열경화성 수지이다. 완전히 경화한 것은 불용불융의 플라스틱이다. 요소수지와 유사하나, 내수성이나 내열성이 우수하다. 아름답게 착색할 수 있기 때문에 각종 잡화·일용품·기계부품 등에 사용되고 있으며, 또 내열성(성냥이나 담뱃불, 뜨거운 물주전자에 견딤)이 우수하고 표면의 경도가 크기 때문에 화장판으로서 식탁 등에 많이 사용된다. 전기용품으로도 많이 사용되며, 종이나 직물 가공제로서도 큰 용도를 가지고 있다. 요소수지에 비해서 특성은 우수하나 값이 비싼 것이 결점이다.
- (4) 폴리에스테일 수지 (polyester resin) : 여기에서는 불포화 폴리에스테일(unsaturated polyester resin) 수지에 관하여 설명한다. 이 불포화 폴리에스테일은 무수말레산, 푸마르산 등의 불포화 2염산과 글리콜 같은 디히드록시 알코올(OH기가 2개 있는 알코올) 및 비닐 단량체(예, 스티렌)와 반응하여 가교구조가 된다. 이 계열의 수지는 원료 화합물에 여러 가지 종류가 사용되고, 플라스틱의 성질도 대폭적으로 변화시킬 수 있으므로 성질을 일괄하기는 곤란하다. 투명하고 내열성, 내약품성, 전기적인 성질이 우수하다. 성형도 용이하며, 유리섬유(glass fiber)를 넣어 보강할 수 있기 때문에 유리섬유 보강 불포화 폴리에스테일(FRP)은 건축재료, 헬멧, 자동차 차체, 보트, 낚시대, 목욕탱크 등 광범위하게 사용된다. 알칼리에 비교적 약하다. 또한 연소성이 다소 큰 것이 결점이다.

2) 열가소성 플라스틱(熱可塑性 플라스틱, thermoplastics)

열가소성 플라스틱은 열을 가할 때마다 부드러워지며 온도가 내려가면 다시 단단해지는 플라스틱을 말한다(플라스틱이 부드러워질 수 있는 정도의 온도는 플라스틱 종류와 재질에 따라 다르다). 이에 속하는 것으로는 초산셀룰로스, 초산부틸셀룰로스, 에틸셀룰로스, 폴리염화비닐, 폴리염화비닐리덴, 폴리초산비닐, 폴리비닐알코올, 폴리비닐 아세탈, 폴리스틸렌, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리이소부틸렌, 메타크릴수지, 나일론(폴리아미드), 폴리에틸, 폴리카 보네이트,

플루오르수지, 포화폴리에스텔 등이 있다.

상업용으로 생산되는 폴리비닐 레진은 폴리비닐 크로라이드(PVC), 폴리비닐 크로라이드 아세테이트, 폴리비닐 알콜(PVA), 폴리비닐 아세테이트 등이 있으며 PVC 파이프는 가격이 저렴하며 필요한 만큼 절단하여 의수족의 내골격(endoskeletal)에 사용된다. 종이같이 얇은 PVC나 PVA는 보조기나 의수족의 plastic laminating을 할 때 널리 사용된다.

폴리에틸렌과 폴리프로필렌은 재질이 강하고 물이나 용제(solvent)에 강하며 쉽게 형태를 만들 수 있어서 의학용으로 많이 이용되고 있다. 폴리에틸렌은 인체내부의 internal prosthesis에 많이 이용되며 폴리프로필렌은 반복되는 하중에 잘 견디기 때문에 보조기에 많이 이용되고 있다. 폴리에틸렌과 폴리프로필렌 그리고 최근에 만들어지기 시작한 폴리카보네이트, 아이오노머(ionomer)는 보조기와 의수족 socket에 많이 이용되고 있다.

제작방법은 열을 가하여 부드러워진 플라스틱판을 석고모델 위에 덮어씌우고 밑에서는 공기를 흡착시켜(vacuum molding)플라스틱이 석고모델에 완전히 밀착된 다음 캐스트 카터로 필요한 부분을 잘라내고 가장자리를 매끈하게 손질하여 제작한다(그림 176~180).

폴리에틸렌과 폴리프로필렌은 투명한 플라스틱은 아니지만 보조기의 용도에 따라 두께가 얇아지면 투명하게 보일 수도 있다. 폴리카보네이트나 아이오마 폴리메틸 메타크리레이트 등은 투명하다.

보조기에 사용되는 열가소성 플라스틱은 표 1과 같다.

폴리메틸 메타크리레이트(polymethyl metacrylate)는 상지의 스프린트에 주로 사용된다. 그러나 이것은 플라스틱의 재질이 상당히 약한 편이다.

아크릴오니트릴 부타디엔 스티렌(acrylonitrile-butadiene-styrene, ABC)은 질기고 단단하며 유연성도 높다. 색상도 다양하고 상업적으로 주택용이나 케이스 제작에 많이 이용되고 있다. 보조기에서는 spinal orthoses에 많이 이용되고 있으며 휠체어의 molding seat에도 많이 이용되고 있다. Synthetic balata(polysar)와 perforated version(orthoplast)는 더운물(50°~80°C)에 넣으면 부드러워져서 환부에 직접 맞추는 일시적인 의수족 socket이나 상지의 스프린트

표 1.

| | Tensile strength (psi) | Tensile yield strength (psi) | Elongation at break (%) | Tensile modulus (10 ³ psi) | Flexural yield stress (psi) | Flexural modulus @ 73° F (10 ³ psi) | Impact strength (Izod) | Specific gravity | Melting temperature (degrees C) |
|---|------------------------|------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|--|------------------------|------------------|---------------------------------|
| Polypropylene (copolymer) | 4000 to 5000 | 3500 to 4300 | 200 to 700 | 100 to 170 | 5000 to 7000 | 130 to 200 | 1.0 to 2.0 | 0.89 to 0.905 | 160 to 168 |
| Ionomer (ThermoVac*) | 4300 to 4500 | 2300 | 350 to 450 | 20 to 60 | — | 50 | 6 to 15 | 0.93 to 0.96 | 90 to 96 |
| Polyethylene (high density) | 5600 | 3100 to 4000 | 420 to 525 | — | — | 130 to 140 | No break | 0.94 | 125 to 133 |
| Acrylonitrile butadiene styrene (Cycolac, grade GSE†) | — | 6300 | — | 250 | 10,700 | 330 | 7.0 | 1.04 | — |
| Polycarbonate (Lexan‡) | 9500 | 9000 | 110 | 345 | 13,500 | 340 | 16 | 1.2 | 150 |

*United States Manufacturing Co.

†Borg-Warner Chemical Co.

‡General Electric Co.

또는 골절시 석고붕대의 대용으로 알맞는 플라스틱이다.

이것은 상지에 대한 보조기를 논할 때 다시 자세히 기술할 것이다.

열가소성 플라스틱의 특성은 다음과 같다.

(1) 폴리염화비닐(polyvinyl chloride, PVC) : 염화비닐을 중합하여 제조되는 열가소성 수지이며, 세계적으로 막대한 양이 생산되고 있다. 전기 절연성이 좋고, 내산성·내알카리성·내수성이 뛰어나다. 투명하고, 착색하거나 가공하기가 수월하다. 가소제의 사용에 따라 경도의 범위도 넓다. 결점으로는 내열성·내광성(耐光性)이 낮고, 보통 제품은 100℃에도 견디기 어렵다. 화학장치 재료로서 널리 사용되며, 시이트, 필름, 레저, 파이프(수도용) 등 광범위한 용도를 가지고 있다. 가소제의 양이 몹시 적거나 가소제를 첨가하지 않은 것을 경질 염화비닐수지라고 하고, 건축 재료에 많이 사용되고 있으며, 가소제가 첨가된 것이 연질 염화비닐이다.

(2) 폴리스티렌(polystyrene) : 스티렌의 중합체이며, 열가소성 수지이다. 무색 투명하고 몹시 아름다운 수지로서 내약품성이 크고, 성형도 용이하다. 전기적 특성이 우수하기 때문에 고주파 전기용으로 큰 용도를 가지며, 내수성도 크다. 여러 가지 일용품·가정용품, 부엌용품등에 사용되며, 전기절연재료로서도 특수한 용도를 가지고 있다. 스폰지 제품도 최근에는 막대한 양이 생산되고 있다. 잘 깨어지는 것이 결점이지만, 내충격성의 것도 만들어지게 되었다. 처음에는 값이 비싼 수지에 속하였으나, 석유화학의 발달에 따라 현저하게 생산비가 저하되었다.

(3) 폴리에틸렌(polyethylene) : 나프타를 열분해하여 얻은 에틸렌을 중합하여 얻은 열가소성 수지이다. 부드럽고 연한 성질이 장점이기도 하고 결점이기도 하다. 에틸렌의 중합방법에 따라 고압법·중압법·저압법 등 3종의 폴리에틸렌이 있다. 고압법 폴리에틸렌은 비중이 0.94 ~ 0.96이며 연화점은 120℃ 정도이다. 어느 것이나 비중이 1보다 작은 것(즉 물에 뜨게 됨)이 폴리에틸렌의 특징이다. 일반적으로 플라스틱은 폴리프로필렌을 제외하고는 비중이 1보다 크며, 1.5를 넘는 것도 있다. 고압법 폴리에틸렌은 필름·파이프 등에 이용되며, 저압법 폴리에틸렌은 필름·파이프 등에 이용된다. 저압법 폴리에틸렌은 양동이·컵·화장수병 등에 주로 많이 이용되기 때문에 화학약품의 용기·비이커 등의 제조에도 이용되며, 화학장치의 라이닝(lining)에도 이용된다. 필름으로서는 다소 불투명한 것이 결점이지만, 보자기 등 광범위한 용도를 가지며, 종이에 라미네이트한 폴리에틸렌 종지도 다량으로 생산되고 있다.

(4) 그밖의 중요한 플라스틱 :

㉠ 메타크릴산 에스테르 수지 : 아크릴 수지라고 불리는 수지는 주로 이 메타크릴산 에스테르 수지이며 메틸에스테르인 메틸메타크릴레이트를 중합하여 만든다. 열가소성 수지로 투명성이 좋으며, 유기유리라고도 불리며, 간판 등 제조에 많이 사용되고 있다.

㉡ 테플론(teflon) : 테트라플루오르틸렌을 중합하여 얻은 열가소성 수지로서, 모든 약품에 견디는 내약품성이 특히 우수하고 고온·저온에도 견디는 수지이다(플루오르는 불소이므로 불소 수지라고도 함).

㉢ 셀룰로오스 아세테이트 수지 : 이 수지는 광택, 투명성, 탄성 등이 우수하다.

- ㉔ 폴리카보네이트 : 이 수지는 치수안정성, 고온에서의 기계적 성질 및 전기적 성질이 우수하다.
- ㉕ 크실렌 수지 : 페놀보다 훨씬 값이 싼 크실렌(메타 이성체)을 사용한 수지로서, 최근에 개발되어 실용화 단계에 이르렀다.
- ㉖ 폴리프로필렌 : 나프타의 열분해로써 얻은 프로필렌을 중합하여 얻으며, 비중이 0.9로서 모든 플라스틱 중에서 가장 가벼운 플라스틱이며, 융점은 170℃ 정도이다. 투명성·내열성·내약품성·기계적 성질·전기적 성질이 우수하며, 폴리에틸렌을 능가하는 성질을 가지고 있다. 결점으로는 내노화성이 약한 것과 염색성이 나쁜 점 등이지만, 이들은 안정제의 사용이나 화학적 방법으로 점차로 해결되어가고 있다.

4. 플라스틱 하지보조기의 종류

플라스틱 하지보조기도 금속으로 제작하는 하지보조기처럼 BKO (AFO), KO, AKO (KAFO) 등 관절을 싸고 있는 위치에 따라 여러 가지 종류의 보조기가 있으며 플라스틱으로만 제작하기도 하고 금속재료와 더불어 제작하기도 한다.

여기에 그 대표적인 플라스틱 보조기 몇 가지를 소개하면 다음과 같다.

- 1) Plastic posterior leaf spring BKO (AFO)
- 2) Plastic spiral BKO (AFO)
- 3) Plastic hemispiral BKO (AFO)
- 4) Plastic posterior solid ankle BKO (AFO)
- 5) Patella tendon bearing orthosis
- 6) Supracondylar knee orthosis (KO)
- 7) Supracondylar knee ankle orthosis (KAO)
- 8) Plastic laminated AKO (KAFO)

(참고) BKO : Below Knee Orthosis = AFO : Ankle Foot Orthosis

AKO : Above Knee Orthosis = KAFO : Knee Ankle Foot Orthosis

KO : Knee Orthosis, KAO : Knee Ankle Orthosis

1) Plastic posterior leaf spring AFO

이것은 올토렌(ortholen)이라고 하는 고분자 폴리에틸렌으로 된 아주 단단한 재질의 플라스틱으로 만든다. 대부분 플라스틱 공장에서 하퇴의 형태를 본 뜬 반제품으로 출고되어 보조기 제작실에서 환자에 적합한 사이즈를 선택하여 오븐에 넣은 다음 환자다리를 본뜬 석고 위에 밀착시켜 트리밍하여 제작하게 된다 1-①~1-②(참조). 또한 이것은 폴리프로필렌으로도 만들 수 있는데 폴리프로필렌은 합판 모양으로 되어있어 적당한 크기로 절단하여 오븐에 넣고 온도와 시간을 맞추고 뜨거워진 폴리프로필렌을 석고에 밀착시켜서 트리밍하여 제작하거나(그림 2-①~2-②(참조) 또는 진공장치를 하여 플라스틱을 석고에 밀착되도록 하여 굳은 다음에 캐스트 카터로 떼

어내고 마무리 손질을 하여 제품을 완성시킨다.

비록 plastic AFO는 한 장의 플라스틱으로 만들어 지지만 편의상 calf strap, calf shell, shoe insert의 세 부분으로 나누어 볼 수 있다. (그림 1-(29)). 이 보조기의 가장 일반적인 적용대상은 보행시 heel strike와 swing phase 동안 plantar flexor를 견제하여 약한 ankle dorsiflexor를 보상하려고 할때 사용된다. 보조기의 다듬기에 따라 내외측 안정성도 대비할 수 있고 발의 아취도 받쳐 줄 수 있다. 따라서 잘맞고 안맞고는 환자의 발과 보조기의 기능에 맞도록 석고를 수정하는 일에 달려있다. 때문에 석고를 뜯 때에는 환자의 발을 잘 관찰하여 inversion, eversion, pronation, supination, abduction adduction을 잘 수정해야 한다. Posterior AFO에 있어서 발은 10°~15°정도 미리 dorsiflexion시켜야 한다. 왜냐하면 올토텐의 플라스틱 성질은 스트레스를 받아도 원래상태로 돌아오는데 다소 시간이 걸리는 특성이 있기 때문이다. 때로 elastic dorsiflexion assist는 필요한 쪽에 달게된다. 석고를 수정할 때 발의 종아취나 횡아취, 중족골 아취도 환자의 발과 기능에 맞도록 잘 만들어 주어야 한다. 그렇게 하면 metal 보조기에서 구두를 수정했던 것처럼 번거로운 일을 할 필요가 없어진다. Metatarsal을 잘 받쳐주는 것은 중요한 일이다. 왜냐하면 ankle dorsiflexion을 보조해 주는 힘은 보조기의 하방에 있기 때문이다. 발 앞부분은 metatarsal head에서 후방으로 6mm이상 떨어져 있어야 구두와 발등 사이에 불필요한 압력을 받지 않게된다.

양복을 맞춰 입을 때 중간에 가봉을 하는 것처럼 보조기를 제작할 때에도 중간에 가봉을하여 마무리 손질을 하기 전에 요모조모 살펴보는 일은 매우 중요한 일이다. 다 맞추고나서 불편한 점을 시정하려면 다시 수리하여야 하기 때문에 경비와 시간 낭비가 될 것이다. 가봉할 때는 종아리에서부터 아킬레스건 바로 위까지 일정한 압력을 받고 있는지, 보조기의 상단이 비골경에서 5cm이하로 떨어져 있는지, 발바닥의 아취는 제위치에 놓여 있는지를 살펴본다. 비골경에서 5cm 하방으로 떨어뜨리는 이유는 ankle을 plantar flexion하면 보조기 상단이 1/2~1 1/4 인치 (1~3cm)정도 상방으로 움직여지기 때문이다.

폴리프로필렌으로 제작된 보조기는 종아리에서부터 뒷꿈치까지 보조기의 양쪽을 등글게 주름 잡아 놓았는데 이것은 보조기의 가장자리를 든든하게 하기 위한 것이다. 폴리프로필렌으로 제작하는 방법이 폴리에틸렌으로 제작하는 것보다 가격이 저렴하고 설비도 간편하므로 국내에서는 현재 이 방법이 많이 적용되고 있다.

(1) Posterior leaf-spring AFO의 처방기준

- ① Dorsiflexor가 마비되었거나 약할 때 사용한다. 단, plantar flexor의 근력은 "G"이상이어야 한다.
- ② 발을 딛고 있을 때 내외측 안정성이 양호해야 한다.
- ③ 발을 딛고 있을 때 현저한 valgus나 varus가 없이 발이 편평족으로 되어있어야 한다.
- ④ 수동적으로 발을 dorsiflexion시켰을 때 적어도 90°정도의 dorsiflexion은 유지되어 있어야 한다(여기서 90도라 함은 수평에서 직각을 의미한다).
- ⑤ Spasticity가 중등도 이하이거나 또는 전혀 없어야 한다.

- ⑥ 슬관절이 안정되어 있고 근력도 좋아야 한다.
 - ⑦ 하퇴의 종창(swelling)으로 인한 문제가 야기되지 않아야 한다.
- (2) 플라스틱 AFO의 장점 : 플라스틱 AFO는 conventional AFO보다 다음과 같은 장점이 있다.
- ① 재질이 부러지지 않는다.
 - ② 플라스틱의 색깔을 피부색처럼 할 수 있어 미관상 보기 좋다.
 - ③ 보조기가 피부에 밀착되어 스타킹이나 슬랙스를 보조기 위에 신어도 눈에 잘 띄지 않는다.
 - ④ 족관절과 발의 해부학적 정렬(alignment)을 바르게 한다.
 - ⑤ 구두를 쉽게 바꾸어 신을 수 있다.
 - ⑥ 금속보조기보다 훨씬 가볍다.
 - ⑦ 실내외를 편하게 다닐 수 있어서 생활하기 편하다.
 - ⑧ 다리가 부었다 내렸다 하는 환자에게도 크게 영향을 미치지 않는다.
- (3) Plastic posterior leaf spring BKO(AFO)의 제작과정(그림 1) : 여기에 소개하는 플라스틱 보조기들의 제작방법에 대한 사진은 필자가 뉴욕대학병원 재활의학연구소의 보조기 센터에서 연수할 때 찍은 것이다.
- ① 석고붕대로 감기 전에 하퇴의 두드러진 뼈에 표시를 한다. 내외측 복숭아뼈(lateral & medial malleolus), 제 5 중족골 골두(5th metatarsal head), 경상돌기(styloid process), 주상골결절(navicular tuberosity), 비골골두(fibular head), 비골골두의 5cm이하 지점 등을 잘 묻어나는 잉크로 표시해둔다(그림 1-(1)).
 - ② 캐스트를 제거할 때 캐스트 카터(cast cutter)의 톱니가 피부에 상처를 내지 않도록 미연에 방지하기 위하여 약간 두꺼운 직물로 된 긴 스트랩을 무릎에서 다리 앞쪽으로 늘어뜨리고 그 위에 스타킹을 신는다(그림 1-(2)).

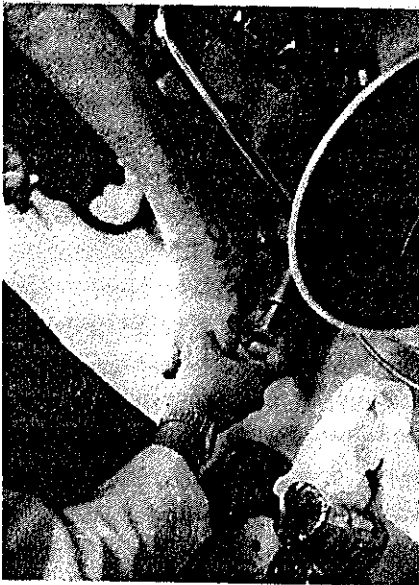


그림 1-①



그림 1-②

- ③ 석고붕대를 붙여 넣어 충분히 적신다음 끝바로 감기 시작한다. 똑같은 압력으로 매끈하게 감아야 한다(그림 1-(3)).
- ④ 석고붕대가 굳기 전에 무릎과 발목을 90°도로 고정시켜 둔다(그림 1-(4)).
- ⑤ 완전히 굳은 다음에 캐스트 카터로 스트렐 위를 따라 캐스트를 잘라낸다.
전기톱날로 상처가 날 수 있으므로 캐스트의 깊이를 엄두에 두고 조심스럽게 절개해야 한다(그림 1-(5)).
- ⑥ 캐스트를 완전히 잘라내어 환자의 다리 형태를 본뜬 것이며 그 안에 철심을 끼워 넣는다(negative cast)(그림 1-(6)).

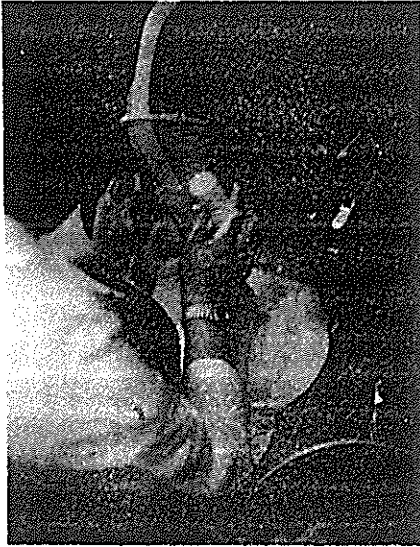


그림 1-③



그림 1-④



그림 1-⑤

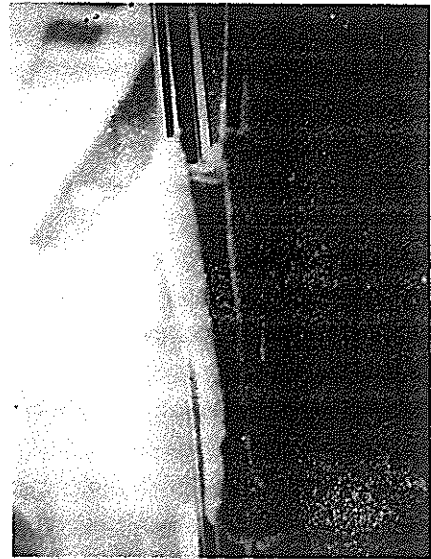


그림 1-⑥

- ⑦ 캐스트를 잘라내어 벌어진 부분은 스테플로 봉합한다(그림 1-7).
- ⑧ 철심을 중앙에 세우고 석고를 물에 개어 캐스트 안에 넣는다(그림 1-8).
- ⑨ 완전히 굳은 다음에 negative cast를 떼어낸다(그림 1-9).
- ⑩ Negative cast를 완전히 떼어낸 다음 거칠은 상태의 positive castive cast를 보여준다(그림 1-10).
- ⑪ Positive cast를 매끈하게 다듬는다. 이때 맨처음 뼈의 돌출 부위를 표시해둔 잉크가 negative cast에 묻어나고 다시 positive cast에 묻어나 있으므로 다듬을 때 이 점을 특히

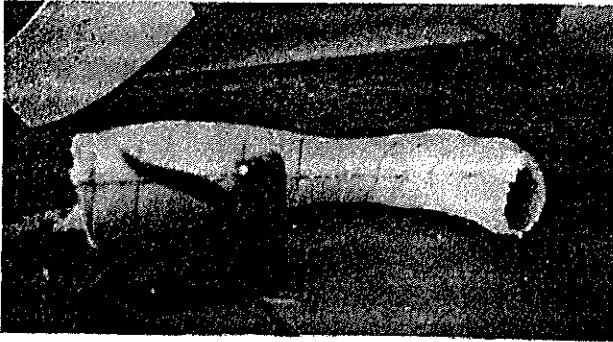


그림 1-⑦

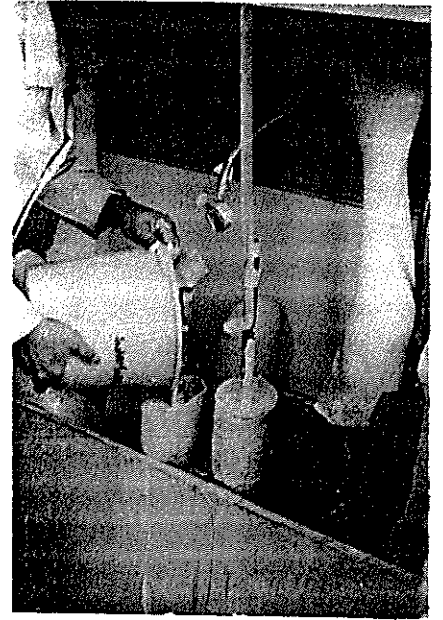


그림 1-⑧



그림 1-⑨



그림 1-⑩



그림 1-⑪

염두에 두고 다듬어야 한다(그림 1-⑪).

- ⑫ 중족골아취(metatarsal arch)를 받쳐주기 위하여 석고발바닥의 중족골 골두(metatarsal head) 바로 밑을 삼각형 형태로 오목하게 판 것을 볼 수 있다(그림 1-⑫).
- ⑬ 상품화된 여러 가지 크기의 AFO를 보여준다. 독일 Ottobock 회사제품이다(그림 1-⑬).
- ⑭ 환자의 발에 맞는 것을 골라서 positive cast에 맞추어 보고 뒷꿈치가 잘 맞는지의 여부와 잘라낼 부분을 어렵해 본다(그림 1-⑭).
- ⑮ 플라스틱을 잘라내는 전기톱으로 비골골두(fibular head)에서 5cm 떨어진 곳과 중족골 부위(metatarsal area)의 지점을 잘라낸다(그림 1-⑮).
- ⑯ 잘라낸 부분과 positive cast가 잘 맞는지의 여부를 확인한다(그림 1-⑯).



그림 1-⑫

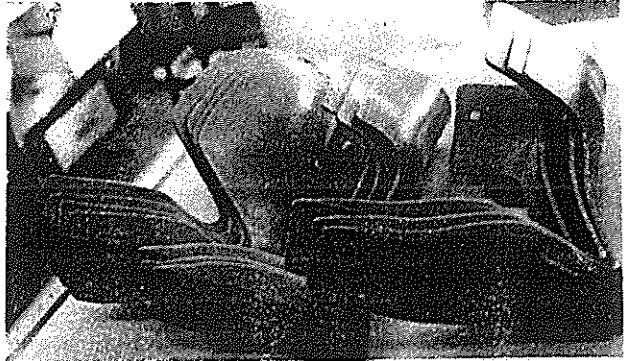


그림 1-⑬

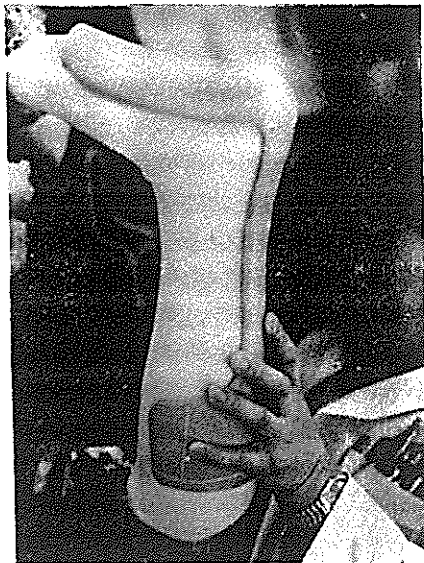


그림 1-⑭

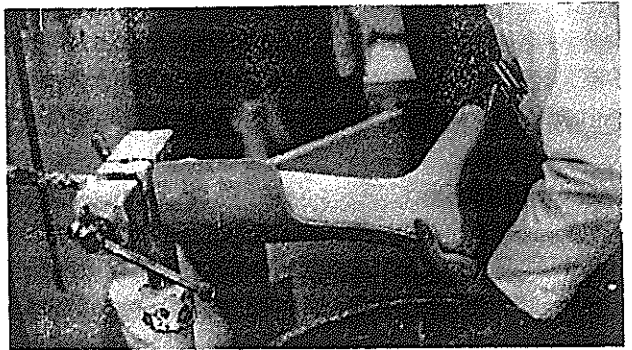


그림 1-⑮

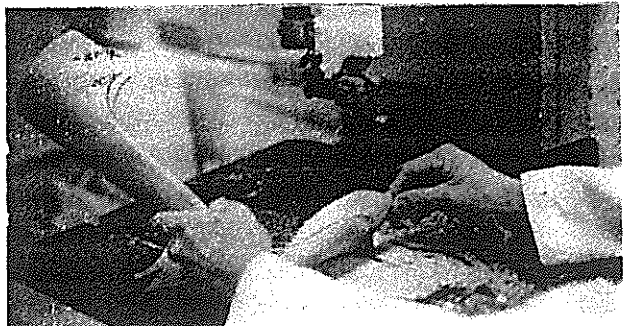


그림 1-⑯

- ⑰ 플라스틱을 깎아내는 그라인다를 사용하여 두꺼운 플라스틱을 얇게 깎아낸다. 이것은 상당히 숙련된 기술을 요한다. 잘못하면 너무 얇게 되어 못쓰게 되거나 깎아내지 말아야 될 부분을 너무 깎아 내어 쓸모없이 만들기 쉽다(그림 1-(17)).
- ⑱ 다른 그라인다에 플라스틱 보조기를 깎아내는 모습인데 플라스틱이 가루처럼 되어 깎여지기 때문에 수건으로 코를 막고 깎는 모습을 보여준다(그림 1-(18)).
- ⑲ 플라스틱을 완전히 다듬은 다음에는 전기 오븐 속에 넣는다. 온도와 시간은 플라스틱의 성질에 따라 조절할 수 있게 되어있다(그림 1-(19)).
- ⑳ 뜨거워진 플라스틱을 positive cast 위에 썬 다음 재빨리 탄력봉대로 감는다. 플라스틱이 뜨겁기 때문에 두툼한 장갑을 끼고 플라스틱을 붙들고 있는 모습을 볼 수 있다(그림 1-(20)).



그림 1-(17)

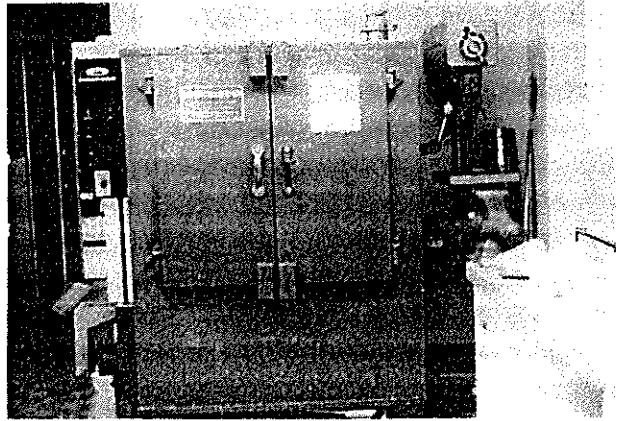


그림 1-(19)

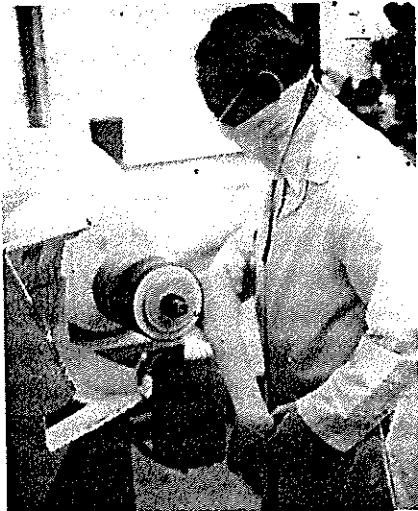


그림 1-(18)



그림 1-(20)



그림 1-㉑



그림 1-㉒



그림 1-㉓

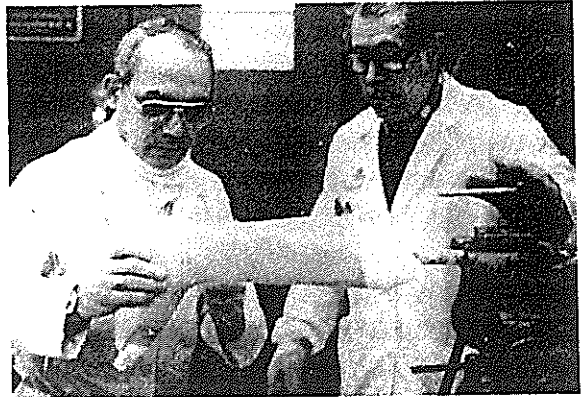


그림 1-㉔

- ㉑ 탄력붕대로 한 겹 감은 다음 곧바로 metatarsal pad를 석고가 파인 곳에 맨다(그림 1-㉑).
- ㉒ Metatarsal pad를 대고 그 위에 다시 탄력붕대를 감는 상태를 보여준다(그림 1-㉒).
- ㉓ 발바닥 위치에서 metatarsal pad를 대고 있는 모습을 보여준다(그림 1-㉓).
- ㉔ 모든 상태를 다시 점검한다(그림 1-㉔).
- ㉕ 바이스로 metatarsal pad를 꼭 눌러 플라스틱에 자국이 나도록 굳히기 위한 것이다(그림 1-㉕).
- ㉖ 마지막 손질을 하기 위하여 전기로 열을 가하여 플라스틱의 가장자리를 매끈하게 다듬는다. 이때 플라스틱에서 냄새가 심하게 나기 때문에 수건으로 코를 막고 있다(그림 1-㉖).
- ㉗ 플라스틱에 윤활제를 분무하여 반짝반짝 빛이 나고 매끄럽게 한다(그림 1-㉗).
- ㉘ 벨크로나 스트랩을 달아 착용한 완성품이다. 주로 편마비(hemiplegia)환자나 drop foot 환자에게 착용시킨다. 스트랩과 벨크로를 달아 완성시킨 plastic posterior leaf-spring BKO 다(그림 1-㉘).
- ㉙ Plastic posterior leaf spring BKO를 편의상 세 부분으로 나눈다(그림 1-㉙).

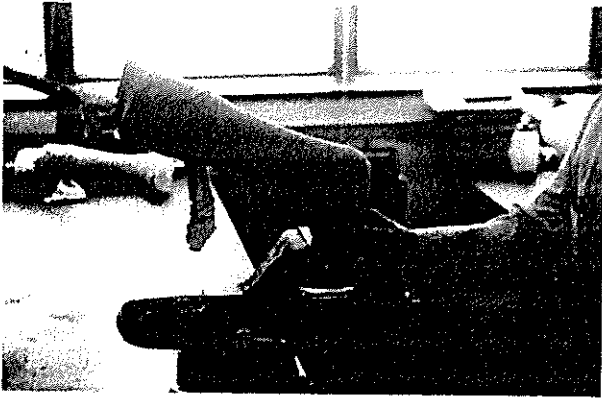


그림 1-25



그림 1-27



그림 1-26

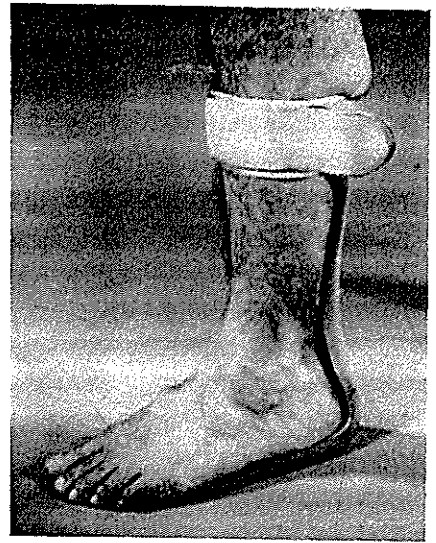


그림 1-28

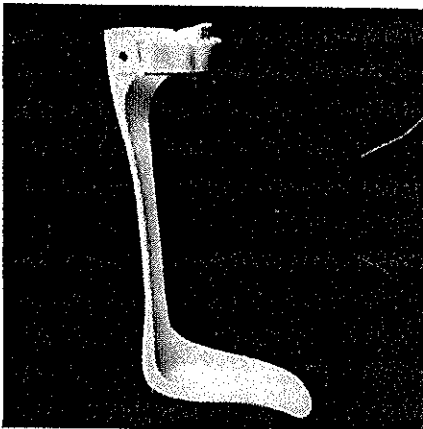
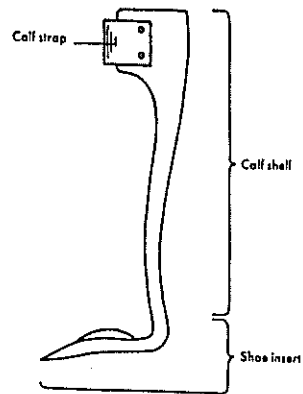


그림 1-29



(4) 폴리프로필렌 플라스틱 AFO의 제작과정 (그림 2).

- ① 판자 형태의 폴리프로필렌 플라스틱을 필요한 만큼 잘라낸다(그림 2-①).
- ② 전기오븐 속에 잘라낸 플라스틱판을 넣어둔다(시간과 온도는 플라스틱 성질에 따라 조절한다) (그림 2-②).
- ③ 전기오븐 속에서 꺼낸 플라스틱은 비칠정도로 맑았고 흐늘흐늘하게 된다. 그러나 몹시 뜨겁기 때문에 작업할 때는 반드시 열전달이 잘 안되는 두꺼운 장갑을 써야 한다(그림 2-③).
- ④ 환자 다리를 본뜬 positive cast 위에 열을 가한 플라스틱을 덮어 씌운다. 종아리 부위와 발에 해당하는 부위를 별도의 플라스틱으로 씌운다(그림 2-④).

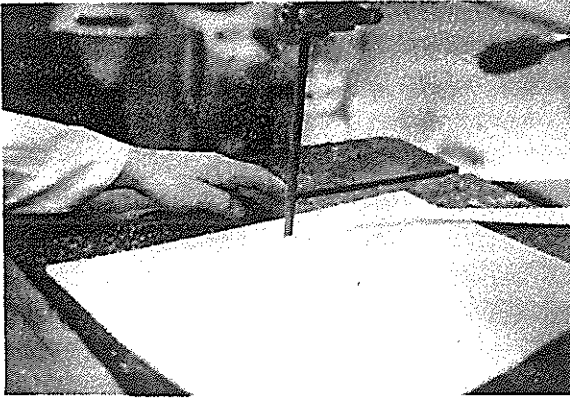


그림 2-①



그림 2-③

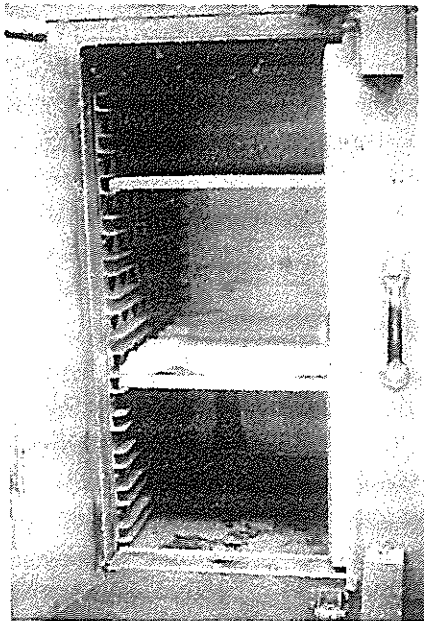


그림 2-②



그림 2-④



그림 2-⑤

- ⑤ 발바닥에는 metatarsal pad를 대고 탄력붕대로 감아 석고의 발바닥과 밀착시킨다(그림 2-⑤).
- ⑥ 완전히 굳어진 상태인 종아리의 plastic shell과 발의 foot plate를 보여준다. 족관절(ankle joint)은 금속으로 된 보조기 족관절을 발의 기형 상태에 따라 선택하여 달아준다(그림 2-⑥).
- ⑦ 종아리에 덮어 씌웠던 plastic shell을 캐스트 카터로 절개하는 모습을 보여준다(그림 2-⑦).
- ⑧ 이와같은 방법으로 제작된 PTB style의 rigid plastic BKO를 보여준다. 두 개의 plastic shell로 되어있어 열고 닫을 수 있으며 벨크로를 달아 감아주면 벗겨지지 않도록 고정할 수 있다(그림 2-⑧).

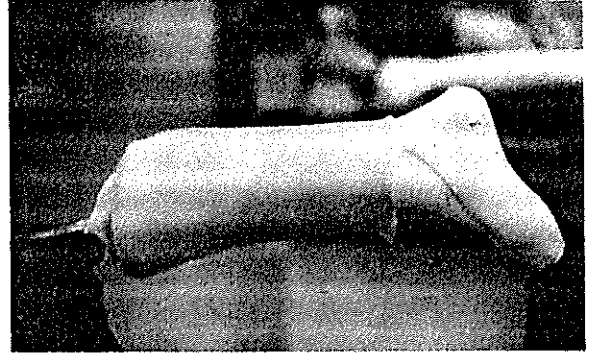


그림 2-⑥

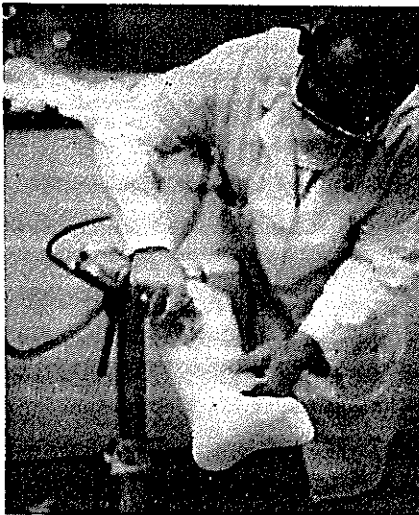


그림 2-⑦

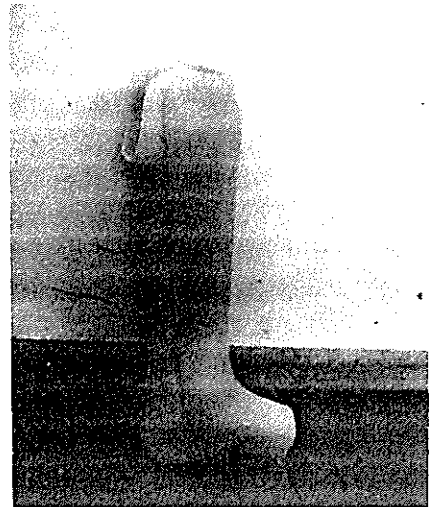


그림 2-⑧

(5) 진공 흡착식 폴리프로필렌 플라스틱 AFO의 제작과정 (그림 3-(1)).

- ① Positive cast의 형태(그림 3-(1)).
- ② 섭씨 350도가 되는 오븐 속에 8분정도 넣어 흐늘흐늘 해진 폴리프로필렌 플라스틱을 positive cast 위에 덮어 씌운다(그림 3-(2)).
- ③ 진공장치를 이용하여 밑에서 공기를 흡착하여 석고위에 플라스틱을 밀착시킨다(그림 3-(3)).
- ④ 굳어진 플라스틱을 캐스트 카터로 잘라낸다(그림 3-(4)).
- ⑤ 환자의 다리에 가봉을 하여 다듬기 전에 잘라낼 부분의 위치를 선정한다(그림 3-(5)).

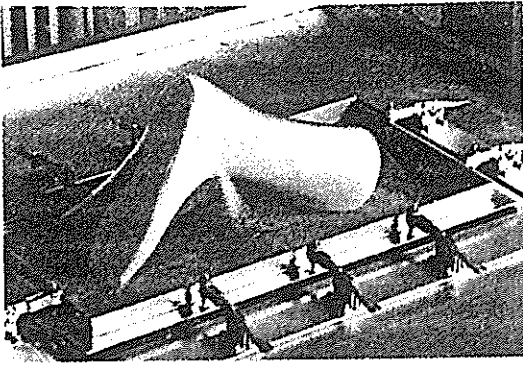


그림 3-①

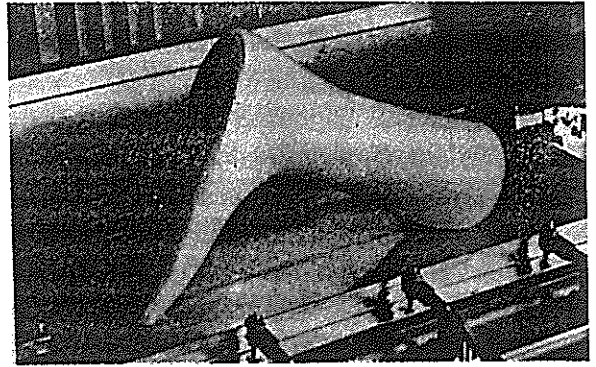


그림 3-②



그림 3-③

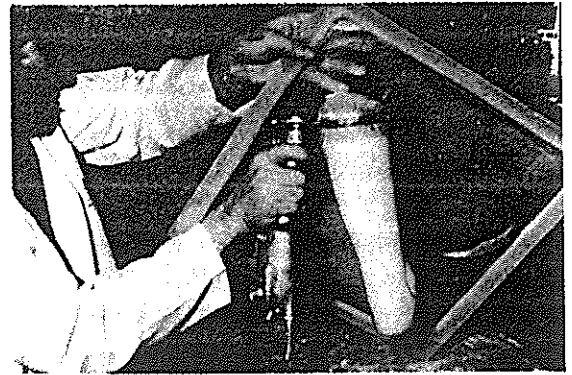


그림 3-④

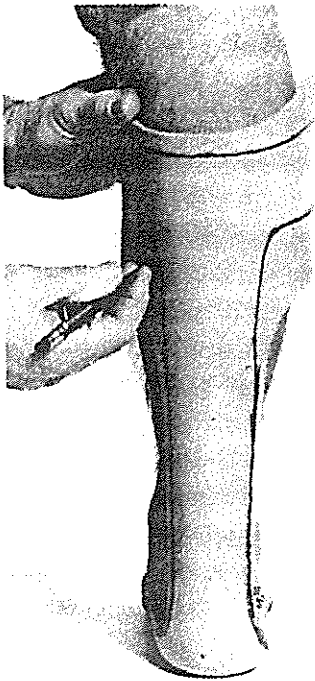


그림 3-⑤

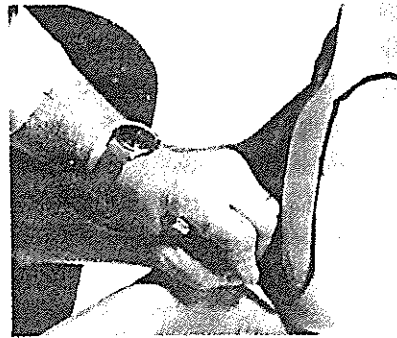


그림 3-⑥



그림 3-⑦

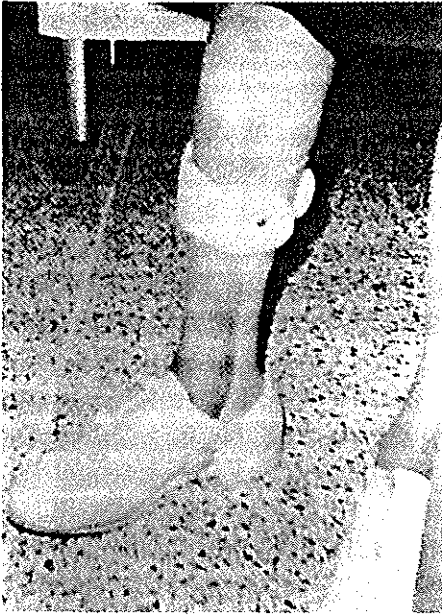


그림 3-⑧

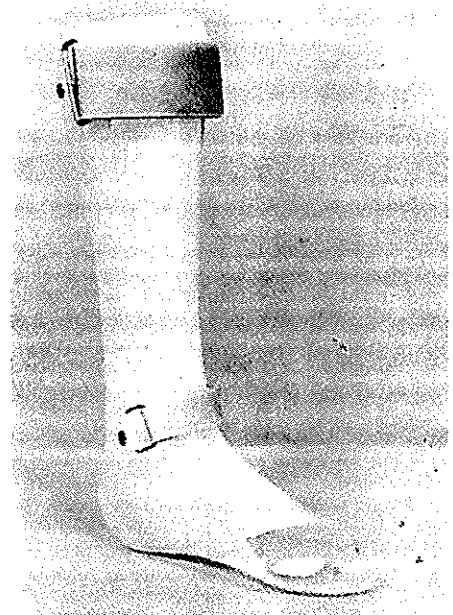


그림 3-⑨

- ⑥ Foot plate에서의 trimming line의 결정(그림 3-⑥).
- ⑦ 완성된 plastic spiral AFO(그림 3-⑦).
- ⑧ Flexible polypropylene AFO를 신은 모습(그림 3-⑧)
- ⑨ Solid polypropylene AFO(그림 3-⑨).

2) Plastic spiral BKO

Plastic spiral BKO는 미국 뉴욕에 있는 뉴욕대학병원 재활의학연구소(Institute of Rehabilitation Medicine)에서 고안한 것으로 신체의 수평면(transverse plane), 전액면(frontal plane), 시상면(sagittal plane)에서의 모든 운동을 조절할 수 있게 되어 있다.

Spiral orthosis는 편의상 다음과 같이 세 부분으로 나눈다.

- ① Shoe insert : Foot plate에 해당되는 부분
- ② Spiral portion : Foot plate의 내측 하방에서 시작해서 종아리 후면을 감싸고 돌아 전면을 가로질러 내측 경골과(tibial condyle)의 위치에 있는 내측 calf band에서 끝나는 나선형 부분
- ③ Calf band : Spiral portion은 이 calf band에 고정된다. calf band의 외측은 개방되어 있다. 이 보조기의 재료는 열가소성 플라스틱의 한 종류인 SADUR(Teufel Company, Stuttgart Germany) 또는 Plexidur(Roehm & Heas Company, Darmstadt Germany)로 호박색이 나는 acrylic nylon material로 되어 있다.

이 보조기의 나선형의 외형은 보조기의 족관절이 없이도 ankle의 plantar flexion과 dorsiflexion을 조절해 주는 새롭고 독특한 디자인으로 되어있다. 체중을 주고 있을 때는 보조기의 나

선형이 감기게 되어 ankle의 dorsiflexion을 도와주게 된다. 보조기의 나선형 부분은 보행시 midstance 다음에 점차 스트레스를 받게되어 ankle dorsiflexion으로 향하는 저항이 증가되며 스트레스를 받은 보조기의 나선형 부분이 원상태로 되돌아 오게되어 heel off 다음에 오는 toe off를 도와주게 된다.

이 보조기의 수평회전(transverse rotation)은 나사의 풀리고 감기는 원리에 기초를 두고 있다. 따라서 족관절(ankle joint)의 inversion과 eversion은 나사의 기본원리인 3점압원리에 의하여 적용된다.

이제까지 언급한 바와 같이 보조기의 성능은 외형의 디자인 뿐 아니라 플라스틱의 성질에 따라서도 좌우된다는 것을 알 수 있다. SADUR나 Plexidur는 플라스틱의 성질이 저항에 의해 늘어났다가도 용수철처럼 즉시 제위치로 되돌아가는 성질을 가지고 있기 때문에 석고를 뜰때 미리 dorsiflexion시킬 필요는 없다. 그렇기 때문에 시상면에서 하지의 중요한 관절의 정렬(alignment)은 다리의 장축을 따라 지면에서 각각 90도가 된다.

Spiral orthosis의 내측은 나선형 부분이 끝나는 지점으로 medial tibial plateau에서 하방1/4~1/2인치(6cm~1.3cm)되는 지점이며 외측은 비골경 이하의 1/4인치(6cm)되는 지점이다. Calf band의 외측이 열려 있는 것은 비골골두(fibula head)를 압박하지 않기 위한 것이고 보조기를 신고 벗기 편하게 하기 위한 것이다. 또 경골능선(tibial crest)과 아킬레스건 바로 위가 압박되지 않도록 해야 한다.

이 보조기의 장점은 posterior leaf spring AFO의 장점 이외에 인체와 보조기의 역학적인 문제를 해결하므로써 좀 더 정상에 가까운 보행을 하여 편안하게 느끼게 된다는 점이다.

(1) Spiral BKO의 처방기준

- ① Ankle dorsiflexor와 plantar flexor가 마비되었거나 약해졌을 때.
- ② Stance phase 또는 swing phase에서 내외측 안정성(mediolateral instability)의 결함이 있을 때.
- ③ Stance phase에서 varus나 valgus가 되려는 경향이 있을 때
- ④ 이완성(flaccidity) 또는 중등도의 경련(spasticity)이 있을 때.
- ⑤ 슬관절과 족관절의 근력이 약할 때.
- ⑥ 종창으로 인한 하퇴 용적의 변화가 심할 때, 경련이 심할 때, 기형이 고정되어 있을 때는 금기가 된다.

(2) Plastic spiral AFO의 제작과정(그림 4)

- ① Casting board와 reference rod: 캐스트 할 때 구두굽의 높이와 같은 casting board를 사용하여 발을 올려놓고 발의 toe out, inversion, eversion, fore foot의 alignment를 맞춘다. Reference rod는 ankle의 medial malleolus와 knee의 medial condyle이 일직선이 되도록 참고하는 지침목이다(그림 4-①).
- ② Spiral AFO의 기본형태(그림 4-②).
- ③ Hemispiral AFO의 기본형태(그림 4-③)

④ 환자의 다리를 본떠 만든 석고와 spiral AFO kit : 석고뜨는 방법은 다른 방법과 마찬 가지이며 여기 보이는 석고는 아직 다듬기를 하지 않은 석고다(그림 4-(4)).

⑤ Positive cast의 수정(그림 4-(5)).

- ① Positive cast의 sustentaculum tali 아래의 cast를 6mm정도 파내고 lateral longitudinal arch 쪽으로 가로질러 그림의 모양대로 파낸다. Lateral longitudinal arch는 3mm정도 파낸다.
- ② Metatarsal arch의 제일 높은 부위는 15mm정도 파낸다.
- ③ Tibia crest와 fibula shank 사이를 6mm정도 파낸다(fibula head와 lateral malleolus 사

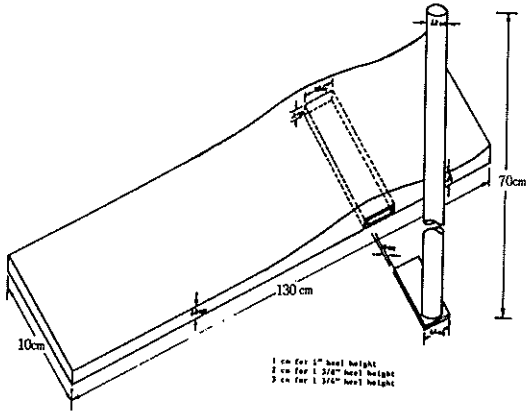


그림 4-①

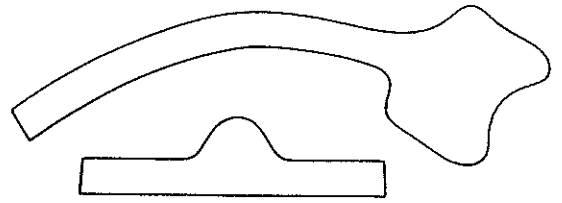


그림 4-②

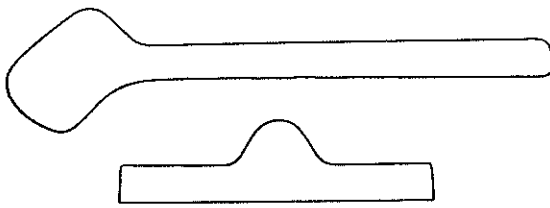


그림 4-③

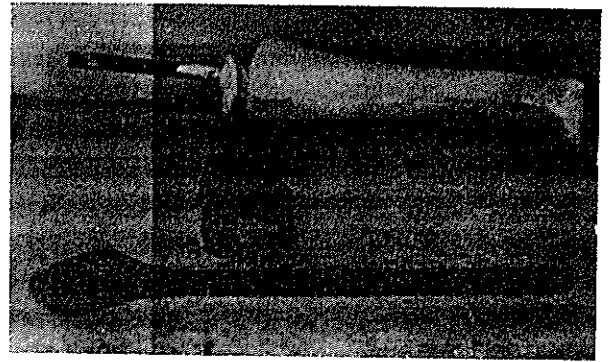


그림 4-④

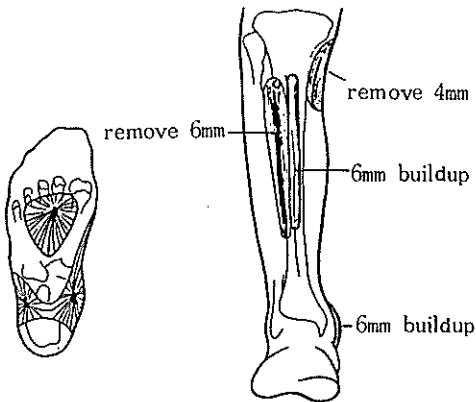


그림 4-⑤

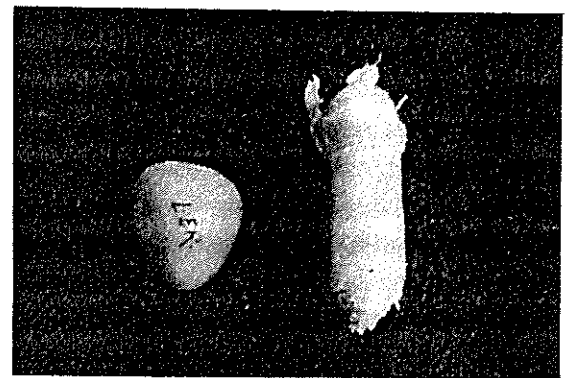


그림 4-⑥

이의 중간위치).

㉔ Medial malleolus 부위를 6mm 높인다.

㉕ Medial tibial flare 부위를 4mm 파낸다.

㉖ Metatarsal pad
Peroneal pad } (그림 4-(6)).

㉗ Spiral AFO kit 를 오븐에 넣어 플라스틱이 부드러워진 상태에서 수정을 가한 석고틀 위에 탄력붕대로 플라스틱을 고정시킨 상태 (metatarsal pad와 peroneal pad를 대고 묶은 상태) (그림 4-(7)).

㉘ 탄력붕대를 풀은 상태(옆에서 본 사진). Metatarsal arch의 상태를 점검하고 있다 (그림 4-(8)).

㉙ 탄력붕대를 풀은 상태(위에서 본 사진) (그림 4-(9)).

spir AFO의 측면을 매끈하게 하기 위하여 그라인다에 갈아낸다(그림 4-(10)).



그림 4-⑦



그림 4-⑧



그림 4-⑨

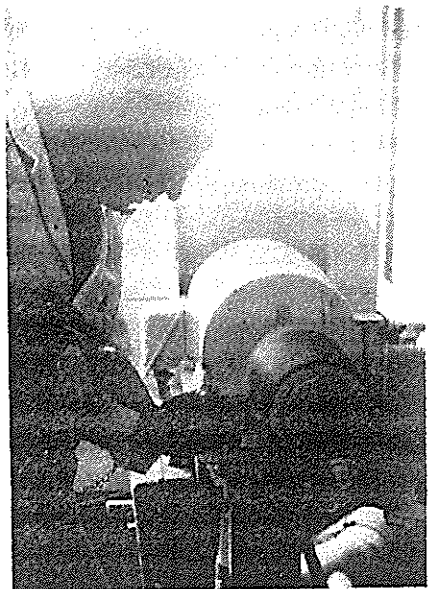


그림 4-⑩

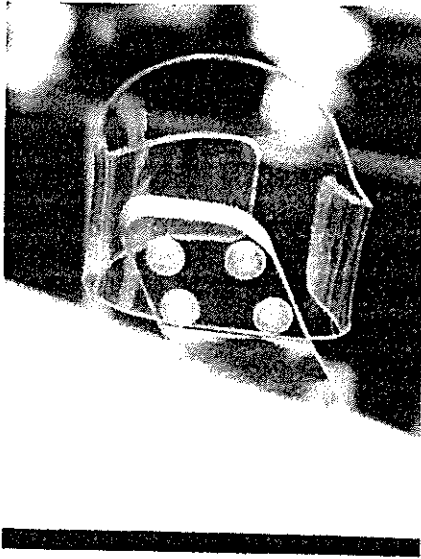


그림 4-⑪

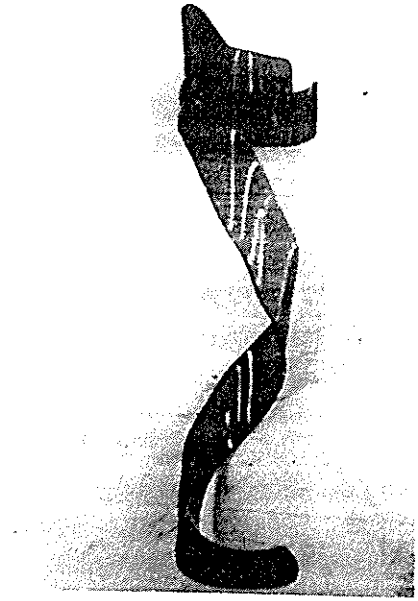


그림 4-⑫



그림 4-⑬

- ⑩ Calf band와 spiral portion을 플라스틱 붓으로 연결한 상태(그림 4-⑪).
- ⑪ 완성된 spiral AFO(그림 4-⑫)
- ⑫ Spiral AFO를 착용한 상태(그림 4-⑬).
- ⑬ Hemispiral AFO를 착용한 상태(그림 4-⑬).

3) Hemispiral AFO

이것은 spiral AFO와 모양, 재질, 구성 등은 비슷하나 다만 full spiral AFO는 foot plate의 내측에서 시작해서 종아리를 360도 감돌아 calf band의 내측에 부착되어 있는 반면에 hemispiral AFO는 foot plate의 외측에서 시작해서 full spiral AFO와는 반대방향으로 180도 감돌아 calf band의 내측에 부착된다. 그리하여 나선 모양의 형태가 절반만 있기 때문에 equinovarus가 되려는 발을 좀더 효과적으로 억제할 수가 있다 (그림 4-⑬).

(1) Hemispiral AFO의 처방기준

- ① Evertor와 dorsiflexor가 약하여 equinovarus가 되어있을 때 적용한다.
- ② Spasticity가 중등도 이하이고 stance phase나 swing phase에서 mediolateral instability가 적용된다.
- ③ Clonus를 동반한 아주 심한 spasticity가 있을 때나 edema가 부었다 내렸다 할 때 또는 기형이 고정되어 있을 때는 적용되지 않는다.

4) Plastic posterior solid ankle AFO

이 보조기의 기본 디자인은 plastic posterior leaf spring AFO와 유사하다. 다만 플라스틱이 종아리나 발등을 넓게 둘러싸고 있어서 족관절의 dorsiflexion과 plantar flexion, valgus와 varus deformity를 고정시킬 수 있다. 발등 쪽은 끈매기가 없이 항상 열려있거나 경우에 따라서는 벨크로 스트랩을 달아주기도 한다. 특히 주의해야 할 일은 뼈가 돌출된 부위는 압박을 받지 않도록 해야 한다. Valgus나 varus가 심할 때 교정하는 힘의 정도는 피부가 견디어 낼 수 있는 정도로 해야 한다. Equinovarus를 고정하려면 제 1중족골골두(1st metatarsal head) 바로 뒤와 종골(calcaneus)의 내측을 받쳐주고 반대쪽의 힘은 lateral malleolus 바로 위에서 내측으로 힘이 가해지도록 해야 한다.

석고를 뜰 때 positive cast에서 내외측 복숭아뼈의 부위를, 내측은 1/4인치(6.5mm) 외측은 3/8~1/2(1.0~1.3cm)인치 정도 돌구어 주어야 하며 종골(calcaneus)의 posterior proximal area도 같은 정도로 돌구어 주어야 보행시에 그 부위에 압박을 받지 않게된다. 족관절(ankle joint)을 전혀 움직이지 못할 때에는 좀 더 정상적인 보행을 하기 위하여 구두굽은 SACH heel로 대신하고 구두창에는 1/4인치의 rocker bar를 덧댄다. 구두는 보조기를 신을 것을 고려하여 길이와 폭이 다소 넓고 끈매기가 편한 것을 신어야 한다.

Varus나 valgus deviation에 최대의 저항을 주려면 solid AFO에 폴리프로필렌에 패드를 단 플렌지(flange)를 후방 2/3되는 지점에서부터 대주어야 한다. 플렌지를 내측에 대면 valgus를 조절하며 외측에 대면 varus를 조절하게 된다. 족관절 운동을 고정시키고 플렌지로 힘을 가하면 효과적으로 거골하관절(subtalar joint)을 고정시킬 수 있다.

(1) Solid ankle BKO의 처방기준

- ① 지각신경 마비 또는 고유수용감각(proprioceptive sensory)의 소실을 동반한 족관절 배측 굴곡근(ankle dorsiflexor)과 족저굴곡근(plantar flexor)이 마비되었거나 근력이 약할 때 적용된다.

② 유각기 (swing phase) 나 입각기 (stance phase) 때 발이 심한 경련으로 인하여 equinovarus 가 될 때 적용된다.

④ 슬관절과 고관절의 근력은 정상이고 종창으로 인하여 발이 부었다 내렸다 하지 않을 때 적용된다.

(2) Solid ankle BKO의 여러 가지 형태 (그림 5).

① Plastic AFO with posterior lateral corrugation (그림 5-①).

② Plastic AFO with posterior solid ankle (그림 5-②).

③ Plastic AFO with flange (그림 5-③).

④ Thermosetting 방법으로 제작된 solid ankle plastic AFO (그림 5-④).

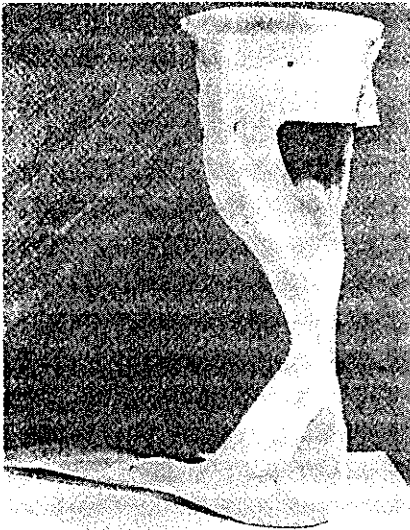


그림 5-①



그림 5-②

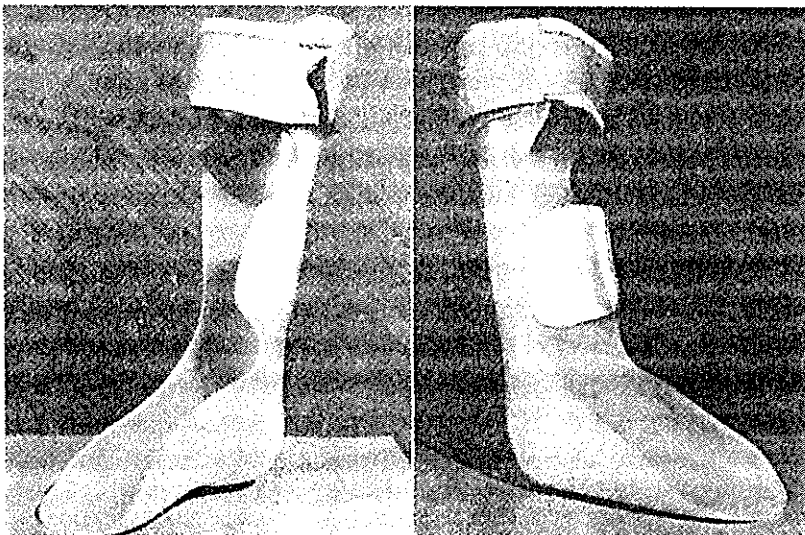


그림 5-③

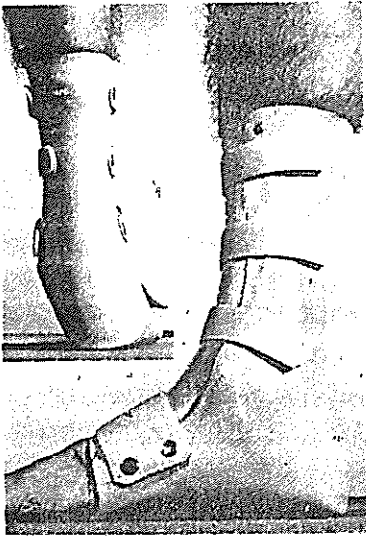


그림 5-④. Solid AFO or rigid AFO

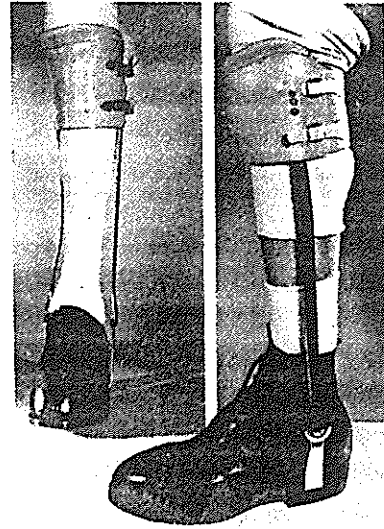


그림 6. PTB type AFO

5) Patella tendon bearing orthosis

이 보조기는 금속으로 제작된 보조기(AFO, short leg brace)의 calf band 대신에 플라스틱으로 제작된 PTB type brim을 사용하여 경골 중앙과 하방 그리고 발에 체중부하를 감소시키기 위한 목적으로 사용된다(그림 6).

PTB type의 brim은 PTB 의수족의 socket 과 비슷하게 생겼으며 체중부하는 보조기의 patella tendon, popliteal area, tibial flare에서 받쳐줌으로 어느정도 감소되며 일부는 엠틀라이트에 의하여 구두쪽으로 내려가게 되어 있기 때문에 족관절이나 하퇴에 내려 받는 힘을 감소시킬 수 있다.

이것은 하퇴나 족관절에 동통이 심한 환자를 보호하려 할 때 주로 많이 사용된다.

6) Supracondylar knee orthosis(SK orthosis)

SK orthosis는 반장슬(genu recurvatum)이나 외반슬(genu valgum) 또는 내반슬(genu varum)을 교정하기 위하여 고안된 슬관절 보조기(knee orthosis)이다(그림 7).

SK orthosis를 포함한 어떠한 보조기로도 무릎의 기형상태를 정상상태인 일직선상으로 만들 수 있다는 기대는 할 수 없으나 계속 진행되는 기형은 방지할 수 있고 SK orthosis를 착용함으로써 어느 정도의 슬관절에 대한 기형을 교정할 수 있다는 것을 인식해야 할 것이다. 특히 외반슬은 더욱 잘 조절 할 수 있다. 왜냐하면 보조기에 힘을 받는 부위는 압력에 잘 견딜 수 있으며 연부조직이 적은 부위이기 때문에 골격을 직선상으로 하려는 보조기의 효과가 내반슬에서 보다는 더욱 크게 작용하기 때문이다. SK orthosis는 무릎의 내외측을 완전히 둘러싼 플라스틱으로 되어 있고 슬개골의 상연에서 약 4cm위까지 덮여있다. 반장슬(genu recurvatum)을 조절하기 위한 반대압력은 슬괘부(popliteal area)에 가해진다. 보행할 때 유각기(swing phase)에

서 무릎을 구부릴 때나 앉을 때는 슬관절운동에 제한을 받지 않는다.

Conventional knee cage와 비교해 볼 때 SK orthosis는 보조기 슬관절이나 옆라이트가 없기 때문에 아주 가볍다(약 8온스). 또한 미관상 좋고 플라스틱의 색상도 피부색에 맞출 수도 있어서 좋으며 신체의 외형에 완전히 밀착되어 있어서 매달려 있어도 별로 부담이 없으며 별도로 보조기를 매달아야 하는 장치도 필요없기 때문에 아주 편하다. 다만 앉았을 때 앞쪽이 약간 두드러져 나오는 것이 흠이긴 하지만 환자가 불편해 할 정도는 아니다.

7) Supracondylar knee ankle orthosis(SKA orthosis)

SKA orthosis(그림 8-③)는 슬관절 신전근(knee extensor)이 약하거나 족관절 배측굴곡근(ankle dorsiflexor)이 약할 때 사용된다.

이 보조기의 처방기준은 hip extensor의 근력이 "G"에서 "N"정도가 되어야 하며 고관절(hip)과 슬관절(knee)의 굴곡구축(flexion contracture)이 없어야 한다. 또한 경련(spasticity)이 아주 약하거나 전혀 없어야 한다.

SKA orthosis는 보조기에 속하지만 의수족을 제작하는 기술이 이용된다. 이것은 PTS prosthesis(Protesi Tibialis Supracondylar)와 SK orthosis를 합하여 고안된 것이며 AK prosthesis에서 사용되는 alignment의 원리를 이용하였다. 이 보조기를 제작할 때는 구두를 신을 것을 예상하여 ankle과 foot을 약간 equinus 자세로 하여 본뜬 하퇴의 석고 모양에서 열경화성 플라스틱으로 laminate하여 제작한다. 그러나 이 equinus 자세는 stance phase에서 과도한 슬관절 신전(extension knee)을 야기시켜 반장술(genu recurvatum)이 될 수 있기 때문에 반드시 이

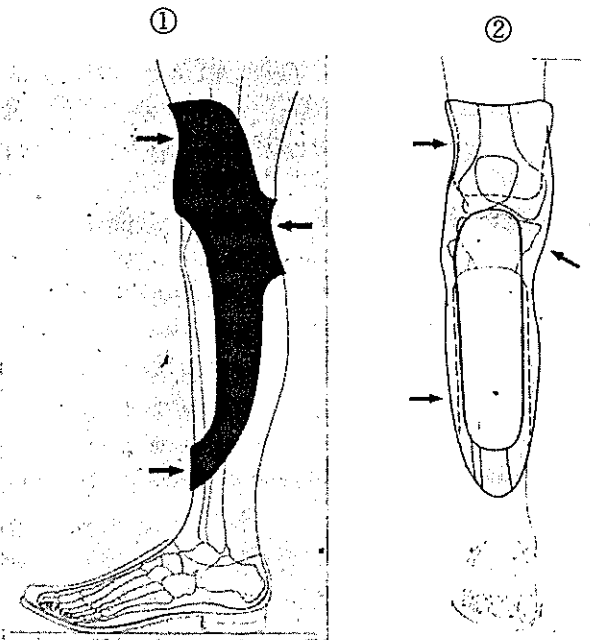


그림 7. Supracondylar knee orthosis

- ① Genu recurvatum을 방지하기 위한 역학적 도해
- ② Genu valgum을 방지하기 위한 역학적 도해

그림 8. SKA orthosis의 착용상태.

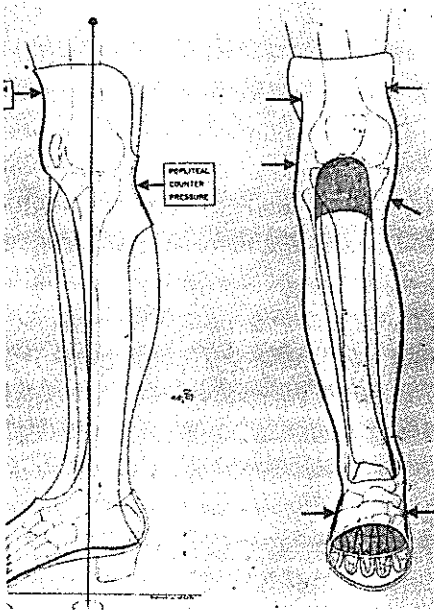


그림 9. SKA orthosis의 기능적 도해

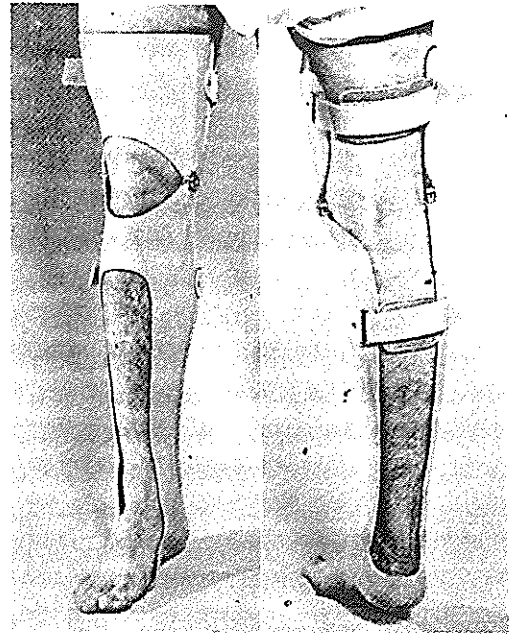


그림 10. KAFO with knee joint

와 같은 자세를 취하여 제작할 필요는 없다.

SKA orthosis도 SK orthosis와 마찬가지로 반장술은 무릎위와 하퇴부위 그리고 그에 반하여 작용하는 슬괱부의 힘에 의해서 조절할 수 있으며 무릎의 내외측 안정성도 supracondylar extension에 의해서 확실히 되며 genu varum이나 genu valgum도 조절할 수 있다(그림 9).

SKA orthosis는 보조기의 관절이 없기 때문에 보행시 유각기(swing phase)에서 자유롭게 움직일 수 있고 정상보행에 더욱 가깝게 걸을 수 있다. 또한 보조기의 무게가 가벼워 에너지 소모를 줄일 수 있고 따라서 환자의 피로감도 감소시킬 수 있다. 플라스틱을 피부와 같은 느낌이 들도록 피부색깔로 할 수 있고 구두도 마음대로 바꾸어 신을 수 있어서 좋고 무엇보다도 편안해서 좋다.

SKA orthosis에 metal knee joint를 부착시켜 좀더 확실히 슬관절과 족관절을 보호하려고 제작된 것도 있다(그림 10).

8) Plastic laminated above knee orthosis

이 보조기는 금속 보조기와 플라스틱 보조기의 장점을 최대한 살린 보조기로서 금속 보조기의 upright, stirrup, mechanical ankle and knee joint에다가 플라스틱을 입혀서 제작한 것이다(제작방법 참조).

이것은 하반신마비 환자의 양쪽 다리에 주로 적용되지만 metal AKO(long leg brace)에서 적용되는 모든 질병에 적용될 수 있다.

Metal AKO보다는 신체에 완전히 밀착되어 잘 맞고 미관상 보기 좋고 무게를 줄여 가볍고 좋으나 제작이 어렵고 가격이 비싸게 드는 단점이 있다.

무릎을 안정시키기 위한 pretibial shell의 생역학적인 원리는 재래식으로 사용되어온 밴드나 스트랩보다 훨씬 효과적이므로 내외측 안정성(mediolateral stability)을 좀더 견고히 조절할 수 있다. 보조기의 대퇴후면은 무릎의 내외측 및 전후방의 안정성을 조절해주며 반장술을 방지해 준다. 보조기 대퇴의 상부는 quadrilateral 모양으로 되어있어서 편하게 맞게 되어 있다.

환자의 다리에 체중부하를 덜어주려면 ischial weight bearing device를 설치한다. Hip의 rotation에 대한 조절이 필요하면 silesian belt가 필요하게 된다. 발은 foot plate로 되어 있어서 실내와 실외를 자유롭게 다닐 수 있고 구두도 마음대로 바꾸어 신을 수 있다.

(1) Plastic laminated AKO의 제작과정(그림 11)

- ① 환자의 다리에서 떼어낸 negative cast의 슬관절과 족관절의 축을 맞춘 다음 각 관절에 구멍을 뚫고 원통형 파이프를 끼운다(그림 11-①).
- ② 파이프를 끼운 negative cast 속에 철심을 넣는다(그림 11-②).
- ③ 석고를 물에 개어 negative cast 안에 붓는다(그림 11-③).
- ④ 다듬기와 수정을 끝낸 positive cast(그림 11-④).
- ⑤ Positive cast의 슬관절과 족관절에 medial upright를 맞추어 넣는다. 슬관절과 족관절의 축이 일직선상에 있지 않다는 것을 보여준다(그림 11-⑤).
- ⑥ Positive cast를 거꾸로 세우고 upright, stirrup, mechanical knee and ankle joint를 조립한다(그림 11-⑥).
- ⑦ 석고와 metal upright사이를 천으로 메꾼다(그림 11-⑦).
- ⑧ 나일론 또는 대크론 섬유를 덧대고 긴양말(stockinet)을 씌운다(그림 11-⑧).
- ⑨ PVA(polyvinyl alcohol)를 다림질하여 원추형으로 만든다(그림 11-⑨).
- ⑩ Cast위에 완전히 밀착되도록 씌운다(그림 11-⑩).

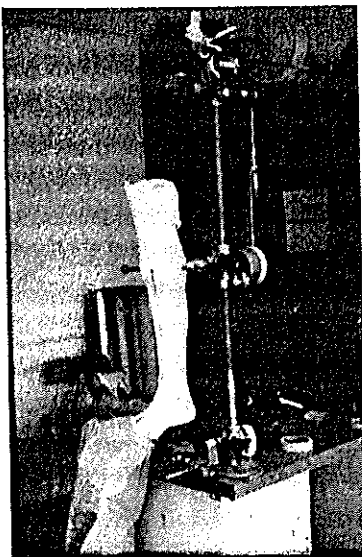


그림 11-①.



그림 11-②.



그림 11-③.

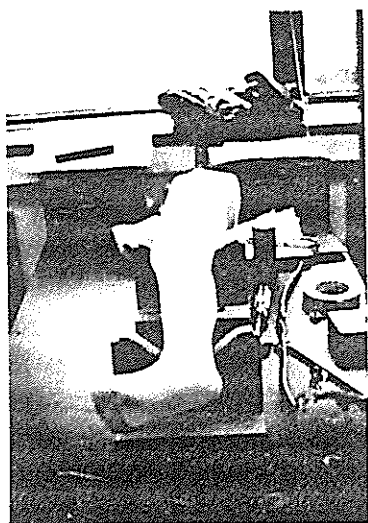


그림 11-④.



그림 11-⑤.



그림 11-⑥.

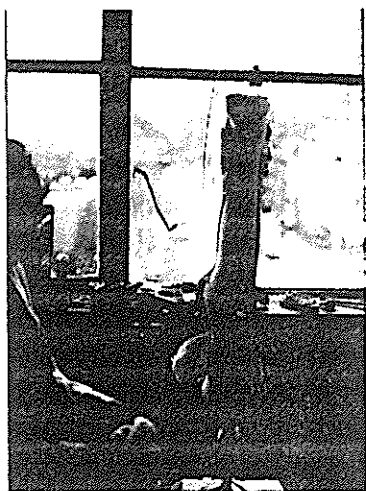


그림 11-⑦.

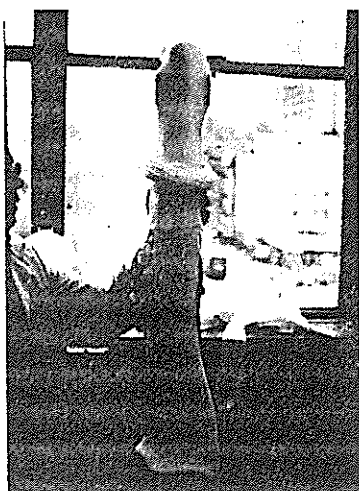


그림 11-⑧.



그림 11-⑨.

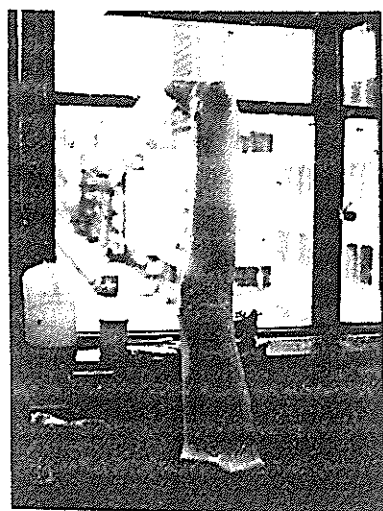


그림 11-⑩.



(그림 11-⑪).

- ⑪ 에폭시수지와 촉매제를 섞어 중합시킨다. 이때 상당한 열이 발생한다(그림 11-⑪).
- ⑫ 갈때기를 통하여 에폭시 수지와 촉매제를 섞은 플라스틱 원료를 위에서 부터 내리붓는다. 석고에 박은 철심을 통하여 에어펌프로 공기를 빨아들여 화학섬유와 비닐을 석고다리에 밀착시킨다(그림 11-⑫).
- ⑬ 흘러내리는 수지를 천에 흡수가 잘 되게 밑으로 곱게 밀어내린다(그림 11-⑬).
- ⑭ 석고에 완전히 밀착된 상태로 굳은 플라스틱(검은줄을 절개할 부분) (그림 11-⑭).
- ⑮ 캐스트 카터로 절개한다(그림 11-⑮).
- ⑯ 완성된 plastic laminated AFO(그림 11-⑯).

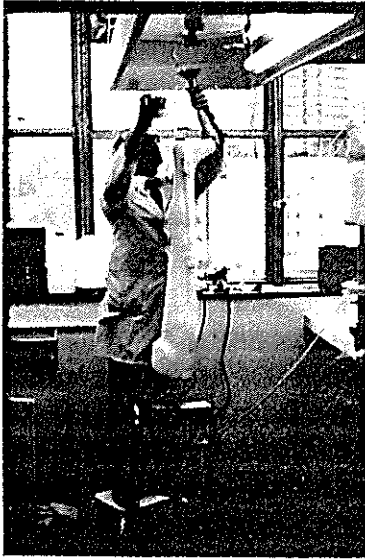


그림 11-⑫.

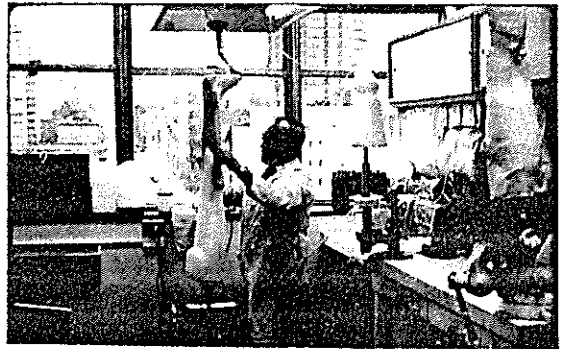


그림 11-⑬.



그림 11-⑯.

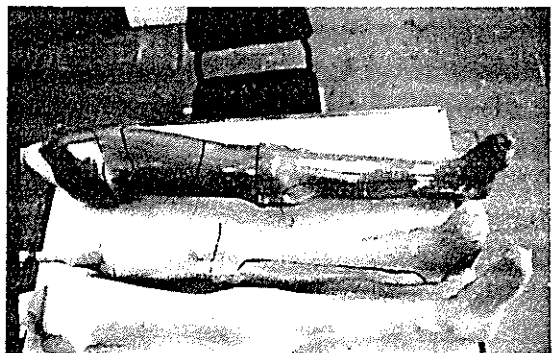


그림 11-⑭.



그림 11-⑮.

결 론

플라스틱을 이용한 하지 보조기는 가볍고 미관상 보기 좋고 실내외를 불편없이 드나들 수 있으며 인체에 꼭 맞게 제작할 수 있기 때문에 기능상 편리한 장점이 있으나 반면 제작상의 난점과 가격이 비싸다는 단점도 있다. 그러나 금속보조기보다도 여러가지 장점이 있기 때문에 앞으로 플라스틱 보조기의 선호도가 높아지리라 믿는다. 아직 국내에서는 다양한 플라스틱 보조기를 전문적으로 제작하는 곳은 없으나 몇몇 보조기 제작소에서는 폴리플로필렌으로 제작된 AFO를 만들고 있으며 임상에서도 많이 적용하고 있는 중이다. 앞으로 좀더 이 분야에 관심을 갖고 활발히 연구가 되어야 할 것으로 믿으며 정확한 의사의 처방과 훌륭한 보조기 제작기술자와 철저한 치료사의 훈련으로 장애자의 재활을 하는데 있어 팀워크를 이루어 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 학원사편집부: 原色世界百科大事典, pp.421 ~ 424 학원사, 1974.
2. American Academy of Orthopedic Surgeons: Atlas of Orthotics. 2nd Ed, p 24-26, 229-300, The C.V. Mosby Co, ST Louis, 1985.
3. American Academy of Orthopedic Surgeons: Atlas of Orthotics. 1st Ed, p 22-23, 226, The C.V. Mosby Co, ST Louis, 1974.
4. Lehneis HR, Bergofsky E, Frisina W: Energy Expenditure with Advanced Lower Limb Orthoses and with Conventional Braces. Arch Phys Med Rehabil Vol.57, p 20-24, Jan 1976.
5. Leheneis HR: Plastic Spiral Ankle Foot Orthoses. Orthotic & Prosthetics Vol.28, No. 2, p 3-13, June, 1974.
6. Lehneis HR: Swedish Knee Cage Artificial Limbs Vol.12, No.2, p 54-57, Autumn, 1968.
7. Sarno JE, Lehneis HR: Precription Considerations for Plastic Below-Knee Orthoses, Arch Phys Med Rehabil Vol.52, p 503-509, Nov 1971.