



무지외반증에서의 절골술

고경래, 성기선

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 정형외과학교실

Corrective Osteotomies in Hallux Valgus

Kyung Rae Ko, Ki-Sun Sung

Department of Orthopedic Surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Hallux valgus is a deformity characterized by lateral deviation of the great toe and medial deviation of the first metatarsal. When planning an operative treatment, it is important to realize that the deformity is tridimensional and diverse. Operative techniques include medial eminence resection, distal soft tissue procedure, first metatarsal osteotomy (distal, diaphyseal, proximal, or multiple), proximal phalanx osteotomy, arthrodesis (first metatarsophalangeal or metatarsocuneiform joint), and so on. Among these techniques, osteotomy is the main procedure for correcting the hallux valgus. The objective of this article is to describe the characteristics and recent advancements made for corrective osteotomies in the hallux valgus. The pathophysiology of the hallux valgus is also described.

Key Words: Hallux valgus, Osteotomy, Therapeutics

서론

무지외반증(hallux valgus)은 단일한 원인에 의해 발생한 변형이 아니라 환자마다 제각기 다른 다양한 병인에 의해 발생 및 진행되는 복합적인 병적 상태이다. 신발 착용 시 두드러지는 내측 돌출부(medial eminence) 통증이 가장 대표적인 증상이며, 이 외에도 제 2중족골두 아래의 굳은살 및 통증 등도 동반되어 나타날 수 있다.^{1,2)} 이러한 복합 변형의 교정을 위하여 백여 가지의 수술 기법이 소개되어 있지만 기본적으로 내측 돌출부 절제술, 외측 연부조직 유리 및 내측 봉합으로 이루어진 원위 연부조직 술식(distal soft tissue procedure, DSTP), 제 1중족골 절골술과 제 1근위지골 절골술 등이 근간을 이루고 있다. 많은 수술 방법이 있다는 것은 어느 한 가지 방법으로 모든 변형을 교정할 수 없다는 것을 의미한다. 그러므로 복잡한 변형을 교정하려 할 때는 항상 근원적인 변형의 원인

을 찾아서 이를 해결하는 것이 원칙이라는 점을 염두에 두어야 할 것이다. 본 글에서는 주로 무지외반증의 치료에 사용되는 절골술에 대해 살펴보고자 하겠다.

무지외반증의 발병과 진행

변형의 시작에 대해서는 다소 논란이 있다. 즉 제 1중족골이 내측으로 뺨여 있거나, 제 1족지가 외측으로 휘게 되거나, 아니면 둘 다 해당될 수 있을 것이다. 어떤 경우라도 제 1중족족지관절의 내측 아탈구가 시작되면, 제 1중족골 골두를 지나는 힘줄들은 상대적으로 외측으로 이동하게 되고, 이것이 다시 변형을 악화시키는 요인으로 작용하게 되어 변형이 진행되는 것으로 이해된다(Fig. 1).

변형이 더 진행되는 경우 제 1중족골이 담당하게 되는 체중부하 역할이 점점 감소하게 되고, 부하는 인접 중족골두로 이동하게 되어 전이성 중족골통(transfer metatarsalgia)이 동반될 수 있다.^{1,2)}

종자골의 위치도 변하게 되는데, 제 1중족족지관절 연부조직의 내측 이완과 외측 구축과 함께 제 1중족골의 회내(pronation)가 진행되면서 종자골의 외측 전위가 나타난다(Fig. 2).

사체 등을 대상으로 건막류(bunion) 변형 여부에 따른 회내 정도를 측정한 연구에서, 변형이 있는 경우의 회내 정도는 14.5도, 변

Received April 18, 2017 Revised May 11, 2017 Accepted May 23, 2017
Corresponding Author: Ki-Sun Sung
Department of Orthopedic Surgery, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, 81 Irwon-ro, Gangnam-gu, Seoul 06351, Korea
Tel: 82-2-3410-3509, Fax: 82-2-3410-0061, E-mail: kissung@gmail.com

Financial support: None.
Conflict of interest: None.

Copyright ©2017 Korean Foot and Ankle Society. All rights reserved.

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

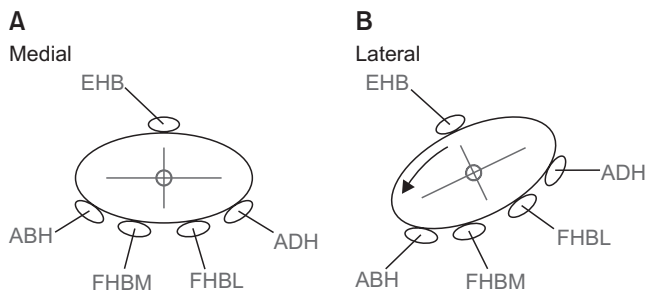


Figure 1. Schematic representation of tendons around the first metatarsal head. (A) Normal articulation in a balanced state. (B) Relationship of the tendons in hallux valgus deformity. EHB: extensor hallucis brevis, ABH: abductor hallucis, FHBM: medial head of flexor hallucis brevis, FHBL: lateral head of flexor hallucis brevis, ADH: adductor hallucis.

Tendon of adductor hallucis muscle

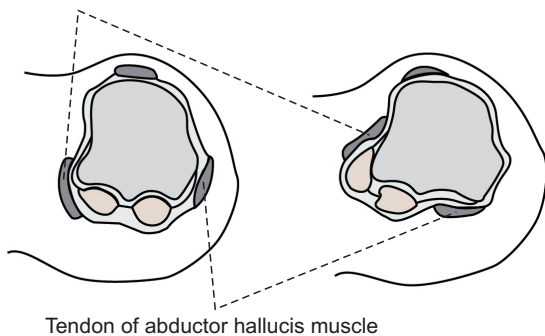


Figure 2. Relationship of the sesamoids to the metatarsal head. Left: the sesamoids stabilized by the crista. Right: atrophy of the crista with lateral deviation of the sesamoids.

형이 동반되지 않은 경우는 3.1도였다.³⁾ 제 1중족골의 변형이 수평면(transverse plane)상에서 내측으로 뺏어있는(adduction) 한 평면상에서의 변형이 아니라 관상면(frontal plane)상에서의 회전인 외반(eversion), 즉 회내가 동반된 3차원상의 변형(Fig. 3)이라는 것을 이해하는 것은 무지외반증을 이해하고 이의 변형에 대한 교정을 계획하는 데 있어 중요한 것이다. Dayton 등⁹⁾은 외반(valgus)을 관상면상에서의 외회전(external rotation)으로 정의하며, 용어 자체에 무지와 중족골의 3차원상의 변형을 내포하기 위한 “hallux abducto valgus with metatarsus primus adducto valgus”라는 용어를 제안한 바 있다.

또한, 이와 함께 제 1중족설상관절 부위를 살펴봐야 한다. 관절면의 경사도가 큰 경우 제 1중족골의 내측 전위가 커지므로 건막류의 돌출이 커지며, 이 관절이 불안정할 경우 제 1중족골의 회내 역시 커지게 된다. 이런 경우에는 변형의 원인을 교정하는 Lapidus 술식을 사용할 수 있다.

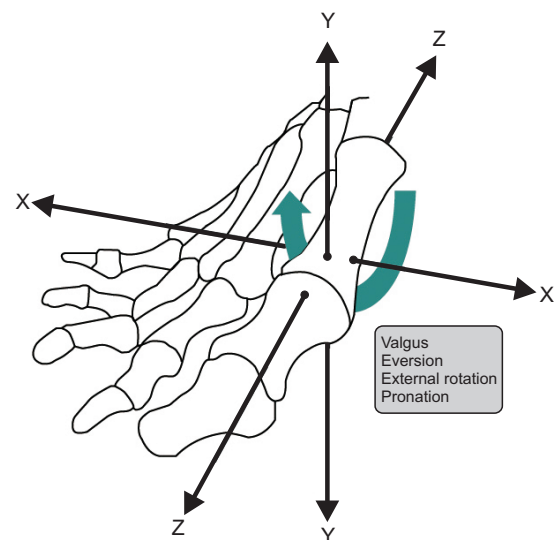


Figure 3. Triaxial coordinate plane with Z-axis motion about the first ray.

무지외반증을 발병시키는 여러 가지 요인들

1. 내재적인 요인

유전에 의한 내재적인 요인과 관련된 여러 보고들이 있다. 무지외반증 환자군을 대상으로 한 여러 연구에서 63%~68%의 가족력을 보였으며,^{5,6)} Coughlin⁷⁾의 연구에서는 31명의 가족력을 가진 환자 중 특히 29명에서 모계 유전되는 경향을 보였다.

2. 외재적인 요인

Sim-Fook와 Hodgson⁸⁾은 중국인을 대상으로 한 연구에서 신발을 신고 다니는 118명 중 33%에서, 신발을 신고 다니지 않는 107명 중 2%에서 무지외반증을 관찰하였다. 여성 및 서양에서 이 질환의 유병률이 높고, 동양에서 서양 신발을 신게 되면서 그 발생 빈도가 늘어나고 있다는 연구 결과는 신발 특히 앞이 뽀족한 신발이 무지외반증을 유발한다는 것을 시사한다.^{8,9)} 앞이 뽀족한 신발을 주기적으로 신는 것이 무지외반증의 발생과 연관이 있다는 연구 결과도 있다.¹⁰⁾

무지외반증의 치료

무지외반증의 수술에 있어 사용될 수 있는 술식은 개인적인 경험에 의해 결정되기도 하지만 환자의 상태와 증상을 정확하게 파악하고, 병태생리의 근본적 원인을 해결할 수 있는 방법이 선택되어야 할 것이다. 따라서 환자의 병력 청취, 이학적 검사 결과 및 방사선 검사 등의 여러 요소를 고려하여 결정하게 된다. 우선 제 1중족족지관절의 관절염 유무와 관절의 상합성(congruity)이 유지되는지를 먼저 확인한 후, 변형의 정도를 나타내는 지표인 무지외반각(hallux valgus angle, HVA)과 중족골간각(intemetatarsal angle,

IMA)을 측정한다. 무지외반증에 있어 정도(mild) 변형의 경우 20도 미만의 무지외반각과 11도 이하의 중족골간각 및 외측 종자골 외측 전위가 50% 미만인 경우로, 중등도(moderate) 변형의 경우 20~40도의 무지외반각과 16도 미만의 중족골간각 및 외측 종자골 외측 전위가 50%~75%인 경우로, 중증(severe) 변형의 경우 40도 초과와 무지외반각과 16도 이상의 중족골간각 및 외측 종자골 외측 전위가 75%를 초과할 경우로 특징지어질 수 있다.¹¹⁾

제 1중족족지관절의 관절염이 있을 경우 해당 관절의 유합술을 고려하고, 관절의 상합성이 깨진 경우 외측 연부조직 유리 및 내측 봉합을 시행하는 원위 연부조직 술식을 시행한다. 원위 연부조직 술식만으로는 중족골간각의 교정 및 유지가 어려우므로 중족골 절골술이 필요하다. 절골술에 대해서는 아래에서 추가로 살펴보도록 하겠다. 제 1중족설상관절의 불안정성이 있으면 Lapidus 술식을 고려한다.

무지외반증에서의 절골술

변형의 각도가 클수록 근위 절골술을 시행하고, 작을수록 원위 절골술을 시행한다. 주로 무지외반각보다는 제 1, 2중족골간각이 술식 선택의 기준이 된다. 절골술에 따른 중족골간각의 교정 정도를 분석한 메타분석 문헌이 보고되어 있는데, Lapidus 술식은 평균 9.82도의 중족골간각 교정을 보였으며, 1.49%의 지연유합, 4.01%의 불유합, 2.24%의 재발 등 총 16.05%에서 합병증을 보였다.¹²⁾ 타 절골술과 이를 비교하면, 근위 절골술 및 Ludloff 술식을 대상으로 한 메타분석 결과 평균 8.1도의 중족골간각 교정과 18.7%에서의 합병증을,¹³⁾ scarf 술식과 갈매기형(chevron) 절골술을 대상으로 한 메타분석 결과 scarf 술식의 경우 평균 6.21도, 갈매기형 절골술의 경우 평균 5.33도의 중족골간각 교정을 보였다.¹⁴⁾ 교정이 시행되는

부위에 따라 근위부일수록 더 큰 교정각을, 원위부일수록 상대적으로 작은 교정각을 기대할 수 있는 것으로 보인다.

최근에는 무지외반증에서의 절골술에 있어 경피적(percutaneous) 방법 및 이를 통한 양호한 임상적 결과가 보고되고 있다.¹⁵⁻¹⁷⁾

1. 원위 절골술

원위 갈매기형(distal chevron) 절골술(Fig. 4)과 Mitchell 술식이 해당되며, 현재는 원위 갈매기형 절골술이 가장 널리 사용되고 있다. Badwey 등¹⁸⁾은 중족골의 폭을 측정한 연구에서 남성은 평균 15.3 mm, 여성은 14.5 mm의 결과를 보였으며, 남성에서는 6 mm, 여성에서는 5 mm의 원위 갈매기형 절골술을 통한 원위 골편의 전위를 시행할 때 97.5%의 경우 원위 골편의 전위가 그 폭의 1/2 이하임을 보고한 바 있다. 평면상에서 원위 골편을 외측으로 1 mm 전위시키면 기하학적으로 중족골간각이 약 1도 감소하므로 원위 갈매기형 절골술을 통해 약 5~6도의 교정을 얻을 수 있고, 따라서 목표를 9도의 중족골간각으로 한다면 약 14~15도 이내의 중족골간각의 경우 원위 절골술을 시행해도 무방할 것이다. 중등도 무지외반증의 경우 원위 갈매기형 절골술이 근위 갈매기형(proximal chevron) 절골술과 비교하여 동등한 결과를 보인 연구가 있으며,¹⁹⁾ 중증 무지외반증의 경우에도 원위 연부조직 술식과 함께 시행되어 만족스러운 결과가 보고된 바 있다.^{20,21)} 원위 갈매기형 절골술이 원위 연부조직 술식과 함께 시행될 경우 중족골두의 무혈성 괴사의 발생 가능성이 높아질 것으로 생각되나 실제로 임상적으로 문제가 될 만한 무혈성 괴사가 발생할 가능성은 높지 않다는 연구 결과도 있다.^{21,22)}

2. 골간(diaphyseal) 절골술

Scarf 술식 및 Ludloff 술식이 중족골의 중간 부위에서 행해지는

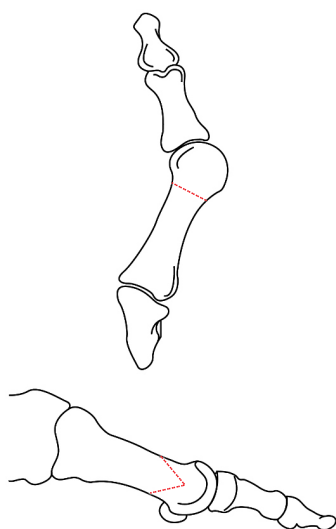


Figure 4. Distal chevron osteotomy.

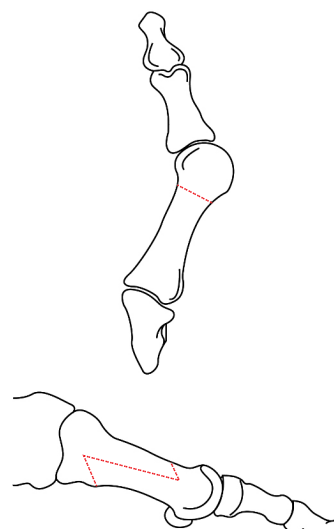


Figure 5. Scarf osteotomy.

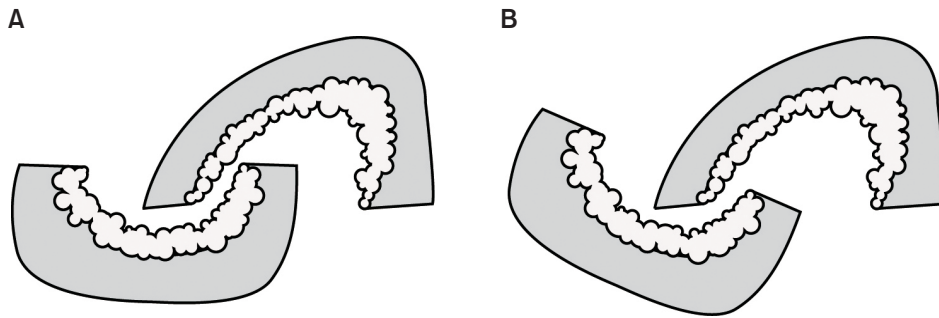


Figure 6. Complications of scarf osteotomy. (A) Troughing. (B) Troughing with malrotation.

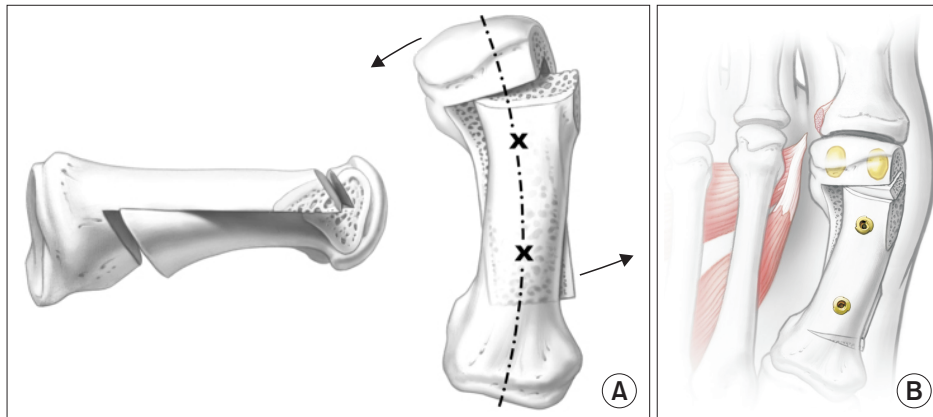


Figure 7. (A, B) The modified rotational scarf procedure rotates the two halves of the osteotomy, assuring adequate cortical crossover and thereby eliminates linear overlap between the cortices of the first metatarsal and softer cancellous bone (used with permission from TriMed Inc., Santa Clarita, CA, USA).

골간 절골술에 해당된다. 중족골의 중간 부위에서는 원위부보다 약 2~3도 더 큰 교정각을 얻을 수 있고 보통 중족골간각 16도 이상의 중증 변형에서는 근위부에서 교정을 해야 한다는 것이 통설이지만, 술자에 따라서는 더 큰 교정도 scarf 술식으로 얻을 수 있다고 한다.²³⁾ 원위 연부조직 술식과 함께 행해지는 scarf 술식은 중등도 이상의 20도까지의 중족골간각의 무지외반증에서도 시행될 수 있다.^{24,25)} Scarf 술식은 원위 골편이 근위 골편의 바닥 쪽에 있으므로 구조적으로 안정적이며, 넓은 절골면이 발생하므로 배굴(dorsiflexion) 부정유합의 발생 가능성을 감소시킬 수 있다(Fig. 5). 주로 외측 전위로 교정하므로 원위 중족 관절면 각(distal metatarsal articular angle, DMAA)이 증가하지 않게 된다. 전위 후에 원위 골편의 내측 피질골이 골수강 내로 들어가 배부 전위 및 회전(malrotation)될 가능성이 있으며 이를 troughing이라고 한다(Fig. 6).²⁶⁾ 골간단(metaphysis) 피질골에서의 절골을 통해 예방할 수 있으며, 피질골 간의 추가 중첩을 얻기 위해 절골술 후 원위 골편을 회전하는 변형 술식이 소개된 바 있다(Fig. 7).²⁷⁾ 술자에 따라 어렵게 느낄 수 있으며, scarf 술식 후 종자골의 위치를 비교함을 통해 해당 술식에서의 learning curve의 필요성에 대해 보고한 연구가 있다.²⁸⁾

Ludloff 술식 또한 중등도 및 중증 변형이 시행 대상이 되며 원위 골편이 근위 골편의 발등 쪽에 위치하게 되는데 이는 체중부하를 하면 벌어지는 불안정한 구조이다(Fig. 8).²⁹⁾ 두 개의 나사못 또는 견고한 교정이 되지 않는 경우 추가적으로 Kirschner 강선(K-강선)을 삽입하기도 하며, 절골면 내측에 잠김 금속판(locking plate)

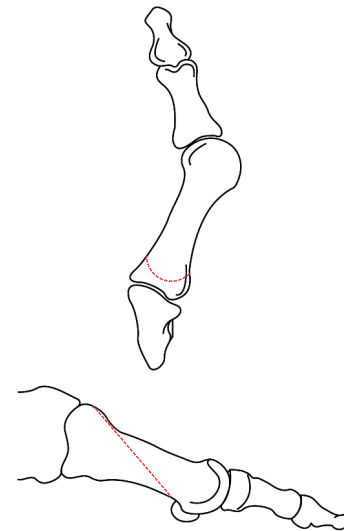


Figure 8. Ludloff osteotomy.

을 이용하여 만족스러운 결과를 얻은 보고도 있다.³⁰⁾ 근위부 나사못을 회전점으로 하여 주로 원위 골편을 회전시켜 교정을 얻게 된다. 따라서 원위 중족 관절면 각이 비정상적으로 증가된 경우 시행되어서는 안되며, 견고한 내고정이 필요하므로 심한 골감소증의 경우 또한 시행되어서는 안 된다.²⁹⁾ 컴퓨터 소프트웨어를 통한 3차원상에서 가상의 Ludloff 술식을 시행한 연구에서 절골면에 관상면상 10도 경사를 주는 것이 중족골두 거상의 예방을 위해 필요했고,

적절한 회전점은 절골술 근위부 끝의 5 mm 이내였음이 보고된 바 있다.³¹⁾

3. 근위 절골술

근위 절골술의 경우 중등도 및 중증 변형이 그 시행 대상이 되며, 앞에서 언급된 원위 및 골간 절골술에 비해 더 큰 교정각을 기대할 수 있다.^{13,14)} 중족골간각이 20도를 넘는 심한 중증 변형을 근위 절골술의 적응증으로 생각하는 저자들도 있다.¹³⁾ 초승달형(crescentic) 절골술(Fig. 9), 근위 갈매기형 절골술(Fig. 10) 및 췌기(wedge) 절골술(Fig. 11) 등이 해당되며, 원위 골편이 길기 때문에 절골 부위가 움직이기 쉽고, 부정유합이나 변형의 재발 가능성이 높다. 교정각이 클수록 절골술 이후 고정하는 강도가 더 높아야 교정 소실을 최소화할 수 있을 것이다. 근위 내측 개방 췌기(proxi-

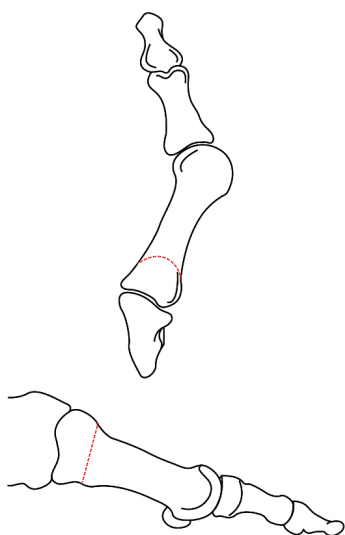


Figure 9. Proximal crescentic osteotomy.

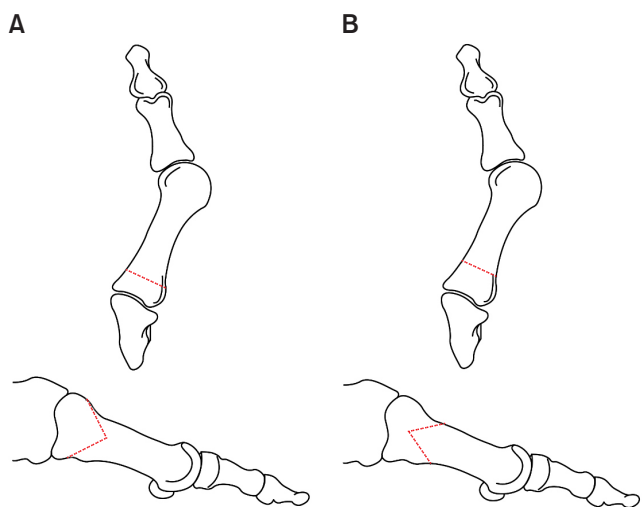


Figure 10. (A) Proximal chevron (base proximal) osteotomy. (B) Proximal chevron (base distal) osteotomy.

mal medial open wedge) 절골술 후 64.7%에서 재발이 있었다는 보고가 있었으며, 해당 연구에서 재발은 술전 변형 정도 및 원위 중족 관절면 각과 관련이 있었다.³²⁾ 근위 골편을 내측으로 밀고 원위 골편을 외전시키는 일반적인 근위 초승달형 절골술의 방법에 추가로 원위 골편을 회외(supination) 후 고정하여 3년간 4%의 재발이라는 양호한 결과를 얻은 보고도 있다.³³⁾ 초승달형 절골술 및 근위 갈매기형 절골술은 보통 K-강선 또는 나사못을 이용하여 고정하게 되는데, 근위 절골술 후 중족골의 족저면(plantar surface)에 잠김 금속판(locking plate)을 이용하여 만족스러운 결과를 얻은 보고도 있다.³⁴⁾

4. 복합 절골술

제 1중족골두 관절면의 방향을 나타내는 원위 중족 관절면 각이 중족골 절골술 시 고려되어야 하는데, 관절면이 외측으로 향하고 있을 경우 과도한 중족골 회전 교정을 시도할 시 관절면이 더욱 외측으로 향하게 되어 발가락의 방향이 더욱 나빠지는 결과를 초래할 수 있어 주의해야 한다. 이 경우 이중 또는 삼중 절골술을 시행하거나 변형 scarf 또는 양면 갈매기형(biplanar chevron) 절골술처럼 원위 관절면의 방향을 함께 교정해야 할 것이다.³⁵⁻³⁷⁾

5. 근위지골 절골술(Akin osteotomy)

단독으로 사용되는 경우는 흔치 않는데, 근위지골 자체의 변형에 의한 지절 간 무지외반증(hallux valgus interphalangeus)의 경우 사용되며, 그 밖의 경우에는 다른 술식에 부가적으로 무지외반각의 개선을 통해 외관상 더 보기 좋은 교정을 얻을 수 있다. K-강선, 스테이플, 나사못 등을 이용하여 고정하며, 특히 봉합사를 통한 고정으로 만족스러운 결과를 얻은 연구 결과도 있다.^{38,39)}

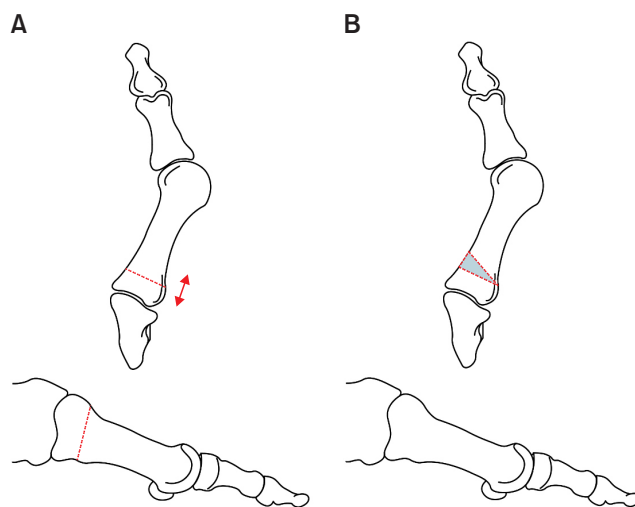


Figure 11. (A) Proximal opening wedge osteotomy. (B) Proximal closing wedge osteotomy.

요약 및 결론

무지외반증은 병인 및 나타나는 형태와 증상, 그리고 치료의 방법까지 모두 다양하다. 따라서 단순 방사선 사진에서 같은 정도의 변형을 보이더라도 그 치료의 방법이 달라질 수 있다. 수술적 치료에 앞서 발 전체의 변형 및 다른 발가락의 동반 변형 등을 함께 살피고, 환자의 정확한 주 증상을 파악하여야 올바른 수술 방법을 선택할 수 있을 것이다. 변형의 교정은 원위 연부조직 술식과 다양한 증축골 절골술 및 관절유합술 등을 이용하며, 환자의 주 증상과 동반된 변형을 해결함으로써 장기간 재발 없이 신발을 신고 일상 생활 및 운동에 있어 문제 없는 발을 만들어야 할 것이다.

REFERENCES

- Coughlin MJ, Jones CP. Hallux valgus: demographics, etiology, and radiographic assessment. *Foot Ankle Int.* 2007;28:759-77.
- Mann RA, Rudicel S, Graves SC. Repair of hallux valgus with a distal soft-tissue procedure and proximal metatarsal osteotomy. A long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1992;74:124-9.
- Scranton PE Jr, Rutkowski R. Anatomic variations in the first ray: Part I. Anatomic aspects related to bunion surgery. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;(151):244-55.
- Dayton P, Kauwe M, Feilmeier M. Clarification of the anatomic definition of the bunion deformity. *J Foot Ankle Surg.* 2014;53:160-3.
- Glynn MK, Dunlop JB, Fitzpatrick D. The Mitchell distal metatarsal osteotomy for hallux valgus. *J Bone Joint Surg Br.* 1980;62:188-91.
- Hardy RH, Clapham JC. Observations on hallux valgus: based on a controlled series. *J Bone Joint Surg Br.* 1951;33:376-91.
- Coughlin MJ. Juvenile hallux valgus: etiology and treatment. *Foot Ankle Int.* 1995;16:682-97.
- Sim-Fook L, Hodgson AR. A comparison of foot forms among the non-shoe and shoe-wearing Chinese population. *J Bone Joint Surg Am.* 1958;40:1058-62.
- Kato T, Watanabe S. The etiology of hallux valgus in Japan. *Clin Orthop Relat Res.* 1981;(157):78-81.
- Munteanu SE, Menz HB, Wark JD, Christie JJ, Scurrah KJ, Bui M, et al. Hallux valgus, by nature or nurture? A twin study. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. Published online November 18, 2016; doi: 10.1002/acr.23154.
- Coughlin MJ. Hallux valgus. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:932-66.
- Willeger M, Holinka J, Ristl R, Wanivenhaus AH, Windhager R, Schuh R. Correction power and complications of first tarsometatarsal joint arthrodesis for hallux valgus deformity. *Int Orthop.* 2015;39:467-76.
- Schuh R, Willeger M, Holinka J, Ristl R, Windhager R, Wanivenhaus AH. Angular correction and complications of proximal first metatarsal osteotomies for hallux valgus deformity. *Int Orthop.* 2013;37:1771-80.
- Smith SE, Landorf KB, Butterworth PA, Menz HB. Scarf versus chevron osteotomy for the correction of 1-2 intermetatarsal angle in hallux valgus: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Surg.* 2012;51:437-44.
- Faour-Martín O, Martín-Ferrero MA, Valverde García JA, Vega-Castrillo A, de la Red-Gallego MA. Long-term results of the retrocapital metatarsal percutaneous osteotomy for hallux valgus. *Int Orthop.* 2013;37:1799-803.
- Lucas y Hernandez J, Golanó P, Roshan-Zamir S, Darcel V, Chauveaux D, Laffenêtre O. Treatment of moderate hallux valgus by percutaneous, extra-articular reverse-L Chevron (PERC) osteotomy. *Bone Joint J.* 2016;98:365-73.
- Díaz Fernández R. Percutaneous triple and double osteotomies for the treatment of hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2017;38:159-66.
- Badwey TM, Dutkowsky JP, Graves SC, Richardson EG. An anatomical basis for the degree of displacement of the distal chevron osteotomy in the treatment of hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 1997;18:213-5.
- Park CH, Jang JH, Lee SH, Lee WC. A comparison of proximal and distal chevron osteotomy for the correction of moderate hallux valgus deformity. *Bone Joint J.* 2013;95:649-56.
- Park HW, Lee KB, Chung JY, Kim MS. Comparison of outcomes between proximal and distal chevron osteotomy, both with supplementary lateral soft-tissue release, for severe hallux valgus deformity: a prospective randomised controlled trial. *Bone Joint J.* 2013;95:510-6.
- Bai LB, Lee KB, Seo CY, Song EK, Yoon TR. Distal chevron osteotomy with distal soft tissue procedure for moderate to severe hallux valgus deformity. *Foot Ankle Int.* 2010;31:683-8.
- Resch S, Stenström A, Gustafson T. Circulatory disturbance of the first metatarsal head after Chevron osteotomy as shown by bone scintigraphy. *Foot Ankle.* 1992;13:137-42.
- Garrido IM, Rubio ER, Bosch MN, González MS, Paz GB, Llabrés AJ. Scarf and Akin osteotomies for moderate and severe hallux valgus: clinical and radiographic results. *Foot Ankle Surg.* 2008;14:194-203.
- Adam SP, Choung SC, Gu Y, O'Malley MJ. Outcomes after scarf osteotomy for treatment of adult hallux valgus deformity. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:854-9.
- Aminian A, Kelikian A, Moen T. Scarf osteotomy for hallux valgus deformity: an intermediate followup of clinical and radiographic outcomes. *Foot Ankle Int.* 2006;27:883-6.
- Coetzee JC, Rippstein P. Surgical strategies: scarf osteotomy for hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2007;28:529-35.
- Murawski CD, Egan CJ, Kennedy JG. A rotational scarf osteotomy decreases troughing when treating hallux valgus. *Clin Orthop Relat Res.* 2011;469:847-53.
- Seng C, Chunyin Ho D, Chong KW. Restoring sesamoid position in scarf osteotomy: a learning curve. *J Foot Ankle Surg.* 2015;54:1089-92.
- Castaneda DA, Myerson MS, Neufeld SK. The Ludloff osteotomy: a review of current concepts. *Int Orthop.* 2013;37:1661-8.
- Saxena A, St Louis M. Medial locking plate versus screw fixation for fixation of the Ludloff osteotomy. *J Foot Ankle Surg.* 2013;52:153-7.
- Beischer AD, Ammon P, Corniou A, Myerson M. Three-dimen-

- sional computer analysis of the modified Ludloff osteotomy. *Foot Ankle Int.* 2005;26:627-32.
32. Iyer S, Demetracopoulos CA, Sofka CM, Ellis SJ. High rate of recurrence following proximal medial opening wedge osteotomy for correction of moderate hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2015;36:756-63.
 33. Yasuda T, Okuda R, Jotoku T, Shima H, Hida T, Neo M. Proximal supination osteotomy of the first metatarsal for hallux valgus. *Foot Ankle Int.* 2015;36:696-704.
 34. Goldbloom D, Makwana N, Laing P, Toullec E, Graff W, Charbel A. A new "tension side" locking plate for Hallux Valgus: a prospective multicentre case series. *Foot Ankle Surg.* 2016;22:103-8.
 35. Nyska M. Principles of first metatarsal osteotomies. *Foot Ankle Clin.* 2001;6:399-408.
 36. Smith BW, Coughlin MJ. Treatment of hallux valgus with increased distal metatarsal articular angle: use of double and triple osteotomies. *Foot Ankle Clin.* 2009;14:369-82.
 37. Jeyaseelan L, Chandrashekar S, Mulligan A, Bosman HA, Watson AJ. Correction of moderate to severe hallux valgus with combined proximal opening wedge and distal chevron osteotomies: a reliable technique. *Bone Joint J.* 2016;98:1202-7.
 38. Tóth K, Kellermann P, Wellinger K. Fixation of Akin osteotomy for hallux abductus with absorbable suture. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2010;130:1257-61.
 39. Sinnett T, Fang Y, Nattfogel E, O'Gorman A, Charalambides C. Suture fixation of an Akin osteotomy: a cost effective and clinically reliable technique. *Foot Ankle Surg.* 2017;23:40-3.