한국의지 · 보조기학회지 : 제 17 권 제 1 호 2023

발 보조기의 이해

양산부산대학교병원 재활의학과

여 승 미

Understanding of Foot Orthoses

Seung Mi Yeo, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Yangsan Hospital, Pusan National University School of Medicine

It is well known that conservative treatment using a foot orthosis is effective for foot pain or deformities that do not require surgery. However, there is no podiatrist system in Korea, so the concept of foot orthosis is unfamiliar, and the reality is that not many people know the difference between an insole and a custom-made foot orthosis. In order to use a custom-made foot orthosis as a type of treatment in the clinic, it is essential to know the purpose, material, composition, and prescription of the orthosis. In addition to prescribing and wearing an appropriate foot orthosis, it is important to maximize the effect of treatment by selecting appropriate footwear, stretching the achilles tendon, and strengthening the intrinsic muscles of the foot. **(J Korean Soc Prosthet Orthot 2023; 17: 1-5)**

Key Words: Orthotic devices, Foot orthoses

서 론

발 보조기(foot orthoses)는 2017년 Kirby의 정의에 따르면 “보다 정상적인 발과 하지의 기능을 허용하고 체중을 지탱하는 동안 발과 하지의 구조에 병적 하중을 감소시키기 위해 발의 발바닥 쪽에서 반력(reaction force)의 크기와 시간적 패턴을 변경하도록 설계된 신발내 의료 장치”를 말한다.[1] 발 보조기는 안창, 깔창으로도 불리고 있으며 신발과 발 사이에 위치시켜 충격의 흡수와 체중의 분산, 압력의 재분배 및 발 변형을 교정하는 것이 중요한 목적이다. 통증이 있거나 불안정한 관절의 운동을 제한시키거나, 통증 부위에 대한 압력을 분산 혹은 감소시켜서 통증을 완화시킬 수도 있고,[2] 발의 변형이 있을 경우 하지, 후족부, 중족부 및 전족부의 배열 상태를 조절하여 비정상적인 체중 부하 패턴을 개선할 수도 있다. 이러한 발 보조기의 임상적 이용을 위해서 본 논문에서는 발 보조기의 역사, 발 보조기의 종류, 발 보조기의 목적에 대한 이론, 발 보조기의 재료, 발 보조기의 제작 과정, 발 보조기의 처방에 대해 간략히 정리하고자 한다.

접수일: 2023년 3월 27일, 수정일: 2023년 4월 6일,
게재승인일: 2023년 4월 28일
교신저자: 여승미, 경남 양산시 물금읍 금오로 20
㉾ 50612, 양산부산대학교병원 재활의학과
Tel: 055-360-4104, Fax: 055-360-1035
E-mail: seungmi7@gmail.com

본 론

1) 발 보조기의 역사

발 보조기는 발과 하지의 병리를 치료하기 위해 약 200년 동안 의료계에서 사용되어오고 있다. 1781년 독일 의사 Petrus Camper는 처음으로 평발 변형이 있는 아동들의 신발에 내측 아치를 지지하는 보조기를 삽입하는 치료와 발 변형에 대한 내용을 담은 책을 집필하였다. 1845년 영국 족부 전문의인 Lewis Durlacher는 족부의 압력 병변과 발의 불균형을 교정하기 위한 가죽으로 된 발 보조기를 개발하였다. 1874년 영국 외과의사 Hugh Owen Thomas는 족부 질환에 가죽으로 된 신발 안창을 사용하는 방법을 기술하였다. 신발 힐의 내측 부위를 연장한 Thomas heel은 오늘날에도 그 자체로 또는 소아 평발 변형의 치료를 위해 아치 지지와 함께 사용되고 있다. 1888년 정형외과 의사인 Royal Whitman은 평발 변형에 대한 병리 생체역학을 자세히 설명한 최초의 사람 중 하나였다.[3] 그는 평발 환아의 내측 측면에 flange가 주상골 부위를 강하게 눌러 회내를 조절하게 되며, 최초로 널리 수용된 발의 보존적 치료 방식이었다. 20세기 초, Dudley Morton은 발의 많은 기계적인 문제가 제1중족골의 단축과 과운동성으로 인한 것이라고 제안하고 이를 치료하기 위해 제1중족골을 연장하는 발 보조기를 만들었다.[4] 1920년대에 족부 전문의 Otto F. Schuster는 다소 넓고 깊은 내번 힐컵이 있는 금속 보조기를 제작하였고, 소아 평발의

발뒤꿈치에 충분한 회외 모멘트를 만들어 내측 아치의 편안함을 개선하고 회내 제어를 개선하였다. 1956년 정형외과 의사인 Arthur J. Helfet은 소아 평발 변형을 위해 Helfet 힐 시트를 특별히 설계했다. 이 플라스틱 장치는 중족골 관절 수준까지의 길이이며, 매우 높은 내측 및 외측 힐 컵을 가졌다. Helfet 힐 시트는 뒤꿈치가 닿는 순간 내번되도록 설계되어 뒤꿈치 외전을 방지한다. Helfet은 체중 부하 활동 중에 내측 아치 근육이 적절하게 강화될 수 있다는 이론으로 상대적으로 짧은 힐 시트를 개발했다.[5] 1958년에 캘리포니아 족부 전문의인 Merton Root는 이전의 많은 보조기 디자인보다 다소 낮은 내측 아치를 만들었다.[6] Root는 높은 내측 아치 지지가 필요하지 않다고 느꼈고 거골하 관절을 중립 위치에 두고 “후족부 및 전족부 기형”에 대한 “보상”을 방지하는 것을 목표로 보조기를 설계했다.[7] 1967년 W. H. Henderson과 J. W. Campbell은 University of California Biomechanics Laboratory에서 근무하면서 특징적인 모양의 얇은 플라스틱 아치 지지대인 U.C.B.L.을 개발했다. U.C.B.L.은 높은 힐컵과 내측과 외측의 flange로 구성된 보조기이고, 소아 평발 교정에 널리 사용되었다. 1982년 Richard Blake는 깊은 힐 컵, 평평한 뒷발 기둥 및 발바닥 근막 조절 기능이 있는 고도로 내번된 보조기인 Blake Inverted Orthosis를 개발하여 회내 관련 증상을 치료했다.[8,9] 또한 1992년에 Kirby는 후경골건 기능 장애와 같은 과도한 거골하관절의 회내 모멘트로 인한 증상이 있는 환자를 더 잘 치료하기 위해 보조기 발뒤꿈치 컵 내에 다양한 내반 윤곽을 추가할 수 있는 내측 발뒤꿈치 스카이브 기술을 도입했다.[10] 위와 같이 발 보조기는 발과 하지의 기계적인 효과를 생성하기 위해 지속적으로 수정되며 발전해왔다.

2) 발 보조기의 종류

(1) 목적에 따른 분류: 기능성 발 보조기(functional or corrective foot orthosis)는 생체역학적 기전을 이용하여 발의 변형을 수정하고, 발의 안정성을 증가시키는 목적의 보조기로, 비교적 단단한 재질을 사용하여 충격 흡수는 적은 특성이 있다. 주로 유연성 평발, 다리 길이 차이 환자, 고정되지 않은 발 변형 환자 등에게 사용된다.

수용성 발 보조기(accommodative foot orthosis)는 충격을 흡수하고, 체중과 압력을 분산시키고, 통증을 경감시키기 위한 보조기로 발 변형의 교정이 목적이 아니다. 부드러운 재질로 제작되며, 주로 심한 관절염 환자, 당뇨발 궤양, 샤르코과절 환자 등에게 사용된다.

(2) 재질의 따른 분류: 발 보조기 재질의 강도에 따라 soft, semi-rigid, rigid foot orthosis로 나누어진다. Soft 발 보조기는 충격 흡수가 탁월하고 환자의 순응도가 좋으나, 잘 마모가 되고 발 변형을 교정시키는 힘은 없는 단점이 있다. Semi-rigid, rigid 발 보조기는 발 변형의 교정을 목적으로 한 단단한 보조기이며, 충격 흡수가 적고 환자의 순응도는 적으나 마모가 덜 되는 장점이 있다.

(3) 제작 방법에 따른 분류: Custom-made 발 보조기는 환자의 발을 직접 캐스팅하여 만든 개인 맞춤 보조기이고, Prefabricated 발 보조기(over the count)는 여러 가지 크기로 필요에 맞게 대량생산하여 미리 만들어 둔 보조기이다. Customized 발 보조기는 기존에 만들어진 보조기를 기본으로 하여, 개인의 특성에 맞게 수정해서 만드는 것으로 custom-made 발 보조기와는 구별되어야 한다.

3) 발 보조기의 목적에 대한 이론

(1) 거골하관절 중립 이론(Subtalar Joint Neutral Theory)[11]: Root와 그의 동료들이 주장한 이론으로, 그들은 정상적인 발의 기능을 위해서는 거골하관절이 중립 위치에 있어야 한다고 하였으며, 발 보조기가 거골하관절이 원하는 중립 위치에서 기능하도록 하고, 발 및 하지 기형에 대해 “보상”하지 않도록 해야 치료적인 효과가 있다고 하였다. 실제 이 이론을 기반하여 체중이 부하되지 않고, 거골하관절 중립 위치가 유지된 상태에서 발 본을 떠서 발 보조기를 제작한다.

(2) 조직 스트레스 이론(Tissue Stress Theory)[12]: 이 이론은 1992년 발 의학 문헌에서 처음 등장했으며 기계적인 치료를 시도할 때 발과 하지의 변형보다 손상된 조직에 대한 병리학적 스트레스에 더 많은 중요성을 두는 이론이다. 조직 스트레스 이론을 이용한 발 보조기는 손상된 조직이 스트레스-변형 곡선의 탄성 영역 내에서 기능을 재개하여 추가 조직 손상의 위험을 줄이고 신속한 조직 치유가 발생할 수 있게 한다. 조직 스트레스 이론을 사용한 처방 발 보조기 치료의 세 가지 목표는 발과 하지의 손상된 구조에 병적 하중의 감소, 전반적인 보행 기능의 최적화, 다른 병적 상황의 발생을 방지하는 것이다.

4) 발 보조기의 재료

기능성(교정) 발 보조기의 경우 근골격 구조의 정렬을 변화시켜 발의 위치를 적절하게 하는 것이 목적이므로 rigid나 semi-rigid 재질을 사용하여야 한다. Rigid 재질의 대표적인 것은 thermoplastics (acrylic plastics, high density polypropylene), carbon graphite가 있다. Semi-rigid 재질의 대표적인 것은 polypropylene (low density), polyethylene, cork 등이 있다. 수용성 발 보조기는 충격을 흡수하는 것이 주목적이므로 soft 재질을 사용하여야 한다. Soft 재질의 대표적인 것은 polyurethane foam (poron), EVA (ethylene vinyl acetate), closed cell polyethylene (plastazote, pelite, aliplast), PPT 등이 있다(Fig. 1).[13]

5) 발 보조기의 구성

발 보조기는 기본적인 구성요소가 쉘, 포스트, 전족부 연장, 커버로 되어있다(Fig. 2). 직접적으로 발과 접촉하는 부위는 커버이고, 이는 발이 쉘 위에서 미끄러지지 않으면서

도 쿠션을 받도록 부착된다. 전족부 연장 또한 커버와 같이 미끄러지지 않도록 하는 것이 목적이다. 포스트는 안쪽과 바깥쪽 타입이 있고, 신발 안에 발 보조기가 안정적으로 위치하도록 한다. 추가적인 special addition으로 주상골 지지(medial flange), lateral flange, 힐리프트, 힐패드, 중족골 패드 등이 추가될 수 있다.

6) 발 보조기의 제작 과정(rigid plastic 발 보조기)

(1) 음각 캐스트(negative cast): 엎드린 자세에서 석고 붕대로 본을 뜨는 방법이 있고, 체중 부하 상태에서 foam box에 족형을 찍어 본을 뜨는 방법이 있다. 엎드린 자세에서 본을 뜨는 경우 거골하관절 중립 상태에서 4번째, 5번째 중족골을 손가락으로 받쳐주면서 석고가 굳는 것을 기다린다.

(2) 양각 캐스트(positive cast): 석고 붕대 틀이나 foam box로 만들어진 negative cast에 석고물을 부어 건조 후 족형을 제작한다.

(3) 양각 캐스트에 교정 각도 적용: Positive cast의 아치를 처방된 각도만큼 높이는 작업이 필요하다. 체중 부하를 하지 않은 상태에서 본을 뜬 경우에는 resting calcaneal stance position 각도의 5배를 곱하여 교정 각도를 정하고, 체중 부하를 한 상태에서 본을 뜬 경우에는 3배를 곱하여 교정 각도를 정한다. 1st 중족골두에 못을 박은 후, 그 높이를 조절해 바닥과의 각도가 처방된 내번 각도에 도달하도록 한다. 석고를 부어 전방 플랫폼을 만든다. 1st～5th 중족골두들의 아래 부분 전체를 석고로 채우고, 굳고 나서는 석고를 정리하고 다듬는다. 그리고 전방 플랫폼과 내측 아치를 따라서 석고를 채운다.

(4) 수정된 양각 캐스트를 이용한 shell 제작(polypropylene): 열로 녹인 polypropylene을 수정한 positive cast 위에 얹고, 음압을 걸어서 압축시킨다. 이렇게 성형된 polypropylene을 굳힌 후 컷팅을 한다.

(5) 후족부 포스팅, 내측 힐 스카이브(medial heel skive): 후족부의 포트팅은 제작자 혹은 처방의의 선택에 따라 내측이 높을 수도 있고, 높이가 같을 수도 있다. 재질은 EVA 혹은 cork 등을 사용한다. 교정이 부족할 경우 뒤꿈치 내측에 내측 힐 스카이브를 삽입할 수도 있다.

(6) 전족부 연장 및 커버 부착: 쉘 위에 원하는 재질로 전족부를 연장하고 커버를 붙인다. 또한 주상골 서포트 등의 special addition을 추가할 수 있다.

7) 발 보조기의 제작 과정(total contact inserts)

당뇨발이나 류마티스 관절염에 의한 족부 문제의 경우 total contact inserts를 처방한다. 이 경우 위의 rigid plastic 발 보조기와 달리 주로 foam box에 체중 부하를 해서 족형을 뜨고, 석고본의 변형없이 직접 여러 겹의 재질을 덧대어 본드 작업 후, 압축 및 그라인딩 작업을 거친다. 주로 3겹의 다른 재질을 합쳐 발 보조기를 만들게 되는데, 가장 위쪽엔 부드럽고 shearing을 줄여주는 재질인 plastazote를 많이 사용하고, 중간 층에는 충격 흡수를 잘 하는 poron을 많이 사용한다. 가장 아래 층에는 후족부에는 포스팅을 위해 cork나 더 밀도가 높은 polyethylene foam을 사용하고, 전족부에는 low density EVA를 사용한다.

8) 발 보조기의 처방

적절한 발 보조기를 처방하기 위해서는 환자의 상태를 정확하게 이해하는 것이 필요하다. 진단명과 발생 원인에 대해 파악한 후, 발과 하지에 대한 생체역학적 상태를 평가하여야 한다. 생체역학적 상태는 정적인 상태와 동적인 상태에서 모두 평가하는 것이 필요하다. 또한 발 보조기의 종류, 재료, 두께, 양형 석고본의 수정 정도, 힐컵의 깊이, 너비, cast fill 정도, 후족부 포스팅, 전족부 연장, special addition 등에 대해 모두 자세히 처방하여야 한다(Fig. 3).

생체역학적 상태를 평가하기 위한 신체진찰로는 발목 및 거골하 관절가동범위, 후족부와 대비한 전족부 위치의 평가, 1st ray 움직임 및 위치 평가, 1st 중족지 관절가동범위, resting calcaneal stance position 각도, block 테스트, 기능적 검사 등이 있다. 이에 추가하여 정적 족저압검사를 통해 특정 부위의 압력 부하 상태를 알 수 있고, 동적 족저압검사나 보행검사를 통해 보행선 및 동반한 다른 하지 관절의 움직임까지 파악할 수 있다. 또한 일반방사선검사를 통해 뼈 정렬을 확인할 수 있다.

발 보조기를 처방할 때 가장 먼저 목적을 정하여야 한다. 발의 변형 교정 및 기능을 증진시키고자 한다면, rigid 또는 semi-rigid 재질로 보조기를 처방하여야 하며 거골하관절 중립을 위해서 체중을 부하하지 않은 상태에서 본을 떠야 한

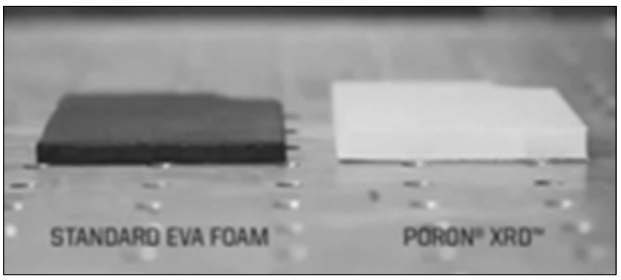


Fig. 1. Among soft materials, EVA and Poron.

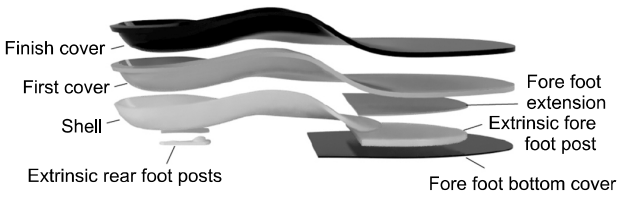
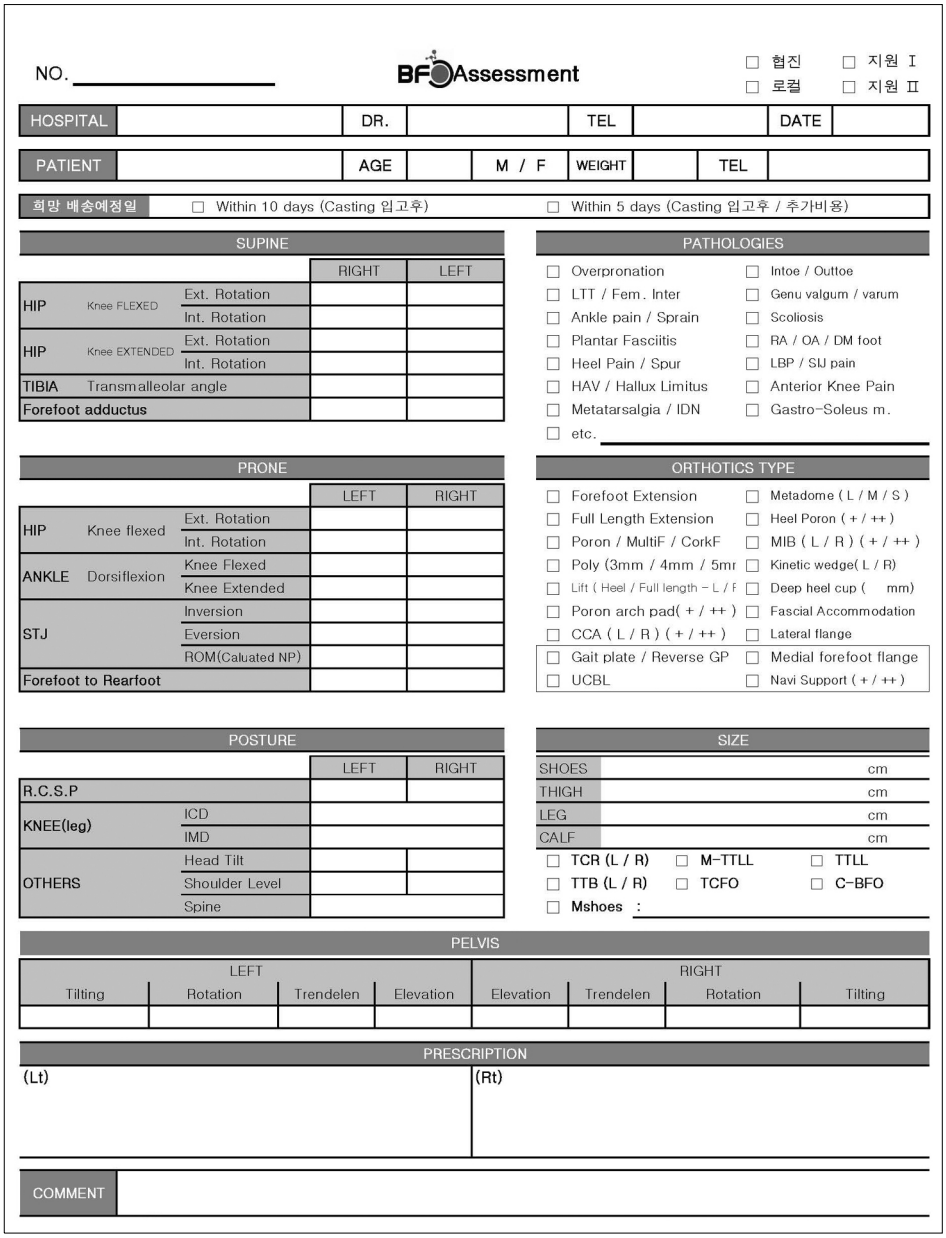


Fig. 2. Composition of foot orthosis (https://accesschiropractic.net/services/custom-foot-orthotics/).



NO. _____ BFO Assessment ☐ 협진 ☐ 지원 I ☐ 로컬 ☐ 지원 II

HOSPITAL		DR.		TEL		DATE	
PATIENT		AGE		M / F	WEIGHT		TEL

희망 배송예정일 ☐ Within 10 days (Casting 입고후) ☐ Within 5 days (Casting 입고후 / 추가비용)

SUPINE

			RIGHT	LEFT
HIP	Knee FLEXED	Ext. Rotation		
		Int. Rotation		
HIP	Knee EXTENDED	Ext. Rotation		
		Int. Rotation		
TIBIA	Transmalleolar angle			
Forefoot adductus				

PATHOLOGIES

☐ Overpronation ☐ Intoe / Outtoe
☐ LTT / Fem. Inter ☐ Genu valgum / varum
☐ Ankle pain / Sprain ☐ Scoliosis
☐ Plantar Fasciitis ☐ RA / OA / DM foot
☐ Heel Pain / Spur ☐ LBP / SIJ pain
☐ HAV / Hallux Limitus ☐ Anterior Knee Pain
☐ Metatarsalgia / IDN ☐ Gastro-Soleus m.
☐ etc. _____

PRONE

			LEFT	RIGHT
HIP	Knee flexed	Ext. Rotation		
		Int. Rotation		
ANKLE	Dorsiflexion	Knee Flexed		
		Knee Extended		
STJ		Inversion		
		Eversion		
		ROM(Caluated NP)		
Forefoot to Rearfoot				

ORTHOTICS TYPE

☐ Forefoot Extension ☐ Metadome (L / M / S)
☐ Full Length Extension ☐ Heel Poron (+ / ++)
☐ Poron / MultiF / CorkF ☐ MIB (L / R) (+ / ++)
☐ Poly (3mm / 4mm / 5mr ☐ Kinetic wedge(L / R)
☐ Lift (Heel / Full length – L / F ☐ Deep heel cup (mm)
☐ Poron arch pad(+ / ++) ☐ Fascial Accommodation
☐ CCA (L / R) (+ / ++) ☐ Lateral flange
☐ Gait plate / Reverse GP ☐ Medial forefoot flange
☐ UCBL ☐ Navi Support (+ / ++)

POSTURE

		LEFT	RIGHT
R.C.S.P			
KNEE(leg)	ICD		
	IMD		
OTHERS	Head Tilt		
	Shoulder Level		
	Spine		

SIZE

SHOES		cm
THIGH		cm
LEG		cm
CALF		cm

☐ TCR (L / R) ☐ M-TTLL ☐ TTLL
☐ TTB (L / R) ☐ TCFO ☐ C-BFO
☐ Mshoes :

PELVIS

LEFT				RIGHT			
Tilting	Rotation	Trendelen	Elevation	Elevation	Trendelen	Rotation	Tilting

PRESCRIPTION

(Lt)	(Rt)

COMMENT

Fig. 3. Sample foot orthosis prescription form (Copyright Biomechanics, Inc. All rights reserved.).

다. 특히 유연성 평발이면서 resting calcaneal stance position이 5도 이상인 중등도 이상의 평발에서는 rigid 재질을 사용하는 것이 좋다. 보조기의 목적이 통증 완화라면, soft 재질로 처방하여야 하며 체중을 부하한 상태에서 본을 뜨는 것도 가능하다.

여러 질환이 있지만, 그 중에서 편평족, 즉 발의 과회내(over pronation)가 있을 경우를 살펴보자. 소아의 유연성 편평족의 경우 통증이 있거나 유전성으로 평발의 호전을 기대할 수 없을 때, 평발로 골반의 비대칭과 척추 측만이 발견될 때에는 발 보조기를 처방하는 것이 필요하다. 발 변형의 교정이 목적이므로 기능성 발 보조기로 내측 아치를 지지해야 하고, 교정 각도를 정하는 것이 중요하다. Dr. Blake의 내번 발 보조기 테크닉[14]에서는 resting calcaneal stance position 각도의 5배를 곱하여 교정 각도를 정한다. 각도를 측정하지 않을 경우 회내가 경미하면 15도, 회내가 중등도일 경우 25도, 회내가 심할 경우 35도로 내번 각도를 정하기도 한다. 내번 발 보조기가 안정적이기 위해서는 깊은 힐컵, 회내력을 견디기 위한 적절한 발 보조기 두께, 후족부 포스팅의 안정성, 충분한 너비의 발 보조기 등이 필요하다. 또한 필요시 발 보조기 외측 구획 아랫면에 서포트를 대거나 웨지를 추가하거나, 내측 힐컵이나 포스팅을 낮추는 등의 외측 구획의 안정화도 해주어야 한다. 성인의 경우 과회내로 족저근막염, 중족골통, 무지외반증, 지간신경종, 후경골건부전 등이 발생할 수 있다. 성인의 경우 소아만큼 내측 아치의

내번 각도를 높이지는 않는 경우가 많으며, 1st 중족골의 배측 굴곡을 줄이기 위해서 해당 부위의 cover에는 poron 등의 부드러운 재질로 제작한다.

이러한 발 변형이나 통증에서 적절한 발 보조기의 처방과 착용이 매우 중요하지만, 이와 함께 적절한 신발 선택과 아킬레스건의 스트레칭 및 족부 내재근 강화 등의 운동을 병행하는 것이 치료의 효과를 극대화시키는 데 중요하다.

REFERENCES

1. Kirby KA. Evolution of foot orthoses in sports. In: Athletic footwear and orthoses in sports medicine: Springer; 2017. p.19-40.
2. Walter JH, Ng G, Stoltz JJ. A patient satisfaction survey on prescription custom-molded foot orthoses. Journal of the American Podiatric Medical Association 2004;94: 363-367.
3. Whitman R. Observations on forty-five cases of flat-foot with particular reference to etiology and treatment. Clin Orthop Relat Res 1970;70:4-9.
4. Morton D. The Human Foot: It's Evolution. Physiology and Functional Disorders 1935.
5. Helfet A. A new way of treating flat feet in children. The Lancet 1956;267:262-264.
6. Root M. How was the Root functional orthotic developed. Podiatry Arts Lab Newsletter 1981.
7. Root M. Development of the functional orthosis. Clinics in podiatric medicine and surgery 1994;11:183-210.
8. Blake R. Inverted functional orthosis. Journal of the American Podiatric Medical Association 1986;76:275-276.
9. Blake R, Ferguson H. The inverted orthotic technique: Its role in clinical biomechanics. Clinical Biomechanics of the Lower extremities 1996:466.
10. Kirby KA. The medial heel skive technique. Improving pronation control in foot orthoses. Journal of the American Podiatric Medical Association 1992;82:177-188.
11. Root M, Orien W, Weed J. Normal motion of the foot and leg in gait. Biomechanical Examination of the Foot 1977;2: 127.
12. Kirby K. Prescribing orthoses: has tissue stress theory supplanted Root theory. Podiatry Today 2015;28.
13. Nicolopoulos CS, Black J, Anderson EG. Foot orthoses materials. The Foot 2000;10:1-3.
14. Blake R. The Inverted Orthotic Technique: A Process of Foot Stabilization for Pronated Feet: BookBaby; 2019.