

척 행 족 (Plantigrade Foot)

영남대학교 의과대학 정형외과학교실

안 증 철

서 론

족부는 체중을 지면으로 전달하는 최종기관으로서 중요한 역할을 하며, 특히 종골, 중족골 및 피부를 통해 지면으로 체중이 균등하게 분포됨으로써 족부동통, 피부경결(calluses)이 없는 균형있는 이상적인 보행을 할 수가 있다. 이상적인 족부의 조건은 통증이 없고 유연하며 정상적인 신경혈관기능을 가진 척행족이라 할 것이다. 족부의 변형, 동통, 보행장애등으로 인한 비척행족(nonplantigrade foot)은 족부 질환, 외상 등의 여러가지 원인으로 야기될 수 있으나, 이를 가능한 적극적인 방법으로 해결하려는 시도가 필요하리라 생각된다. 또한 족부 변형은 상부의 다른 변형 유무나 비정상 관절 상태와도 밀접한 관계가 있어 치료전에 이에 대한 면밀한 관찰 및 판단이 필요하다. 저자는 척행족이 기본적으로 갖추어야 하는 생체역학 및 해부 생리학적인 측면과 비 척행족에서 나타나는 다양한 변형상태 및 유발인자, 그 치료법에 대해서 살펴보고자 한다.

생체 역학

정상 족부는 근 균형, 관절조화, 정상운동축을 유지함으로써 하지의 비정상운동과 관절을 포함한 하지 변형등의 이상 상태와도 서로간에

교환 보상이 된다. 예를들면, 내반슬에서는 척행족을 유지하기위해 거골하외반등으로 보상을 하게된다. 그렇지 않으면 발의 외측단에 경결이 발생하여 피부 손상이 유발된다(Fig. 1). 또한 족부가 이미 보상된 위치에서 장기간 고정된 경우 이 고정된 변형을 교정하게되면, 결과는 비척행족으로 되므로 수술적 교정은 하지 않는다. 골반과 족부사이에서 일어나는 운동은 서로 각 부위의 관절에 영향을 미치게된다. 운동성이 많은 평발에서 과도한 거골하운동은 슬관절로 전파되어 내측 슬관절 동통을 유발시킨다. 거골하관절의 보상운동은 족관절의 퇴행성 관절염의 빈도를 낮춘다.



Fig. 1. left hip fused in slight external rotation with the left foot unable to compensate in valgus, resulting in a plantar lateral callus (arrow)(From Jahss, M. : Orthop. Rev., vol. 7, no. 8, 1978.)

생리학

족부의 뼈와 지지 인대들은 체중을 지탱하여 분배하며 발꿈치와 족장부의 지방 조직과 두꺼운 족장피부에 의해 지면으로 전달되는 체중과 힘이 완충된다. 발바닥 피부는 다른 부위에 비해 10배이상 두껍고 특히 각질층(Stratum corneum)에 의해 차이가 난다. 족장부 지방조직은 지면과 족장골 두부사이에서 탄력있는 완충역활을 하며, 류마티스성 관절염, 말초신경성질환, 요척족(pes cavus), 수술 또는 노령으로 인해 이들이 약화되면 완충역활이 떨어지게 된다(Fig. 2). 발바닥에는 체중부하와 균형을 유지하기 위한 촉각, 온각, 통각과 고유감각이 있어 압력과 신장(stretch)의 미세한 차이에서도 반응하여 족부의 자동적이행(shifting)이 이루어지게 되고 과도한 체중부하, 불규칙표면 및 발상부의 비정상 상태에서의 보상운동을 조절한다.

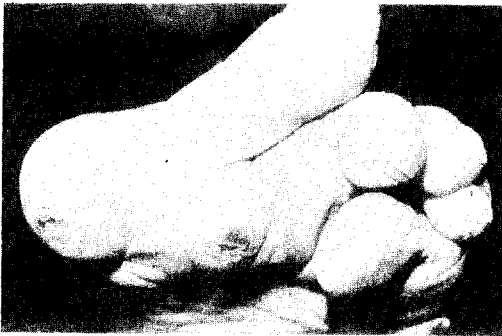


Fig. 2. Rheumatoid arthritis with fixed depression of the metatarsal heads and atrophy of the metatarsal fat pads.

Low-pressure-threshold를 가진 Pacini 및 Ruffini's corpuscles 그리고 free endings가 족장부의 심근막, 지대(retinacula), 굴곡건, 신전건, 섬유성 지건막 및 관절막에 분포되어있다(Fig. 3). 발에 있는 고유 수용체 반응은 발목 상부의 아킬레스건이나 전경골건에 있는 근건 경계부에서

보이는 stretch reflexes보다 더 예민하다. 발목 상부의 근건 고유수용체 반응은 15~18도의 운동에서 반응이 나타나고 족지관절부에서는 4~5도 이하의 운동에서도 반응이 나타난다. 고유감각을 포함한 감각의 상실은 당뇨병, 선천성 말초신경 질환에서 볼 수 있고, 피부궤양, 이차감염이 발생하고 심할경우 절단 상태까지 갈 수 있다. 또한 경직되고 고정된 발에서 감각 소실은 피부가 쉽게 손상된다. Pacinian corpuscles는 족부의 ball에 집중되어 분포한다.

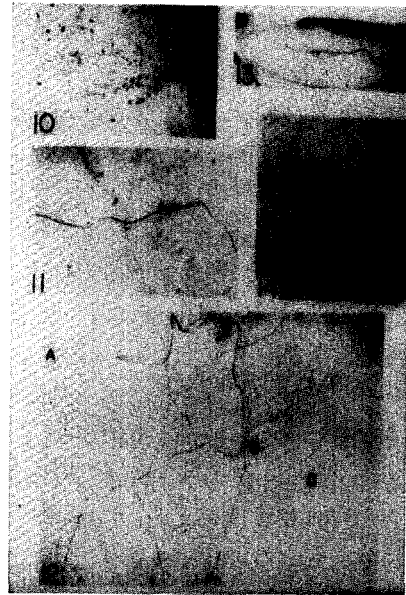


Fig. 3. Ruffini's ending on the extensor digitorum communis(10); sural nerve filament on the tendo Achillis(11); naked ramifications (continuation of(11) (12); pacinian corpuscle on the palmar aponeurosis(13); and Ruffini's ending on the abductor hallucis(14). (From Stilwell DL jr: The innervation of deep structures of the foot. Am J Anat 101: 59-73, 1957.)

족장골 골두에서 체중부하에 영향을 주는 인자들

1. 전 족부

족장골과 횡족장 아치(transverse metatarsal arch)는 체중부하에 중요한 역할을 하고 기립 위치에서 족장골 골두에 50%의 체중이 부하된다. 전후방 방향으로 제5족장골이 제일 유동성이 많으며, 제4, 제1족장골의 순서로 유연성이 있으나, 제2, 제3중족골은 족근 족장관절에 견고하게 고정되어 유동성이 없다(Fig. 4).

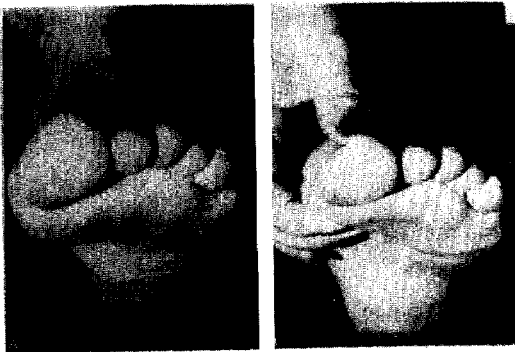


Fig. 4. (A) Normal transverse anterior metatarsal arch(non-weight-bearing).
(B) Passive dorsal displacement of the first metatarsal.



Fig. 5. Partial ray resections(fourth and fifth) for diabetic sloughing has shifted excess weight bearing under the second and third metatarsal heads. Note the pinpoint sinus. Salvage is by transmetatarsal amputation. (An alternative is excision of the remaining metatarsal heads and necks.)

체중 부하시에는 횡족장 아치가 편평하게 되어 모든 족장골 골두가 균등하게 체중부하를 하게 되나 제1족장골은 다른 족장골에 비해 2배의 체중을 지지하게된다(비율 : 2-1-1-1-1). 그러므로 족장 골두제거나 족장골 제거시 남아 있는 부위로 체중이 전이되어 체중부하에 문제를 야기 시킨다(Fig. 5).

- ①족지의 소실은 족장골 두부 체중 부하에 큰 영향을 미치지 않는다. 망치족에서 족지는 족장골 두부뒤로 이탈되고 신전건이 수축되어 족장골 두부는 발바닥으로 향하게 되어 족장골은 고정되고, 그 부위의 피부가 각질화된다. 모족지 종자골은 체중부하 역할도 하며, 특히 내측 종자골이 더 많은 체중부하를 하며, 때로는 과도한 체중부하를 줄이기위해 종자골을 제거하는 수도 있으나, 내종자골 제거시에는 모족지 외반증이 나타나며, 외 종자골 제거시에는 모족지 내반증이 나타난다. Morton's syndrome에서는 제 1족지가 제 2족지보다 짧아 제 2족지로 체중부하가 증가되어 제 2족장골의 비후와 족장부 피부 경결이 발생한다. Mitchell bunion수술후 그리고 metatarsus primus varus에서도 비슷한 경향이 나타난다.
- ②전족부의 강직 상태는 심한 섬유화, 구획증후군, 선천성 만곡족, 요척족, 류마티스성 관절염후에 오고 침족 및 침내반족의 변형이 온다.
- ③경골에 대해 족장골의 침족(equinus)상태는 임상적으로 Tibia-sole angle(Fig. 6)로 결정한다. 전족부가 경골에 비해 10도이상 척굴되면 동통이 발생하고 15도이상에서는 망치족, 족장부 경결이 형성된다. 발바닥으로 하강된 족장골은 나머지 족장골, 중족부, 후족부, 족관절과 연관시켜 판단해야하고, 정상 중족골이 후족부, 경골에 대해 척굴상태가 아니라는 것을 확인해야한다.

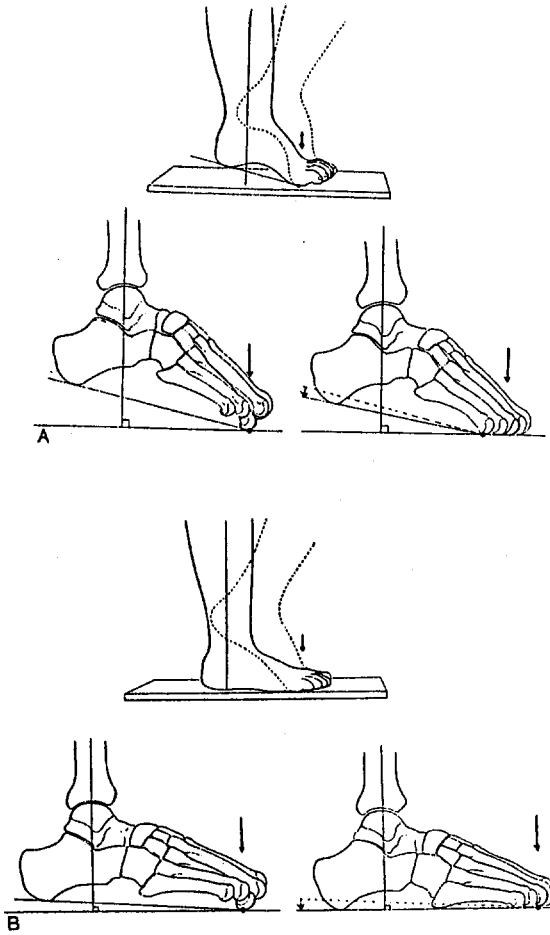


Fig. 6. Illustrations of the tibial-sole angle. (A) when all of the metatarsals are in equinus in relation to the tibia, osteotomy of the most prominent painful metatarsal(s) will result in weight-bearing transfer to an adjacent metatarsal. It is better to correct all the metatarsals by an appropriate tarsal wedge. (B) when only one or two metatarsals are in equinus and the remaining metatarsals are plantigrade, osteotomy of the depressed metatarsal(s) will produce a pain-free metatarsal tread. Undercorrection and, especially, overcorrection must be avoided by preoperative assessment of the needed amount of correction as well as by fixation of the osteotomized fragments.

④ 전족부 회전 변형에서 전족부 경결형성보다 원위부에서 교정을 하면, 그 상태를 더 악화시키고 호상족(Rocker bottom deformity)이 발생된다. 전족부의 회전변형은 침내반 변형이 제일 많다.

2. 중족부

① midtarsal cavus(high arch)

Chopart관절에서 특징적이고 전족부가 15~20도이상 침족상태일때이다(Fig. 7). 거골하 관절이 이미 강직되고 관절염 상태이거나, 근불균형이 있을때 삼중고정술과 근이전술을 시행하며, 일반적 치료는 중족골부나 족근족장골부 설상 관절고정술(wedge arthrodesis)이다.

② midtarsal varus는 전족부의 내반 회전 변형을 유발하게되고, 제5중족골에 과도한 체중부하를 유발시킨다.

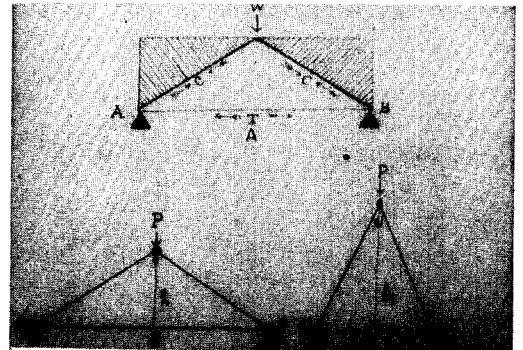


Fig. 7. Illustrations of the engineering concepts of the longitudinal arch. Raising the height of the arch increases the weight bearing under the metatarsal heads. (From Lapidus PW: Misconception about the "springiness" of the longitudinal arch of the foot. *Mechanics of the arch of the foot*. Arch Surg 46: 410, 1943. Copyright 1943, American Medical Association.)

3. 후족부

① 족관절 침족상태(Ankle equinus)

② 후족부 내반은 전족부의 내반 회전 변형을 유발시킨다.

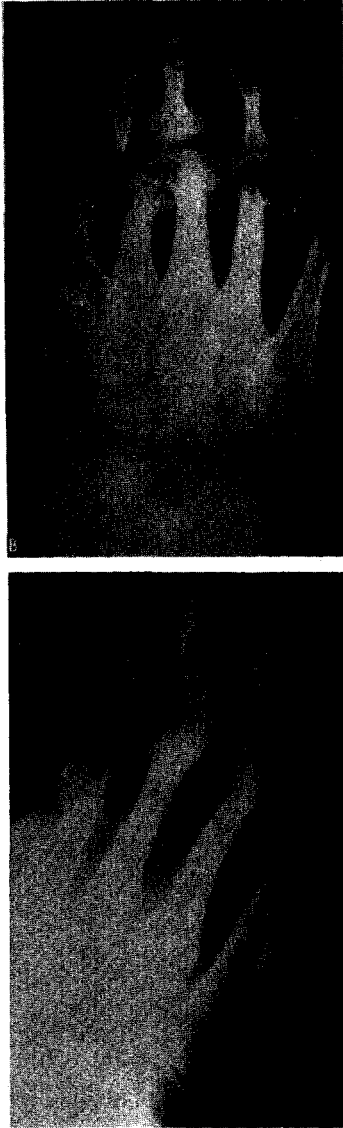


Fig. 8. (A) Radiograph of severe infection after bunion surgery, with loss of the first and second metatarsal heads and necks. There is severe pain under the remaining metatarsal heads and medial deviation of the toes. (B) Resection of the remaining metatarsal heads and necks produced a plantigrade, balanced foot.

③ 족부의 삼중 고정술 후 이차적으로 전족부의 회전 변형이 생기는데 이것은 전족부의 내반 변형을 삼중 고정술시 충분히 외반 교정을 시키지 못해 발생한다. 그리고 전족부의 내반 변형이 있으면, 거골하 관절과 중족 관절의 보상 역할이 없어 통증이 발생한다.

4. 기타 요인

① 굽 높이가 2inch 이상일 때 중족골의 변형과

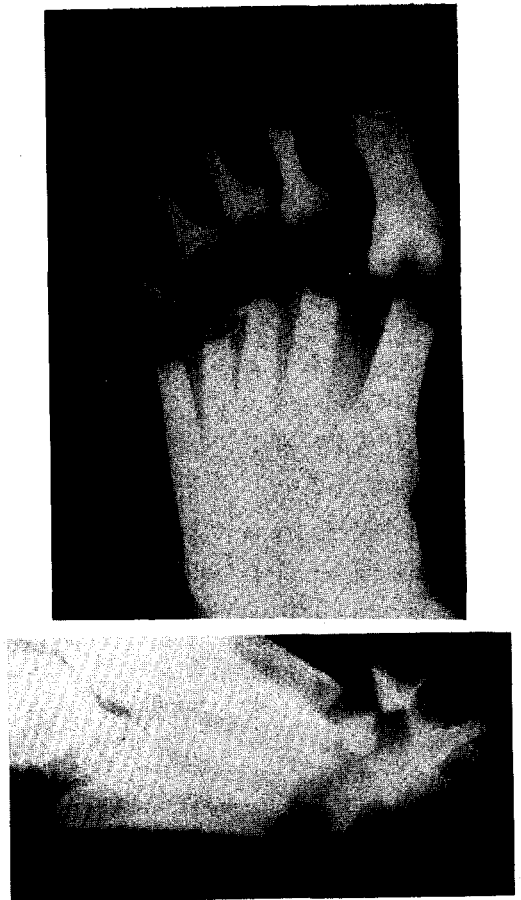


Fig. 9. (A) Anteroposterior radiographic view of severe cavus deformity with loss of metatarsal fat pads. Indicated treatment is excision of the heads and necks of all the metatarsals. (B) Lateral radiographic view. Note the posterior obliquity of the resection lines of the metatarsals.

족장골 골두에 체중부하가 증가되므로 고무 바닥과 굽이 낮은 신발이 좋다.

- ② 소혈관 질환, 말초신경 질환환자는 짧은 보폭으로 부드러운 지면을 걷고 잘맞는 신발을 신어 족부의 손상을 가능한 방지하도록 한다.
- ③ 족장골 체중부하면의 감소는 남은 다른 부위로 체중부하를 증가시킨다. 족장골두의 부분적인 소실이 있으면, 남아있는 족장골두에 심한 체중부하가 추가되므로 동통 및 변형이 생긴다. 이때는 남아있는 골두를 제거함으로써 균형있는 척행족이 되게 한다(Fig. 8). 당뇨병 말초 신경염에서는 족장부 지방조직의 퇴화, 혈류 부전등으로 족장골두 제거나 족지제거는 피하는 것이 좋다. 그러나, 당뇨병, 심한 요척족 등에서 모든 족장골두의 저명한 돌출이 있는 경우는 모든 족장골두와 경부를 제거하여, 동통이 없는 족부기능을 얻을 수 있다(Fig. 9). 다지증에서 족지 절제는 가장 적은 체중부하가 되는 부위를 선택하거나, 중요한 근육 부착부위를 피하여, 이차적인 근 부조화를 방지한다. 위의 내용들을 종합하면, 다음과 같이 나타낼 수 있다(Table. 1).

Table 1. Factors increasing weight bearing under the metatarsal heads

1. Relative depression of the forefoot to the hindfoot or tibia
 - a. Forefoot equinus
 - b. Midtarsal cavus(high arch)
 - c. Ankle equinus
 - d. High heels(pitch)
2. Relative metatarsal depression to each other, single or multiple
 - a. Hammer toes
 - b. Surgery(e.g., metatarsal osteotomy)
 - c. Relation to I above and 3 below
 - d. Rotatory deformities
3. Rigidity of the forefoot

- a. Normally-the fifth, fourth, and first metatarsals are flexible, in decreasing order, in an anteroposterior direction
- b. Tight ligaments—tarsometatarsal, Chopart's joint, plantar fascia(e.g., pes cavus)
4. Hardness of the interface
 - a. Hard floors(e.g., concrete)
 - b. Thin leather soles
 - c. Poor(thin) metatarsal fat pads
 - d. Calluses
5. Local metatarsal anatomy
 - a. Plantar curvature of the distal metatarsal shafts
 - b. Normal angulation of the metatarsal head-neck
 - c. Metatarsal condyles
 - d. Sesamoids
 - e. Longer metatarsals
 - f. Metatarsals in line of progression
6. Vertical forces
 - a. All of the above, 1 through 5
 - b. Long strides, running
 - c. Obesity
 - d. Increased weight-bearing time on the metatarsal heads
7. Decrease in the metatarsal weight-bearing area
 - a. Excision of a metatarsal head
 - b. Ray resection

감각 결손 족부

감각 결손족부에 대해서도 척행족의 일반적인 원칙은 동일하나, 수술에 대한 반응은 정상 상태의 감각을 가진 족부와 차이가 있을 수 있으므로 보다 세심한 주의가 요망된다. 수술은 과도한 체중부하를 경감시켜, 피부손상과 재발되는 감염을 피하는데 있다. 척수이형성증(Myelodysplasia)에서는 감각결손, 변형을 동반한 근 부조화가 있으므로 수술은 근 조화를 얻는데 있으며, 설상 절제 고정술 등의 변형 교정은 유연성의 결핍을 초래하여 피부 손상을 유발시키므로 고정술을 피한다. 후 족부의 고정술은

Charcot와 같은 관절로 결국 파손되게 된다.

이외에도 자주 손상되는 피부 감각이 없는 체중부하면에는 회전피판(rotation flap)이 이용되기도 하나, 파괴되거나 각질화 현상이 나타나 좋지않은 결과가 나타날 수도 있다.

비척행족의 치료

1. 보존적 치료

족부에서 국소적으로 과도하게 체중부하되는 부위에서 정상적으로 체중부하가 되지 않는 다른 부위로 체중부하를 전이시키는 방법으로 노인들에게 주로 많이 이용된다. 신발은 thick medium soft cork rubber inner sole과 완충역활로 rubber wedge type outsole을 대고 내측은 다공성의 부드러운 물질(얇고 부드러운 가죽)을 대어 습기 확산과 마찰을 방지하고 족장부 경결부 밑에는 흠을 파고 부드러운 고무를 댈다. 맞춤형구두는 당뇨병 말초 신경염, 류마티스성 관절염에서 이상적이다. 당뇨병 족장부 궤양, Charcot 관절등 심한 환자에서는 맞춤형구두와 arch support 및 슬개건부하로 체중부하를 감소시킨다.

2. 수술적 치료

1) 중족골

①망치족 : dorsal wedge osteotomy

②metatarsus primus extensus : 족장 골두의 족장부 이동

③류마티스성 관절염, 장기간 심한 요척족 : 족장부 지방조직의 소실과 족장 골두의 돌출로 모든 족장골 골두와 경부를 제거하여 동통을 제거

④Morton's Syndrome

: 제 1중족골을 1/8~3/16 inch 연장함

⑤Mitchell bunion 수술

Metatarsus primus varus

: 제 1중족골이 짧을때 절골술 시행후 원위골편을 족저부 외측으로 이동시켜 단

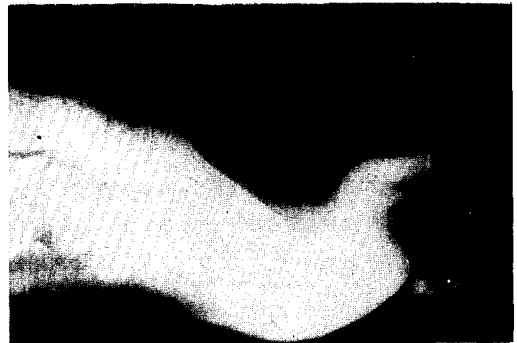
축으로 인해 감소된 체중부하를 증가시킨다.

⑥Condylectomy

:조기 체중부하가 가능하나, 관절강직, 중족골두의 무혈성 괴사를 유발시킬 수 있다.

2) 족장부 경결형성이 있는 전족부의 침묵 변형

①소아에서는 족장골 기저부 절골술을 시행하고 제 1, 제 5 족장골에 K 강선을 고정함



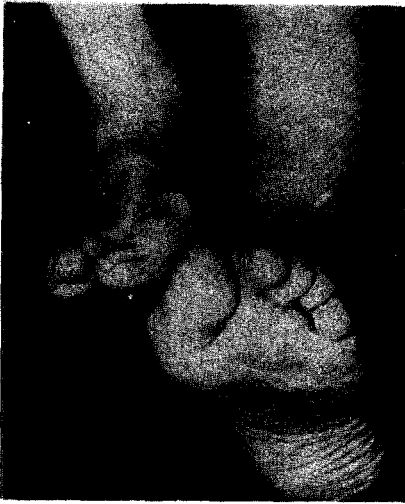


Fig. 10. (A) Poliomyelitis with severe plantar displacement of the first metatarsal. An attempted Jones procedure was unsuccessful because (1) the extensor hallucis longus was too weak and (2) the first metatarsal medial cuneiform joint was inflexible. (B) Radiographic appearance. (C) Treatment by fusion of the first metatarsal medial cuneiform joint with dorsal wedge osteotomy and double-pin fixation. (D) Postoperative results (left foot).

② truncated dorsal tarsometatarsal wedge fusion (Fig. 10).

성인에서 주로 시행하며, truncated wedge의 제거는 교정과 필요한 이완을 허용한다. 이 원칙은 Dwyer 수술에도 적용된다 (Fig. 11).

③ 이 외에도 성인에서 족장골 경부나 기저부에 절골술(1/8~3/16 inch dorsal wedge)을 하고 2-0 wire loop로 고정시킨다. 족장부 절골술 금기 사항으로는 족장부 지방조직화, Hereditary Keratosis, 국소화된 만성 재발성 각질화와 반흔이다.

3) 전 족부의 고정된 내반 변화

선천성 만곡족, 구획중후군, 근부조화, 잘못된 삼중고정술, 삼중고정술후 족균형

실패등으로 음

① derotation with a dorsal or lateral wedge resection

족장골 기저부, 족근 족장관절, 중족 관절, 거골하 관절, 족관절을 통해 시행

② tarsometatarsal wedge arthrodesis

만곡족, 구획중후군에서 시행하고 이때는 거골하 관절이 보존된다.

③ 삼중고정술과 건 이전술

전에 삼중고정술을 한 경우에는 다시 삼중고정술을 시행한다.

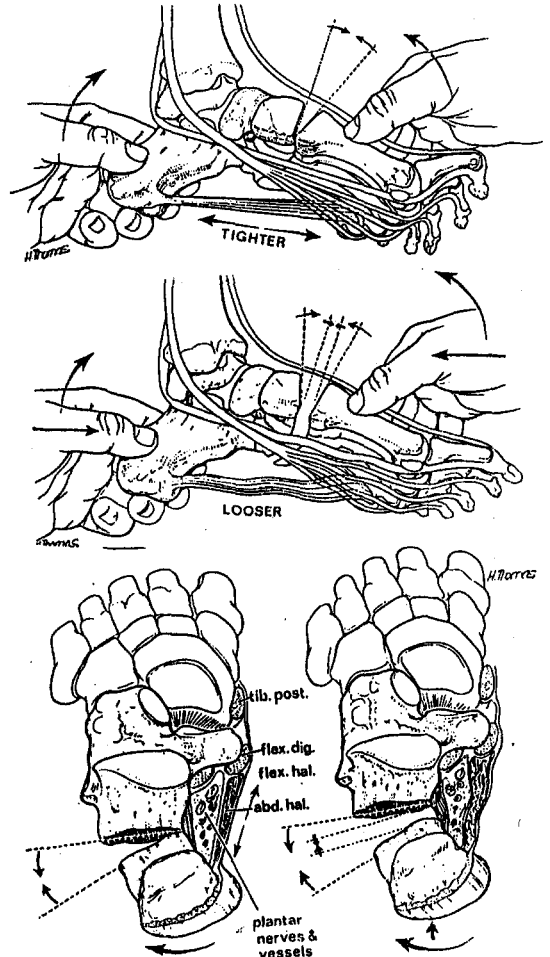


Fig. 11. Schematic drawings illustrating the truncated wedge principle as applied to Lisfranc's joint, A, and the os calcis, B.

④족관절 고정술

동반된 족하수(drop foot)가 있을때 시행하며, 전족부의 내반을 보상하기위해 충분히 외반 시키도록 해야한다.

4) 족장부 경결이 있는 요척족 변형

다발성 족장골 절골술과 족근족장골 설상 절제술은 침내반 변형이 있을때 시행한다. 그러나 입방골하부에 경결이 형성된 경우에 위의 수술을 하면 호상족이 생기고 경결이 더욱 심하게된다. 이때에는 삼중 고정술과 같이 chopart's level에서 배면 설상 절제술을 시행한다.

5) 삼중 고정술

전족부 equinus, cavus, cavovarus, covo-valgus 변형에서 후족부 내반, 외반변형을 가지고 거골하 관절의 통증, 부조화상태, 관절염등이 있을때 시행하고 족근 족장골 간 설상 절제술보다 결과가 양호하다. 그러나, 거골하 관절이 유연하고, 관절염이 없을때는 종골 절골술을 시행한다. 또한 심한 요척족 변형에서 거골하 관절이 손상 받았을때는 삼중고정술을 시행한다.

6) 족관절침족

①후방유리술

전 족부의 침족 변형과 동반되고, 전족부에 연부조직 상태가 나쁠때 시행하나 과거 거력상 수술한 병력이 있는 경우는 하지 않는다.

②dorsal truncated ankle wedge arthrodesis

족관절이 손상 받거나 유합된 경우 시행한다.

7) 족관절 고정술

족관절염이나, 과도한 침족상태로 족관절 고정을 한 경우, 족하수와 이전할 건이 없는경우, 고정된 내반, 외반 변형이 있는 경우에 시행하고, 고정위치는 중립내지 5도 침족상태로 한다(Fig. 12). 10도이상 침족은 중족골 동통을 유발시키고 소아마

비환자에서 슬건(hamstrings)이 약할때는 전반슬(back knee)이 된다.



Fig. 12. Ankle fused in severe equinus. Treated by a huge truncated dorsal ankle wedge including the lower tibia, most of the talar dome, and a portion of the os calcis. (From Jahss, M. : Orthop. Rev., vol. 7, no. 8, 1978.)

Table 2. Correction of the abnormal plantigrade foot

	Indications	Contraindications
Forefoot		
Metatarsal osteotomy (upward or downward displacement)	Local soft-tissue and isolated metatarsal pathology	Forefoot equinus ; cavus
Tarsometatarsal fusion (1 or 1-5)	Normal hindfoot ; forefoot equinus ; cavus	Plantar callus posterior to Chopart's joint
Resection of metatarsal head-necks	Poor fat pads ; mainly rheumatoid arthritis	Resect all or none
Midtarsus		
Cole's fusion	Alternative to tarsometatarsal fusion	
Hindfoot		
Subtalar/triple arthrodesis	Subtalar complex pain ; osteoarthritis ; instability ; deformity ; lack of muscle balance	Normal subtalar joint ; poor ankle joint
Posterior release	Fused forefoot in equinus ; ankle equinus	Previous posterior release with scarring
Ankle		
Fusion(wedge)	Painful or paralyzed ankle(osteoarthritis ; drop foot)	Weak hamstrings(back knee)
Supramalleolar osteotomy	Equinus with "normal" foot joints ; poor soft tissue about foot	Better alternatives
Miscellaneous		
Steindler's stripping	Supplementary	Adults
Tendon transfer	Primary/supplementary	Fixed deformity ; <4+ power ; balance unobtainable
Pan-talar arthrodesis	Painful subtalar and ankle joints ; flail foot(occasionally)	Stiff forefoot ; flail leg ; sensory deficit in foot Local Contraindications for all procedures Local osteomyelitis ; infection ; poor soft tissue, including skin

8) 과상부 절골술

화상으로 족부의 연부 조직이 좋지않는 침족 변형이나, 척수 수막류(myelomeningocele)에서 내반족, 외반족이 있을때 시행한다.

9) 건 이전술

muscle power(+4)와 phasic activity를 가지고 있어야하며, 고정된 변형유무 및 근 균형에 대해서 평가해야 한다. 고정된 변형은 골 교정 후 건 이전술을 시행하며,

불안정성 족부는 관절 고정후 안정성을 유지시키고 변형의 재발을 방지하여 남아 있는 가동성 관절을 움직인다.

이상의 치료법을 도표로 요약하면 다음과 같다(Table. 2).

요 약

족부의 교정을 위해서는 비정상적인 상태 및 원인 그 치료법에 대해서 충분히 이해해야 할 것으로 생각되며, 비 척행족에 대해서는 먼저 정확한 원인 인자의 파악과 수술전 평가, 수술의 선택, 수술의 범위등을 정해야 한다. 이렇게 함으로써 변형에 대한 충분한 교정이 가능하며, 수술후 예후가 좋은 척행족으로 될 것이다. 그리고 위에서 밝힌 치료의 원칙은 변하지 않겠지만, 관절 고정술을 대체하여 다른 남은 관절에 영향을 주지 않으면서 더 많은 유연성을 가질 수 있는 기능있는 족부를 만들 수 있는 새로운 수술방법이(관절 치환술등) 더 개발되어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Avellan, L., and Johanson, B. : Hyperkeratosis of scars in the weight-bearing areas of the foot. *Acta. Chir. Scand.*, 131 : 269-273, 1966.
2. Blehschmidt, E : Die architektur des fersenspolsters. *Morphol. Jahrb.*, 72 : 20-68, 1933.
3. Bojsen-Moller, F., and Flagstad, K. E. : Plantar aponeurosis and internal architecture of the ball of the foot. *J. Anat.*, 121 : 599-611, 1976.
4. DuVries, H.I. : *Surgery of the Foot*. 2nd ed., CV Mosby Co., St Louis, 1965, P.175

- 178.
5. Jahss, M. H. : *Disorders of the foot and ankle*. 2nd ed., W.B. saunders Co., Philadelphia : 1991, P.260-279.
6. Jahss, M. H. : *The plantigrade foot*. Instructional course lecture. A. A. O. S., Vol XXX1 : 200-217, 1982.
7. Kuhns, J. G. : Changes in elastic adipose tissue. *J. Bone. Joint. Surg.*, 31A : 541-547, 1949.
8. Lapidus, P. W. : Misconception about the "springiness" of the longitudinal arch of the foot. *Mechanics of the arch of the foot*. *Arch. Surg.*, 46 : 410-421, 1943.
9. Manter, J. T. : Distribution of compression forces in the joints of the human foot. *Anat. Rec.*, 96 : 313-321, 1946.
10. Morton, D. J. : *Human Locomotion and Body Form*. A Study of Gravity and Man. Willians & Wilkins Co, Baltimore : 1952.
11. Sharrard, W. J. W., and Webb, J. : Supramalleolar wedge oateotomy of the tibia in children with myelomeningocele. *J. Bone. Joint Surg.*, 56B : 458-461, 1974.
12. Stilwell, D. L. Jr. The innervation of deep structures of the foot. *Am. J. Anat.*, 101 : 59-73, 1957.
13. Stilwell, D. L. Jr. The innervation of tendons and aponeuroses. *Am. J. Anat.*, 100 : 289-317, 1957.
14. Thomas, F. : Leveling the tread. *J. Bone. Joint. Surg.*, 56B : 314-319, 1974.
15. Weidenreich, F. : *Der menschenfuss*. *Ztschr. f. Morphol. u. Anthropol.*, 22 : 195, 1922.