



원위 경비인대 염좌의 치료

최귀연, 이준영

조선대학교 의과대학 정형외과학교실

Management of High Ankle Sprain

Kwi Youn Choi, Jun Young Lee

Department of Orthopaedic Surgery, School of Medicine, Chosun University, Gwangju, Korea

High ankle sprain (distal tibiofibular syndesmosis injury) occurs from rotational injuries, specifically external rotation, and may be associated with ankle fractures. The prevalence of these injuries may be higher than previously reported because they may be missed in an initial examination. Syndesmosis injury can lead to significant complications in injured ankle joints, so a precise physical examination and radiological evaluation is necessary. The most important treatment goal is to have the tibia and fibula located in the correct position with respect to each other and to heal in that position. The methods to fix these injuries is controversial.

Key Words: Ankle, Syndesmosis, Tibiofibular joint

서론

원위 경비 인대 결합 손상은 연간 약 10만 명당 15명 정도 발생하며 특히 운동 선수들에게서 높은 비율로 발생한다.¹⁾ 족관절 골절의 80%에서 동반되어 나타나며 족관절 염좌 중 1%~18%는 원위 경비 인대 결합 손상이 있을 정도로 비교적 흔한 손상이지만²⁾ 많은 경우에서 초기에 진단이 되지 않아 그 유병률은 실제보다 더 적게 보고되고 있고³⁾ 아직까지 정확한 진단과 치료에 대해서는 논란이 있다. 원위 경비 인대 결합 손상과 그에 따른 족관절의 불안정성은 만성적인 족관절 통증 및 기능저하를 야기하고 외상성 관절염으로의 진행 등 돌이킬 수 없는 결과를 초래할 수 있다.⁴⁾ 또한 족관절 외측 인대 염좌 손상에 비해 운동으로의 복귀가 2배 이상 소요되어 특히 운동 선수들을 관리하는 의사들과 트레이너들은 원위 경비 인대 결합 손상의 치료가 매우 힘들다고 하였다.²⁾ 따라서

초기 손상 시에 빠른 진단과 적절한 치료가 매우 중요하다.

해부학 및 생역학

족관절의 안정성에 있어서 일차 안정화 구조물은 삼각인대이며 그 다음으로 중요한 인대는 원위 경비 인대 결합으로 알려져 있다. 원위 경비 인대 결합은 전후 하 경비 인대(anterior-inferior tibiofibular ligament [AITFL], posterior-inferior tibiofibular ligament [PITFL]), 하 횡경비 인대(transverse tibiofibular ligament [TTL]), 골간 인대(interosseous ligament [IOL]) 및 골간막(interosseous membrane, IOM)으로 구성되어 족관절 격자의 안정성을 주고 비골을 비골 경골 절흔에 위치하게 해준다(Fig. 1).⁵⁾ 이 중 비골의 외측방 전위에 대하여 전하 경비 인대는 35%, 후하 경비 인대는 33%, 골간 인대는 22%, 하 횡 인대는 9%의 안정성을 제공하며,⁶⁾ 원위 경비 인대 결합을 구성하는 모든 인대가 파열되면 족관절 격자가 2 mm 이상의 이개(diasis)를 보이게 되며 내측의 삼각 인대까지 절단되면 3.7 mm 이개가 발생하므로 원위 경비 인대 손상이 의심되는 경우 내측의 삼각 인대 손상에 대해 면밀하게 평가하는 것이 치료 방침의 결정에 매우 중요하다.⁷⁾

Received October 16, 2018 Revised October 28, 2018 Accepted October 28, 2018

Corresponding Author: Jun Young Lee

Department of Orthopaedic Surgery, Chosun University Hospital, 365 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwangju 61453, Korea

Tel: 82-62-220-3147, Fax: 82-62-226-3379, E-mail: leeje88@chosun.ac.kr

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9764-339X>

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright ©2018 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.

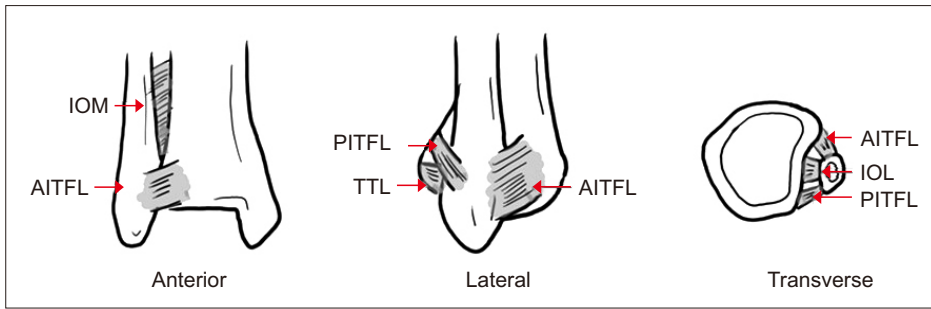


Figure 1. Illustration of the ligamentous anatomy of the syndesmosis: anterior-inferior tibiofibular ligament (AITFL), interosseous membrane (IOM), interosseous ligament (IOL), posterior-inferior tibiofibular ligament (PITFL), and transverse tibiofibular ligament (TTL).

손상의 기전

원위 경비 인대 결합 파열의 주된 손상 기전은 족관절의 외회전이고 또한 족관절의 외전에 의해서도 발생할 수 있다.⁸⁾ 그러므로 원위 경비 인대 결합 파열은 족관절의 회내-외회전, 회외-외회전, 또는 회내-외전 시에 발생하며, 특히 완전 파열은 회외-외회전에서 발생한다. 족관절 격자 내에서 거골을 외회전 또는 외전 시키는 힘이 작용하면 경골의 원위부에서 외측으로 전위된 거골에 의해 비골의 원위부가 외측으로 밀리게 되고 이로 인해 원위 경비 인대 결합 및 내측 삼각 인대의 이완 또는 파열이 발생하여 이개를 초래하게 된다.⁹⁾ 외회전력이 가해지면 전하 경비 인대가 먼저 파열된 후 골간 인대가 파열되고, 그 다음에 골간막이 파열되나 후하 경비 인대는 비골이 회전하는 경첩으로 작용하므로 파열되는 경우는 드물다. 외전에 의해 원위 경비 인대 결합의 손상이 발생할 경우에는 원위 경비 인대 결합의 손상이 발생하기 전에 삼각 인대의 파열 또는 내과의 골절이 먼저 발생한다. 근위 비골 골절은 기존에는 원위 경비 인대 결합의 손상과 연관된 것으로 알려져 있는데, 회전력에 의해 발생하였을 경우 심부 삼각 인대와 후방의 원위 경비 인대 결합이 보존되는 불완전 원위 경비 인대 결합 손상인 경우가 많으며 또한 외회전이 아닌 직접적인 외상에 의해 발생할 수 있고 이때에는 원위 경비 인대 결합의 불안정성이 유발되지 않는다.¹⁰⁾

손상의 분류

원위 경비 인대 결합 손상은 3단계로 분류할 수 있는데,¹¹⁾ 1단계 손상은 근위부 경비 인대 결합 및 심부 삼각인대의 손상 없이 삼각 인대의 전방 및 골간 인대 원위부의 손상만 있는 경우로 전하 경비 인대의 현저한 압통은 보일 수 있으나 이개는 없어 안정적인 단계이다. 2단계 손상은 삼각 인대의 전방과 심부 파열, 원위 경비 인대 결합의 중요부 손상을 동반한 경우로 족관절의 불안정을 동반하지만 비스트레스 엑스레이에서 정상 배열을 보여 진단이 어렵고 놓칠 가능성이 높아 환자에게 나쁜 결과를 초래하기도 하며 특히 만성 원위 경비 인대 결합 손상으로 진행될 경우 관절면(articular surface)의 변화, 만성 통증, 골연골 병변(osteochondral lesion)과 같은 더 큰 손상을 초래할 수 있다. 3단계 손상은 심한 외회전 및 외전으

로 내측 인대의 완전 파열과 원위 경비 인대 결합의 심각한 손상을 동반하며 흔히 근위 비골 골절(Maisonneuve fracture)을 동반한다. 이러한 3단계 손상은 초기 엑스레이 촬영에서 명백히 불안정성이 관찰된다.

진 단

1. 신체 검사

원위 경비 인대 결합 손상이 있으면 보통 전 거비 인대(anterior talofibular ligament)나 종비 인대(calcaneofibular ligament) 주변의 압통은 적으나 원위 경비 인대 결합 전방과 내측 삼각 인대 주변에 저명한 압통을 보인다.^{11,12)} 1, 2, 3단계 손상 모두에서 전방 삼각 인대의 압통을 보이고 심부 삼각 인대의 압통은 2, 3단계에서 보인다. 또한 원위 경비 인대 결합 부위의 압통은 모든 단계에서 나타나며 2, 3단계의 손상은 경골 원위부 1/3부터 중간 부위도 압통을 보인다. 손상 후 24시간 안에 부종이 경골과 비골 사이에 발생하면 원위 경비 인대 결합 손상을 의심해 볼 수 있으며 환자가 체중부하 보행을 하지 못하는 경우도 불안정 원위 경비 인대 결합 손상을 생각해볼 수 있다. 유발 검사로는 외회전 부하 검사(external rotation stress test)와 squeeze 검사가 있다. 외회전 부하 검사는 슬관절 90° 굴곡 상태에서 발을 외회전하여 인대 결합부에 통증이 발생하면 양성으로 원위 경비 인대 결합 손상과 이개와의 관계에 대한 생역학적 연구에서 가장 믿을만한 검사로 알려져 있지만 외회전 검사를 통해 원위 경비 인대 결합의 안정 또는 불안정 여부를 구별할 수는 없다.¹³⁾ Squeeze 검사는 하퇴부의 중앙에서 경골과 비골의 간격이 좁아지도록 압박하여 원위 경비 인대 결합부에 통증을 유발시키는 방법이나 이 검사는 다른 신체검사와 방사선 검사에서 다른 손상이 배제된 이후에 가능하다(Fig. 2).

2. 영상의학적 검사

방사선 검사는 원위 경비 인대 결합 손상이 의심되는 모든 환자에서 시행되어야 하며 가능하다면 체중부하하에 족관절 전후면, 측면, 그리고 격자상 3상을 모두 시행해야 한다.¹¹⁾ 또한 근위 비골 골절이 있는 경우는 경골과 비골 전장을 포함하는 체중부하 방사선 사진이 필요하다. 족관절 외회전 부하 방사선 촬영은 환자의 병

력, 이학적 검사 그리고 일반적인 방사선 검사에서 진단이 명백하지 않을 때 시행되며 국소 족관절 신경 마취를 통해 정확성을 높일 수 있다. 주로 이용되는 방사선 지표로 경비 간격(tibiofibular clear space), 경비 중복(tibiofibular overlap), 내측 빈 공간(medial clear space) 등이 있으나 경골 외측면의 앞 뒤에 있는 경골 결절의 크기 차이로 인해 비골 절흔의 깊이가 다양하고 족관절의 회전 정도에 따라 각각의 지표의 변동이 있어 원위 경비 인대 결합의 상태를 평가하기 위한 최적의 방사선 측정법은 존재하지 않는다고 했다.¹⁴⁾ 그러나 이 중 경비 간격은 5° 외회전에서부터 25° 내회전까지의 범위에서 크게 변하지 않기 때문에 방사선 촬영 시 발의 위치에 따른 변동이 적어 가장 신뢰할 만한 지표로 알려져 있다.¹⁵⁾ 경비 간격은 비골의 내측 경계와 비골 절흔에 이르는 후과의 외측 경계 사이를 말하는 것으로 원위 경골 관절면보다 1 cm 근위부에서 측정하게 되며 이것은 전후면 및 격자상 모두에서 6 mm 미만이어야 한다. 경비 중복은 비골과 전 경골 결절의 외측면과의 겹침으로 역시 경골 관절면보다 1 cm 근위부에서 측정한다. 전후면에서 6 mm 초과

되거나 경골 너비의 42%를 초과하여야 하며 격자상에서는 1 mm를 초과하여야 한다. 또한 내측 빈 공간은 거골의 천장(dome) 위치에서 내과 외측면과 거골의 안쪽 경계면 사이의 간격으로 정상에서는 중립위의 격자상에서 거골의 천장과 경골 천장 사이의 상측 빈 공간(superior clear space)보다 적거나 같아야 하며, 2 mm 이상이면 삼각인대 파열과 불안정성을 강력히 시사하며 4 mm 이상인 경우는 비정상적인 외측 전위를 의미한다(Fig. 3). 이러한 지표들은 반드시 환자의 병력과 임상적 특징을 고려하여 평가하여야 하며 이러한 평가 후에도 안정성이 의심되는 경우는 일주일 후 재평가 및 방사선 검사를 다시 시행하는 것이 필요하다. 기타 영상의학적 검사로 컴퓨터 단층촬영은 관상면, 축면, 그리고 시상면의 이미지를 통해 원위부 경골 비골 결합의 3차원적 영상을 얻을 수 있어 일반 방사선 사진에서 발견되지 않는 2~3 mm의 원위 경비 인대 결합 이개나 원위 비골의 불량한 정복을 확인할 수 있고, 자기 공명영상은 높은 민감도와 특이도를 보이는 검사로 손상의 기전이

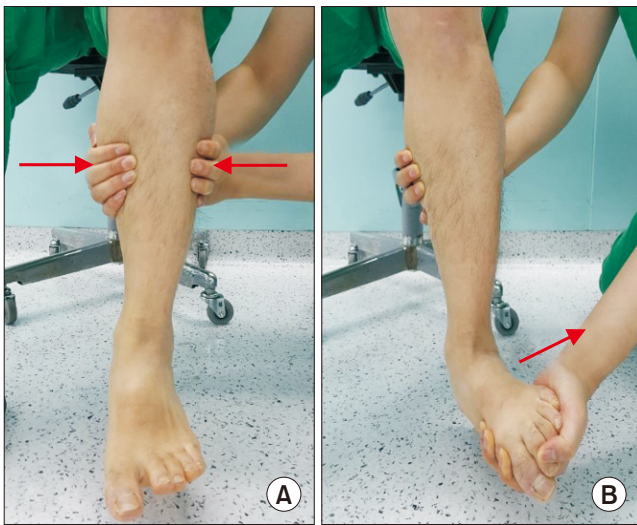


Figure 2. (A) Squeeze test is performed by compressive force is applied between fibula and tibia above midpoint of calf. Test is considered If produces distal pain. (B) External rotation test is positive if pain is reproduced with external rotation of the foot and ankle relative to the tibia.

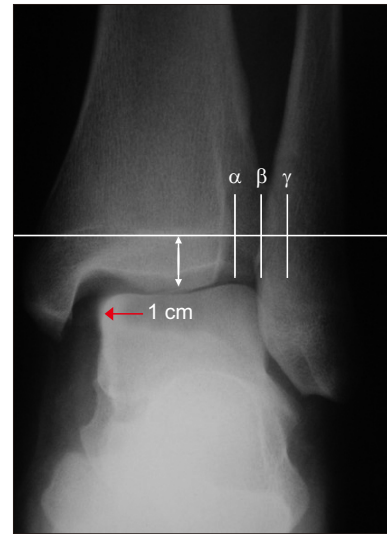


Figure 3. Anterior posterior radiograph of the ankle joint demonstrating important landmarks checked above 1 cm of distal tibial articular line. α to β distance is a tibio-fibular clear space, β to γ distance is a tibio-fibular overlap, and red arrow indicates medial clear space. α : lateral border of posterior tibial malleolus, β : medial border of fibula, γ : lateral border of anterior tibial tubercle.

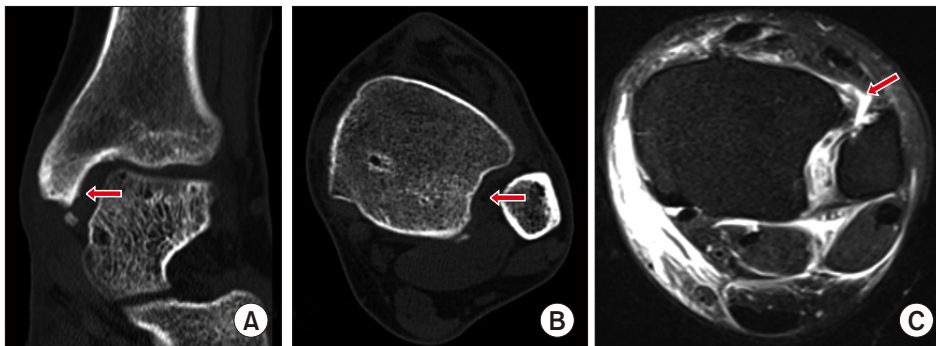


Figure 4. (A) Coronal section of the ankle joint computed tomography (CT) showed medial clear space widening with avulsion fragment of medial malleolus (arrow). (B) Axial section of the ankle joint CT showed widening of syndesmosis (arrow). (C) Axial T2-weighted magnetic resonance image of the ankle joint magnetic resonance imaging showed ruptured anterior-inferior tibiofibular ligament (arrow).

알려지지 않았거나 안정성이 의심스러운 경우에 도움이 되며 해부학적인 손상의 정도를 평가하는 데도 도움이 된다(Fig. 4).¹⁶⁾

치 료

급성 원위 경비 인대 결합 손상은 수상한 지 4주 이내로, Grade I의 원위 경비 인대 결합 손상은 대부분 수술적 치료가 필요하지 않고 단기간 부목고정과 얼음 찜질이 치료에 도움이 되며 안정성을 확인하기 위해 1~2주마다 반복적인 방사선학적 검사가 필요하다. 일반 환자들은 대개 안정을 위해 1~2주간의 목발 사용이 필요하며 운동선수들은 3~6주 동안 단계적으로 부츠나 보조기 착용이 필요하다. 일반적으로 Grade I단계의 손상 후 스포츠로 다시 돌아가는 평균 기간은 4~8주이다. Grade II, III는 불안정 손상으로 Grade III 손상은 수술적 치료가 반드시 필요하나 Grade II 손상은 수술적 치료에 대해 의견이 분분하다. 그러나 몇몇 저자들은 Grade II 손상의 경우에 대해서도 관혈적 정복술 및 내고정술을 시행했을 때 만성 불안정성의 합병증 가능성이 낮다고 하였다.¹⁷⁾

1. 족관절 경비 인대 결합 고정의 적응증

족관절 골절 동반 여부와 관계없이 이개가 2 mm 이상인 원위 경비 인대 결합 손상은 정복 및 내고정이 필요하다.⁵⁾ 내과 골절이 견고하게 고정되어 있으면서 안정형 비골 골절인 경우나 삼각 인대 파열이 있지만 관절면으로부터 3.0~4.5 cm 이내에 국한된 비골 골절은 원위 경비 인대 결합의 고정이 필요 없다고 알려져 있다. 그러나 2 mm 이상의 이개가 동반된 원위 경비 인대 결합 손상이나, 삼각 인대 파열이 존재하며 비골 골절이 관절면에서 최소 4.5 cm보다 위쪽에 존재하는 경우는 수술적 적응증으로 관혈적 정복 및 내고정이 필요하다.^{5,11)} 또한 골절을 동반한 경비 인대 결합 손상에서 비골 길이의 정확한 회복은 경비 인대 결합의 자연 정복을 유도하므로 비골 골절의 정확한 정복 및 견고한 고정은 필수적이며, 비골 골절의 정복에 있어서 주의할 점은 비골 골절 후 원위 골편이 외회전되는 경향이 있으므로 골절 정복 시 원위 골편을 내회전 방향으로 정복해야 경골의 비골구에 비골이 정확히 위치하게 된다. 비골 골절 고정 후에도 이개가 지속될 경우에는 경비 나사 못 고정이 필요하다. 특히 수술 중에 내측과 및 비골을 고정한 다

음 cotton 검사를 통해 원위 경비 인대 결합의 안정성을 정확하게 확인할 수 있다.¹⁸⁾ Cotton 검사는 비골 골절 정복 후에 갈고리를 이용하여 외과를 외측으로 잡아당겨 전위가 3~4 mm 이상 발생하면 경비 인대 결합 손상으로 진단할 수 있고, 이때는 내고정이 필요하다.¹¹⁾ 또한 수술 중 외회전 부하 검사를 시행하여 경골 비골 간격의 증가, 내측 관절 간격의 증가와 경골 비골 중복의 감소를 보이는 경우에도 내고정이 필요하다.

2. 족관절 경비 인대 결합 고정

불안정한 원위 경비 인대 결합 손상에서 해부학적 정복을 통한 경골-비골 간의 정확한 위치를 파악하는 것이 가장 중요하다. 현재 원위 경비 인대 결합 손상에 대한 고정 방법에 있어 내고정물의 선택, 필요한 나사의 숫자와 크기, 나사의 재질, 고정되는 피질골의 수 등은 아직까지 논란의 여지가 있다.¹⁹⁾ 3.5 mm나 4.5 mm의 나사의 경우 둘 다 생역학적 특성은 비슷한 것으로 보고 있으며, 4.5 mm 나사가 제거가 용이하고 체중부하 시 잘 부러지지 않는 장점이 있지만 불편감을 유발하는 단점이 있다.²⁰⁾ 4개의 피질골을 고정하는 경우는 견고하지만 4.5 mm 나사로 4개의 피질골을 고정하면 경골과 거골 사이의 외회전이 감소하고,²¹⁾ 3개의 피질골을 고정하면 생리적이지만 기구 해리가 더 잘 발생하거나 나사가 잘 부러질 수 있다.¹⁸⁾

최근에는 fiberwire를 이용한 suture button device를 사용하기도 하는데 기구 제거를 위한 2차 수술이 필요 없고 삽입물 실패(implant failure) 및 부정 정복(malreduction)의 가능성이 낮으며 원위 경비 인대의 미세 운동을 가능하게 하여 인체 적합성을 유지한다는 생역학적인 장점과 나사 고정과의 비교 시 족관절 관절운동 범위(range of motion) 및 조기 체중부하 등 임상적으로 보다 우수하다는 결과가 보고되고 있으나,²²⁾ 외회전에 약하다는 보고 또한 관찰되고 있어 이 부분에 대해서는 보다 많은 연구가 필요하다.^{23,24)}

3. 경비 인대 결합 나사 고정 술기

일반적인 치료 방법인 나사를 이용한 고정 시에는 방사선 촬영 하에 정복 검사를 이용하여 경비 인대 결합을 정복한 후에 3.5 mm 나 4.5 mm 나사 1개 내지 2개를 이용하여 원위 경골 천정의 근위 2 cm에서 3개 혹은 4개의 피질골 고정을 시행한다(Fig. 5). 나사는



Figure 5. Intraoperative fluoroscopic image. (A) Image showed widening of syndesmosis. (B) Syndesmosis reduction performed by using large reduction clamp. (C) And then the syndesmosis fixation with single 4.5 mm screws was performed.

관상면상에서 관절면과 평행하지 않는 경우 비골의 단축이나 연장이 발생할 수 있어 평행하게 삽입해야 한다. 나사 삽입 위치는 관절면에서 2 cm 근위에서 위치하는 것이 3.5 cm 근위부에서보다 더 원위 경비 인대 결합이 잘 유지된다고 하였으나 실제 임상적 연구에서는 큰 차이가 없었다.^{25,26)} 단면상에서 비골은 경골의 뒤쪽에 위치하기 때문에 나사는 후외측에서 전내측 방향으로 약 25°로 삽입해야 한다. 검자를 이용하여 경비 인대 결합 정복을 유지해야 나사를 삽입하는 동안 드릴 구멍의 위치가 변하는 것을 막을 수 있다. 또한 나사는 전 나사못(full threaded screw)을 사용하고 압박 고정을 해서는 안 된다.¹¹⁾ 나사 삽입 시의 발목 위치는 여전히 논란 중이다. 거골의 천장은 뒤쪽이 더 좁은 사다리꼴 모양으로, 족저 굴곡된 상태에서 나사를 삽입하게 되면 족배 굴곡의 제한이 발생하므로 최대 족배 굴곡하여 족관절 각도가 가장 넓어진 상태에서 고정할 것을 권유했지만 최대 족배 굴곡 상태에서 나사 고정 시 오히려 외회전력이 발생하여 부정 고정이 생길 수 있다는 사체 연구도 있어 중립 위에서 고정하는 것이 좋을 것으로 생각된다.²⁷⁾

4. 수술 후의 치료

수술 후 체중부하 시기와 나사 제거 시기에 대해서는 아직 논란이 있으나 일반적으로 손상된 경비 인대가 치유되는 데는 최소 12주가 필요하고, 술 후 12주 이전에 나사를 제거할 경우 이개가 재발할 수 있으므로 술 후 12주 후에 제거하는 것이 바람직하다.²⁸⁾ 경비 인대 결합 나사 고정 시에 36% 비율의 경비 인대 결합의 부정 정복을 보이나 나사 제거 이후 89%에서 자연 정복을 관찰하였다는 보고가 있다.²⁹⁾ 나사못을 제거하기 전에 체중부하를 할 경우 나사못의 이완(loosening)이나 파손(breakage)이 발생할 수 있으므로 환자에게 체중부하를 삼가도록 충분한 설명과 교육이 중요하다.

5. 만성 경비 인대 결합 손상의 치료

초기 진단을 놓쳐서 3개월 이상 경과된 만성 경비 인대 결합 손상의 경우 족관절에 퇴행성 변화가 시작됐을 가능성이 있어 이에 대한 영상의학적 또는 관절경을 이용한 정확한 확인이 필요하며,⁹⁾ 나사 고정술, 관절경적 수술 등을 시도해 볼 수 있고 또는 동적인 안정성을 제공하기 위해 전하 경비 인대 및 후하 경비 인대 재건술을 시행해 볼 수도 있다.

REFERENCES

1. van den Bekerom MP, Lamme B, Hogervorst M, Bolhuis HW. Which ankle fractures require syndesmotic stabilization? *J Foot Ankle Surg.* 2007;46:456-63.
2. Clanton TO, Paul P. Syndesmosis injuries in athletes. *Foot Ankle Clin.* 2002;7:529-49.
3. Dattani R, Patnaik S, Kantak A, Srikanth B, Selvan TP. Injuries to the tibiofibular syndesmosis. *J Bone Joint Surg Br.* 2008;90:405-10.
4. Marti RK, Raaymakers EL, Nolte PA. Malunited ankle fractures. The late results of reconstruction. *J Bone Joint Surg Br.* 1990;72:709-13.
5. Rammelt S, Zwipp H, Grass R. Injuries to the distal tibiofibular syndesmosis: an evidence-based approach to acute and chronic lesions. *Foot Ankle Clin.* 2008;13:611-33, vii-viii.
6. Ogilvie-Harris DJ, Reed SC. Disruption of the ankle syndesmosis: diagnosis and treatment by arthroscopic surgery. *Arthroscopy.* 1994;10:561-8.
7. Jenkinson RJ, Sanders DW, Macleod MD, Domonkos A, Lydestadt J. Intraoperative diagnosis of syndesmosis injuries in external rotation ankle fractures. *J Orthop Trauma.* 2005;19:604-9.
8. Peña FA, Coetzee JC. Ankle syndesmosis injuries. *Foot Ankle Clin.* 2006;11:35-50, viii.
9. Markolf KL, Jackson SR, McAllister DR. Syndesmosis fixation using dual 3.5 mm and 4.5 mm screws with tricortical and quadricortical purchase: a biomechanical study. *Foot Ankle Int.* 2013;34:734-9.
10. Harris IA, Jones HP. The fate of the syndesmosis in type C ankle fractures: a cadaveric study. *Injury.* 1997;28:275-7.
11. Zalavras C, Thordarson D. Ankle syndesmotic injury. *J Am Acad Orthop Surg.* 2007;15:330-9.
12. Sikka RS, Fetzer GB, Sugarman E, Wright RW, Fritts H, Boyd JL, et al. Correlating MRI findings with disability in syndesmotic sprains of NFL players. *Foot Ankle Int.* 2012;33:371-8.
13. Sman AD, Hiller CE, Rae K, Linklater J, Black DA, Nicholson LL, et al. Diagnostic accuracy of clinical tests for ankle syndesmosis injury. *Br J Sports Med.* 2015;49:323-9.
14. Wuest TK. Injuries to the distal lower extremity syndesmosis. *J Am Acad Orthop Surg.* 1997;5:172-81.
15. Pneumatics SG, Noble PC, Chatzioannou SN, Trevino SG. The effects of rotation on radiographic evaluation of the tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle Int.* 2002;23:107-11.
16. Takao M, Ochi M, Oae K, Naito K, Uchio Y. Diagnosis of a tear of the tibiofibular syndesmosis. The role of arthroscopy of the ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 2003;85:324-9.
17. Ebraheim NA, Elgafy H, Padanilam T. Syndesmotic disruption in low fibular fractures associated with deltoid ligament injury. *Clin Orthop Relat Res.* 2003;(409):260-7.
18. Heim D, Heim U, Regazzoni P. [Malleolar fractures with ankle joint instability--experience with the positioning screw]. *Unfallchirurgie.* 1993;19:307-12. German.
19. Jones CB, Gilde A, Sietsema DL. Treatment of syndesmotic injuries of the ankle: a critical analysis review. *JBJS Rev.* 2015;3. doi: 10.2106/JBJS.RVW.N.00083.
20. Thompson MC, Gesink DS. Biomechanical comparison of syndesmosis fixation with 3.5- and 4.5-millimeter stainless steel screws. *Foot Ankle Int.* 2000;21:736-41.
21. Needleman RL, Skrade DA, Stiehl JB. Effect of the syndesmotic screw on ankle motion. *Foot Ankle.* 1989;10:17-24.
22. Andersen MR, Frihagen F, Hellund JC, Madsen JE, Figved W. Randomized trial comparing suture button with single syndesmotic screw for syndesmosis injury. *J Bone Joint Surg Am.* 2018;100:2-12.
23. Degroot H, Al-Omari AA, El Ghazaly SA. Outcomes of suture

- button repair of the distal tibiofibular syndesmosis. *Foot Ankle Int.* 2011;32:250-6.
24. Thornes B, Walsh A, Hislop M, Murray P, O'Brien M. Suture-endobutton fixation of ankle tibio-fibular diastasis: a cadaver study. *Foot Ankle Int.* 2003;24:142-6.
25. McBryde A, Chiasson B, Wilhelm A, Donovan F, Ray T, Bacilla P. Syndesmotic screw placement: a biomechanical analysis. *Foot Ankle Int.* 1997;18:262-6.
26. Kukreti S, Faraj A, Miles JN. Does position of syndesmotic screw affect functional and radiological outcome in ankle fractures? *Injury.* 2005;36:1121-4.
27. Tornetta P 3rd, Spoo JE, Reynolds FA, Lee C. Overtightening of the ankle syndesmosis: is it really possible? *J Bone Joint Surg Am.* 2001;83:489-92.
28. Ebraheim NA, Lu J, Yang H, Mekhail AO, Yeasting RA. Radiographic and CT evaluation of tibiofibular syndesmotic diastasis: a cadaver study. *Foot Ankle Int.* 1997;18:693-8.
29. Song DJ, Lanzi JT, Groth AT, Drake M, Orchowski JR, Shaha SH, et al. The effect of syndesmosis screw removal on the reduction of the distal tibiofibular joint: a prospective radiographic study. *Foot Ankle Int.* 2014;35:543-8.