

잠김 금속판을 이용한 중족부 관절 유합술의 결과

인제대학교 의과대학 일산백병원 정형외과학교실

차성무 · 강경운 · 서진수

Result of Midfoot Fusion with Locking Plate

Seong Mu Cha, M.D., Kyung Woon Kang, M.D., Jin Soo Suh, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Inje University, Ilsan Paik Hospital, Goyang, Korea

=Abstract=

Purpose: The purpose of this study was to compare and analyze the results of midfoot arthrodesis with locking plate fixation and the other instruments.

Materials and Methods: Twenty one patients, a total of 22 feet who underwent midfoot arthrodesis at our institution were reviewed retrospectively from January 2006 to December 2011. Locking plates were used in 9 cases, and the other instruments such as K-wires, screws, staples were used in 13 cases. Radiologic union time was evaluated and compared between both groups. Preoperative & postoperative AOFAS midfoot scores were evaluated and compared as clinical results.

Results: The average AOFAS score was rising from 69.7 to 89.4 in locking plate group and from 67.6 to 80.7 in the other instrument group. There was no statistically significant difference in two groups ($p=0.179$). The mean radiologic union time was 10.2 weeks in locking plate group, 12.6 weeks in the other instrument group with no significant difference ($p=0.062$). One case of peroneal nerve irritation was detected as a complication in locking plate group. One case of peroneal nerve irritation and 1 case of superficial wound infection with skin sloughing were detected in the other instrument group.

Conclusion: There was no statistically significant difference for union time and clinical results in both groups. A locking plate can be one of the useful option for midfoot arthrodesis.

Key Words: Midfoot, Midfoot arthrodesis, Locking plate

서 론

중족 관절은 체중 부하 시 후족부에서 전족부로 체중을 이동시켜주는 역할을 하는 중요한 관절이다.¹⁾ 외상이나 퇴행성 변화 등 여러 이유로 중족 관절의 관절염이 발생할 수 있고, 증상이 경한 경우에는 딱딱한 깔창 등을 이용한 보존적 치료 등을 시도해 볼 수 있으나, 이러한 보존적 치료에 반응이 없는 경우에는 최종적으로 관절 유합술이 필요하게 된다. 중족 관절은 단면적이

Received: January 18, 2013 Revised: February 7, 2013

Accepted: February 14, 2013

• **Corresponding Author: Jin Soo Suh, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, Inje University Ilsan Paik Hospital, 2240 Daehwa-dong, Ilsan-seo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, Korea

Tel: +82-31-910-7968 Fax: +82-31-910-7967

E-mail: sjs0506@paik.ac.kr

• 본 논문의 요지는 2012년 추계 대한족부족관절 학회에서 발표되었음

작고 체중 부하를 하면 큰 굴곡력(bending force)을 받는 부위로서, 유합술 시 견고한 고정을 얻기 어렵고, 유합 되기까지 오랜 기간 체중부하를 허용하지 못하고, 종종 불유합이 발생하기도 한다. 기존의 K-강선, 금속 나사못, staple 등의 기구를 사용하여 고정을 시행할 수 있으나, 최근 잠김 금속판이 적용하기도 용이하고 안정적인 고정력을 줄 수 있어 사용이 늘어나고 있다. 따라서 기존의 관절 유합술에 사용하던 기구와의 비교를 통한 연구의 필요성을 느끼게 되었고 이에 저자들은 잠김 금속판을 이용한 중족 관절 유합술과 기존의 기구를 이용한 중족 관절 유합술을 시행한 결과를 비교 분석하여 그 결과를 보고하고자 한다.

대상 및 방법

2006년 1월부터 2011년 12월까지 본원에서 중족-중족 관절 및 횡 중족관절을 포함한 중족부의 유합수술

을 받은 환자를 대상으로 하였다. 소아와 Charcot 관절 병증 환자, 염증성 관절염과 같이 4개 이상의 다발성 관절에서 재정렬 중족 관절 유합술을 시행해야 하는 광범위의 중족 족근 관절 유합술 등을 제외한 21명, 22례를 대상으로 후향적으로 연구를 하였다. 이전 중족부의 골절력이 있었던 후외상성 관절염이 15례, 원발성 퇴행성 관절염 3례, 주상-설상관절의 선천 유합(coalition)이 3례, 결핵에 의한 이차성 관절염이 1례이었다. 평균연령은 52세(20~78세)였고, 성별로는 남성 10명과 여성 11명이었으며 평균 추시 기간은 21개월(12~51개월)이었다. 잠김 금속판을 이용한 군을 A군으로, 다른 기구를 이용한 군을 B군으로 나누어 비교하였다. A군은 남자 5례(5명), 여자 4례(4명)이었으며, B군은 남자 6례(5명), 여자 7례(7명)이었다. 중족 관절 유합 수술을 시행한 원인은 A군의 경우 후외상성 관절염이 6례(6명), 퇴행성 관절염 3례(3명)였으며, B군의 경우 후외상성 관절염이 9례(9명), 결핵에 의한 이

Table 1. Demographics of Patient's Data

Case	Age/Sex	Cause	Site	Location	Instrument	Radiologic union (weeks)	AOFAS score (last)
1	57/F	*OA	R	†2 nd TMT	Locking plate	12	90
2	56/M	Trauma	L	3 rd TMT	Locking plate	10	85
3	33/M	Trauma	R	2 nd , 3 rd TMT	Locking plate	8	90
4	36/M	Trauma	L	1 st , 2 nd , 3 rd TMT	Locking plate	12	85
5	33/M	Trauma	L	1 st TMT	Locking plate	8	85
6	64/M	OA	R	2 nd , 3 rd TMT	Locking plate	10	80
7	56/F	OA	L	2 nd , 3 rd TMT	Locking plate	12	100
8	67/F	Trauma	L	2 nd , 3 rd TMT	Locking plate	8	100
9	78/F	Trauma	R	1 st TMT	Locking plate	12	90
10	45/M	Coalition	R	‡NC	Screw, staple	12	90
11	45/M	Coalition	L	NC	Screw, staple	14	85
12	39/F	Trauma	R	NC, §TN 3 rd TMT	Screw	12	80
13	71/F	Trauma	R	CC, TN, 1 st TMT	K-wire, staple	12	90
14	61/M	Trauma	R	NC, ¶IC, 2 nd , 3 rd TMT	Screw, staple	8	72
15	56/M	Trauma	L	2 nd , 3 rd TMT	Screw, staple	12	67
16	20/F	Coalition	L	NC	K-wire, screw	8	85
17	44/M	Trauma	L	2 nd , 3 rd TMT	Screw	12	75
18	78/F	Trauma	R	1 st , 2 nd , 3 rd TMT	K-wire, screw	12	85
19	64/F	Trauma	L	¶CC	Staple	12	75
20	58/M	Trauma	R	NC, 1 st , 2 nd , 3 rd TMT	Staple, screw	12	85
21	24/F	Trauma	L	1 st , 2 nd TMT	Screw	16	90
22	57/F	Infective	L	NC, IC, 2 nd , 3 rd TMT	K-wire	18	70

* OA-osteoarthritis, † TMT-tarsometatarsal joint, ‡ NC-naviculocuneiform joint, § TN-talonavicular joint, ¶ IC-intercuneiform joint, CC-calcaneocuboid joint

차성 관절염이 1례(1명)였으며, 주상-설상 관절의 선천 유합(coalition)이 3례(2명)였다(Table 1).

전례에서 우선적으로 보존적 치료를 시도하였으며, 호전되지 않는 경우에 CT측정을 통해 관절면의 이상을 확인하고 뚜렷하지 않은 경우 해당 관절에 영상증폭기로 확인하며 국소마취제를 관절 내에 주입하여 증상 경감 여부를 보고, 최종적으로 수술 여부 및 대상 관절을 결정하였다. 수술은 모두 한 술자에 의해 시행되었으며 9례에서 잠김 금속판을 이용 하였으며, 잠김 금속판이 아닌 다른 기구를 사용한 13례중 2례에서 K-강선 및 Steinmann pin, 9례에서 금속 나사못, 2례에서 staple 을 이용하여 유합술을 시행하였다. 수술은 해당 관절 부위의 피부에 종절개를 하여, 연부 조직 박리를 하여 관절면을 노출 시켰다. 견인기를 이용하여 관절면을 노출하고 연골을 제거하여 유합면을 만들었다. 연골하 골이 노출된 것을 확인하고, 고정 기구를 사용하여 관절을 고정하였다. 특히, 잠김 금속판의 경우에는 관절 부위가 볼록하여 금속판의 형태와 맞지 않아, 절삭을 하여 금속판을 대기에 용이하게 만들고 고정하였다.

수술 후 6주간은 단하지 석고 고정을 하여, 체중 부하를 하지 않도록 하였다. 수술 후 6주부터는 석고 제거 후, 부분 체중 부하를 하도록 하며, 점차 부분 체중 부하를 허용하면서, 추시에서 방사선학적 골 유합이 보이는 전 체중 부하를 하도록 하였다.

방사선학적 유합은 전후면 및 측면상 검사에서 4개의 피질골 음영중 3개 이상에서 피질골 음영의 연속성이 보이는 경우를 방사선학적 유합이 관찰되는 시기로 정의 하였다. 임상적 평가로는 수술 전후의 AOFAS (American Orthopedic Foot Ankle Society) midfoot score을 측정하여 환자의 증상 호전여부를 설문조사를 통해 관찰 하였다. 외래 추시에서는 합병증에 대해서도 조사하였다. 통계학적 분석은 SPSS version 18.0으로 두 군간 Mann Whitney U검정을 이용하여 p값의 유의 수준을 0.05로 하여 비교 분석 하였다.

결 과

전체 환자들의 유합 관절 수는 단일 관절만 유합술을



Figure 1. A 33 years old male patient visited for his right foot pain, he had hyper-extension injury at 1 year ago. The 2nd and 3rd TMT joint space was narrowed and bony spur was observed in plain x-ray at initial present. (A) His symptom was not relieved by conservative treatment include intra-articular injection. The 2nd and 3rd TMT arthrodesis was done with locking plate. (B) After 1 year of operation, metal was removed and the 2nd and 3rd TMT was fully united, (C) and patient symptom was completely relieved.

한 경우가 8례(7명), 두 관절을 유합술을 한 경우가 9례(9명), 세 관절의 유합술을 한 경우가 5례(5명)였다. A군은 4례에서 단일 관절, 4례에서 두 관절, 1례에서 세 관절 유합술을 하였고, 전례에서 족근-중족 관절 유합술을 하였다. B군은 4례의 단일 관절 유합술과 5례에서 두 관절, 4례에서 세 관절 유합술이 시행되었다.

관절 유합 부위는 잠김 금속판을 이용한 A군에서는(Fig. 1) 15관절에서 중족-족근관절을 유합 하였으며, 2, 3번 족근-중족 관절이 가장 많았다. 다른 기구를 사용한 B군에서는(Fig. 2) 13관절에서 족근-중족 관절, 6관절이 주상-설상 관절, 2관절이 종-입방 관절이, 2관절이 거-주상 관절, 3관절이 설상 골간 관절이었다(Table 2).

전례에서 모두 골 유합 되었으며, 방사선학적 유합 시기는 A군은 평균 10.2주에 유합을 보였고, B군은 평균 12.6주 유합을 보였으나, 두 그룹간의 방사선학적 유합시기의 비교는 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다($p=0.062$). 수술 전과 수술 후의 AOFAS

midfoot score는 잠김 금속판을 사용한 A군은 수술 전 69.7점에서 89.4점으로 AOFAS 점수의 상승을 보이고, 잠김 금속판 외의 다른 고정 방법을 사용한 B군도 수술 전 67.6점에서 80.7점으로 상승하여 양군에서 모두 AOFAS점수의 상승을 보였다. 하지만 두 군간의 최종 AOFAS midfoot score는 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($p=0.179$)(Table 3).

전례에서 합병증은 3례가 있었다. A군에서 비골 신경 자극 증상이 1례, B군에서 비골 신경 자극 증상이 1례 및 천부 창상 감염 및 피부 괴사(sloughing)가 1례 관찰되었다. 신경 자극 증상 2례는 모두 수개월간의 경과 관찰 후 증상 호전 되었으며, 천부 창상 감염 및 피부 괴사를 보인 1례는 K-강선 제거 및 드레싱을 하며 추가적인 수술 없이 경과 관찰하여 호전되었다.

고 찰

중족부는 내측 주, 중간 주, 외측 주로 3개의 주



Figure 2. A 56 years old male patient visited our institution for his left foot pain, the patient had Lisfranc injury due to overriding injury about 15 months ago and an operation was attempted at that time. However, he suffered from persisting foot pain after the metal removal. The 2nd & 3rd TMT joint space was narrowed and the bony spur was observed in plain x-ray (A) and CT scan. (B) The 2nd & 3rd TMT joint was fused with staples. (C) At 1 year after the operation, the staples was removed and the patient symptom was relieved.

(column)로 나뉘어져 있고,²⁾ 체중 부하 시 후족부와 전족부의 무게 이동의 중간 부분으로,¹⁾ 여기에 관절염이 생기면 보행이나 체중 부하 시 통증과 기능 이상을 초래하게 된다.³⁾ 중족 관절염의 원인으로는 외상후에 발생하는 후외상성 관절염이 가장 흔한 원인으로 알려져 있고,^{4,5)} 특히 중족 관절 손상 중 가장 많이 발생하는 부위는 리스프랑 관절 복합체(Lisfranc joint complex)로서, 수상 당시의 관절 손상 정도가 최종적 결과에 영향을 미친다.^{6,7)}

어떤 원인이든 중족 관절의 안정성과 중족 관절에 전해지는 부하의 변화가 있으면 중족 관절염의 증상을 일으킨다고 알려져 있다.⁸⁾ 중족 관절염으로 인한 증상이 있는 경우 치료의 목표는 증상의 경감과 중족부의 안정성을 더하고, 관절염이 있는 관절의 부하를 줄이도록 하는 것이다. 약물 치료 이외의 보존적 치료로 신발의 교정이나 보조기 등을 이용하여 중족부의 부하를 변화시키고, 통증의 경감을 목적으로 사용할 수 있는데, 딱딱한 깔창(Stiff soled shoes)이나 흔들리지 않는 형태의(rocker bottomed) 신발이나 보조기가 보행 시 체중 부하를 경감시키고 추진력(propulsion)을 주기 좋은 것으로 알려져 있고,³⁾ 이러한 보존적 치료에도 증상

경감의 효과가 충분하지 않을 경우 수술적 치료를 시행하게 되는 데, 수술 치료로는 중족 관절 유합술이 가장 흔하게 시행 된다. Nemeec 등⁹⁾은 일차성 중족-족근 관절염이 있을 경우 중족-족근 관절 유합술을 시행한 경우 임상 증상의 호전과 낮은 불유합율을 나타낸다고 보고하였으며, Kilmartin 등¹⁰⁾은 2번째 중족 설상 관절염에서 중족-족근 관절 유합술이 효과적인 치료라고 보고하였다. 이외에도 Mann 등¹¹⁾도 중족 관절 유합술 후 90% 이상에서 좋은 결과를 보고 하며, 중족 관절의 변형이 있는 경우에는 변형의 재정렬을 함께 해야 결과가 좋다고 하였고, Jung 등¹²⁾도 원발성 중족 관절염의 유합술을 시행하여 93%의 유합율을 보이며, 환자들의 만족도가 높은 것을 보고 하였다.

중족 관절 유합의 목적은 족부의 기계적인 정렬을 회복하고, 관절면의 연골을 제거하여 적절한 유합면을 준비 해야 하며, 여러 가지 고정 기구를 이용하여 단단한 고정을 획득하는 것이다.¹³⁾ 그러나, 중족 관절은 관절면의 접촉 면적이 좁고, 인접관절이 많아 해당 관절만 견고한 고정을 하기 어렵고, 체중 부하 시 계속해서 굴곡력이 작용하므로 관절 유합이 어려운 경향이 있어서 장기간 체중부하를 제한해야 하는 문제점이 있다. 또한

Table 2. Sites of Arthrodesis

	Group A (locking plate)	Group B (other instruments)
*TMT		
1 st TMT	3	3
2 nd TMT	6	5
3 rd TMT	6	5
4 th TMT	0	0
5 th TMT	0	0
Naviculocuneiform joint	0	6
Calcaneocuboid joint	0	2
Intercuneiform joint	0	3
Talonavicular joint	0	2
	15	26

* TMT-tarsometatarsal joint

Table 3. Statistical Analysis of Radiologic and Clinical Results.

	Total	Group A	Group B	p-value
AOFAS score	84.3	89.4	80.7	0.179
Radiologic union	11.6	10.2	12.6	0.062

중족부의 배부는 피부가 얇아서 창상 치유에 따른 문제가 생기는 경우가 많으며, 고정물이 크면 신발 착용 등에 따른 자극 증상을 일으킬 수 있으며, 비골 신경 주행 방향과 일치하여 비골 신경에 손상을 주기 쉽다. 따라서 중족 관절 유합술 시 최소한의 절개를 통해 견고한 고정을 하며 얇은 피부에도 자극이 적은 적절한 고정 방법을 선택하는 것이 중요하다.

다양한 형태의 금속판과 압박 나사 등이 중족 관절 유합술에 사용될 수 있다고 제안되어 왔으나, 이들 중 성공적인 유합과 함께 임상적으로 최고의 결과를 얻을 수 있는 고정 기구가 무엇인지를 입증하는 연구 결과는 아직까지 없어, 어떤 기구의 사용이 가장 유용하다는 것은 연구가 필요한 상황이다. 제한적인 연구 결과로 Jarrell 등¹⁴⁾은 거-주상 관절의 유합술에 금속판을 이용한 군과 금속 나사만을 사용한 군의 비교에서, 두 군 간 결과에 큰 차이는 없다고 하였으나, Suh 등¹⁵⁾과 Marks 등¹⁶⁾은 금속판을 이용하여 고정한 군에서 지연 나사만을 사용한 군보다 기계적인 안정성이 더 좋다고 하였다. DeVries 등¹⁷⁾은 제1 중족-족근 관절에서 잠김 금속판을 이용하여 유합술을 시행한 군과 금속 나사만의 고정을 이용하여 유합술을 한군의 비교에서 잠김 금속판을 사용한 군이 골유합이 빠르고, 전 체중 부하 시기가 빠르다고 하였다.

잠김 금속판의 장점으로 잠김 나사의 각 안정성으로 유합 부위에 전해지는 부하를 보다 더 균등하게 전달할 수 있어, 다른 기구 특히, 기존의 금속 나사를 이용한 경우 보다 유합 부위로 전달되는 부하가 적은 것들을 들 수 있다.¹⁸⁾ 그리고 잠김 금속판 이외의 다른 기구에 있어 K-강선은 견고한 고정을 얻기 어렵고, 고정 후에 남게 되는 돌출된 끝부분에 의한 연부 조직 및 피부 자극이 있을 수 있다. 금속 나사의 경우 인접 관절 들로 인해 고정 각도를 얻기 어렵고 고정시 관절면쪽의 골절을 일으키기 쉬우며, 유합면이 좁은 상태에서 유합면을 관통하여 고정 하므로, 유합면이 더 좁아지는 결과를 초래해 관절 유합을 더 어렵게 만들 수 있는 등의 단점이 거론되고 있다.

본 연구에서 잠김 금속판을 이용하여 중족 관절 유합술을 시행한 경우 통계학적으로 의미 있는 차이는 없었지만, 기존의 고정 방법을 사용한 경우 보다 유합 시기가 빠른 경향을 보였고, 임상적 결과도 최종의 AOFAS midfoot score의 결과가 통계학적으로 유의하지는 않

았지만, AOFAS 전체 점수가 설문내의 모든 항목에서 잠김 금속판을 사용한 A군이 이외의 기구를 사용한 B군보다 평균 점수가 높았다. 따라서 중족 관절 유합술을 시행할 때 잠김 금속판을 사용하는 것이 하나의 좋은 선택일 수 있을 것으로 사료된다.

또한 잠김 금속판은 본래 골막의 혈행을 방해 하지 않고 적용할 수 있다는 장점이 알려져 있으나 실제로는 관절염이 있는 관절에 금속판의 형태가 맞지 않는 경우가 많아서 저자들은 금속판과 골 접촉을 증가 시키기 위하여 골막을 벗기고 금속판 적용 부위의 골극과 뼈 일부를 절삭기로 갈아내고 잠김 금속판의 형태에 맞도록 고정하여 그러한 장점을 살리지는 못하였다. 고정 방법과 상관없이 관절 유합을 위해 관절을 신연 시키고 관절면을 노출시켜 남은 연골을 철저히 제거해야 하는데, 이 과정에서 발등으로 지나가는 연부 조직의 손상 가능성으로 인해 감염 및 피부 괴사의 가능성과 발등의 신경 손상의 가능성이 있고, 실제 본 연구에서 A군의 경우 비골 신경 자극 증세를 보인 경우가 1례 있었고, B군에서 K-강선에 의한 자극으로 인한 비골 신경 자극 증세 1례와 돌출된 K-wire의 끝부분으로 인한 창상 감염 및 부분적 피부 괴사가 1례 확인 되었다. 합병증이 발생한 모든 증례에서 추가적인 수술적 치료 없이 보존적 치료만으로 호전 되었고, 이러한 합병증은 고정 방법과 큰 상관 없이 발생한다는 것을 확인하였다.

본 연구는 후향적으로 진행된 연구라는 한계가 있다. 그리고 증례수가 적어 다른 기구들 각각을 사용한 경우와의 비교를 할 수 없었다는 것이 제한점으로 생각된다. 향후 더 많은 증례의 추가와 장기적인 추시를 통한 평가가 필요할 것으로 사료된다.

결 론

중족 관절의 유합술에 있어 잠김 금속판을 이용하는 경우 기존의 고정 방법을 이용하는 경우에 비해 골유합 시기나 임상적 결과에 있어 통계적으로 유의성은 없었다. 그러나 골 유합 시기가 빠른 경향이 있어 체중 부하 제한 기간을 줄일 수 있으리라 기대 되어, 잠금 금속판도 중족부의 유합술에 사용해 볼만한 기기인 것으로 생각되며, 좀 더 많은 증례에 대한 연구가 뒤따라야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. **Sayeed SA, Khan FA, Turner III NS, Kitaoka HB.** *Midfoot Arthritis: A review. Am J Orthop.* 2008;37:251-6.
2. **Peicha G, Labovitz J, Seibert FJ, et al.** *The anatomy of the joint as a risk factor for Lisfranc dislocation and fracture dislocation: An anatomical and radiological case control study. J Bone Joint Surg Br* 2002;84:981-5.
3. **Patel A, Rao S, Nawoczenski D, Flemister AS, DiGiovanni B, Baumhauer JF.** *Midfoot arthritis. J Am Acad Orthop Surg.* 2010;18:417-25.
4. **Sack K.** *Monarthritits: Differential diagnosis. Am J Med* 1997;102:30-4.
5. **Richter M, Wippermann B, Krettek C, Schrott HE, Hufner T, Therman H.** *Fractures and fracture dislocations of the midfoot: Occurrence, causes and longterm results. Foot Ankle Int.* 2001;22:392-8.
6. **Myerson MS, Fisher RT, Burgess AR, Kenzora JE.** *Fracture dislocations of the tarsometatarsal joints: End results correlated with pathology and treatment. Foot Ankle* 1986;6:225-42.
7. **Kuo RS, Tejawani NC, Digiovanni CW, et al.** *Outcome after open reduction and internal fixation of Lisfranc joint injuries. J Bone Joint Surg Am* 2000;82):1609-18.
8. **Rao SN, Baumhauer J.** *Midfoot arthritis: Nonoperative options and decision making for fusion. Tech Foot Ankle Surg.* 2008;7:188-95.
9. **Nemec SA, Habbu RA, Anderson JG, Bohay DR.** *Outcomes following midfoot arthrodesis for primary arthritis. Foot Ankle Int.* 2011;32:355-61.
10. **Kilmartin TE, O'Kane C.** *Fusion of the second metatarsocuneiform joint for the painful osteoarthritis. Foot Ankle Int.* 2008;29:1079-87.
11. **Mann RA, Prieskorn D, Sobel M.** *Midtarsal and tarsometatarsal arthrodesis for primary degenerative osteoarthritis or osteoarthritis after trauma. J Bone Joint Surg Am.* 1996;78:1376-85.
12. **Jung HG, Myerson MS, Schon LC.** *Spectrum of operative treatments and clinical outcomes for atraumatic osteoarthritis of the tarsometatarsal joints. Foot Ankle Int.* 2007;28:482-9.
13. **Ferris LR, Vargo R, Alexander IJ.** *Late reconstruction of the midfoot and tarsometatarsal region after trauma. Orthop Clin N Am.* 1995;26:393-406.
14. **Jarrell SE 3rd, Owen JR, Wayne JS, Adelaar RS.** *Biomechanical comparison of screw versus plate/screw construct for talonavicular fusion. Foot Ankle Int.* 2009;30:150-6.
15. **Suh JS, Amendola A, Lee KB, Wasserman L, Saltzman CL.** *Dorsal modified calcaneal plate for extensive midfoot arthrodesis. Foot Ankle Int.* 2005;26:503-9.
16. **Marks RM, Parks BG, Schon LC.** *Midfoot fusion technique for neuroarthropathic feet: Biomechanical analysis and rationale. Foot Ankle Int.* 1998;19:507-10.
17. **DeVries JG, Granata JD, Hyer CF.** *Fixation of first tarsometatarsal arthrodesis: a retrospective comparative cohort of two techniques. Foot Ankle Int.* 2011;32:158-62.
18. **Ruchelsman DE, Mudgal CS, Jupiter JB.** *The role of locking technology in the hand. Hand Clin.* 2010;26:307-19.