

족근 관절 유합술 후 족부 잔여 운동범위

울산 동강병원 정형외과

조현오 · 광경덕 · 손수민 · 정우근 · 최종청

- Abstract -

Retained Range of Motion of the Foot after Arthrodesis of the Ankle Joints

Hyoun Oh Cho, Kyoung Duck Kwak, Soo Min Shon,
Woo Keun Jung, Jong Cheong Choi M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Dong Kang General Hospital, Ulsan, Korea

The purpose of this study is to assess the retained range of motion[RROM] of the foot after arthrodesis of the ankle joint, which might help designing the angle of arthrodesis. We reviewed the results including the RROM in 14 cases of ankle arthrodesis. Underlying causes included trauma group(six posttraumatic arthritis) and disease group(three osteoarthritis, three Charcot joints, one chronic synovitis and one pyogenic arthritis). We measured the RROM on the lateral roentgenograms of the ankle in full dorsiflexion and plantarflexion. The results were assessed by the AOFAS hindfoot scale[score]. The RROM in sagittal plane was 23.4 ± 5.3 degrees and the score was 71.5 points on average. The RROM and the score were $26.8^\circ \pm 2.1$, 81.2 points respectively in trauma group and $20.8^\circ \pm 5.6$, 64.3 points in disease group; $26.6^\circ \pm 2.3$, 83.4 points in cases younger than 40 years of age and $21.6^\circ \pm 5.7$, 64.9 points in the older. The mean score was 77.3 points in cases whose RROM were 24° or more and 61 points in cases of less RROM; 69.6 and 73.4 points in cases with and without adjacent degenerative arthritis respectively. The score was 69.7, 73.3 and 71.5 points in cases whose angle of arthrodesis was in dorsiflexion, neutral, plantarflexion respectively. In conclusion, after ankle arthrodesis RROM of the foot was 23.4° , and the more the RROM, the higher the score. In cases with sufficient amount of RROM, the angle of fusion on sagittal plane might not influence the result significantly.

통신저자 : 곽경덕

울산광역시 중구 태화동 123-3

동강병원 정형외과

TEL : (052) 241-1733(의국), 1242(외래) FAX : (052) 241-1180

E-mail : kwakkd@chollian.net

서 론

외상이나 질환의 후유증으로 족근 관절에 심한 동통과 기능장애가 발생하고 비수술적인 치료에 실패하는 경우 최종적으로 족근 관절 유합술을 선택하게 되지만 유합수술 후에도 일반적으로 족부 기능면에서 만족할 만한 결과를 얻지는 못하고 있다^{3,13,14,16,17}). 그러나 수술 후 남아 있는 족부 관절의 운동범위가 많을수록 족부 기능면에서 좀 더 만족스러운 결과를 얻을 수 있으며^{12,14}), 유합된 족근 관절의 시상면 각도에 따라서 술후 활동에 영향을 미치게 된다. 저자들은 족근 관절 유합술을 시행한 예에서 술후 족부 잔여 운동범위를 알아보고 시상면에서의 유합각도와 족부 잔여 운동범위에 따른 치료 결과를 비교하고자 하였다.

연구대상 및 방법

1993년 1월부터 5년간 치험한 족근 관절 유합술 14례를 대상으로 하였다. 유합 당시 환자 나이는 19세에서 77세까지로서 평균 49세이었고, 남녀 각각 11례, 3례이었다. 유합술을 시행하게 된 원인으로는 골절 후유증 6례, 퇴행성 관절염 3례, 당뇨병성 Charcot관절 3례, 만성 활막염 1례, 화농성 관절염 1례등이었다. 수술 결과를 유합 수술을 시행하게 된 원인별로 비교하기 위해서 골절 후유증은 외상 그룹으로, 퇴행성 관절염, 당뇨병성 Charcot 관절, 만성 활막염, 화농성 관절염은 질병 그룹으로 분류하였다. 골절인 경우는 경골 천장부 개방성 골절 4례, 경골 천장부 비개방성 골절 1례, 거골 골절 1례이었고, 수상 후 평균 8개월(4개월~12개월) 후에 족근 관절에 퇴행성 변화가 발생하였으며, 족근

관절 유합수술 당시 수상 후 평균 18개월이 경과된 상태이었다. 퇴행성 관절염 3례는 모두 1차성 골관절염이었으며, 3례 모두 척추 관절에도 퇴행성 변화를 보이고 있었다. 당뇨병성 Charcot관절 3례 중 1례는 족근 관절에만 발생하였고, 2례는 족근 중족 관절에도 경미한 변화를 보였으며, 이중 1례는 제1 중족 족지 관절에도 발생하여 있었다. 시상면에서 족근 관절 유합각도는 85도에서 90도 사이(족배 굴곡 상태)가 3례, 90도(중립 위치) 3례, 90도 이상(족저 굴곡상태) 8례이었다. 유합된 내외 반각과 내외회전각도는 대체로 비슷하여 고려하지 않았다. 추시 기간은 12개월에서 32개월까지 평균 14개월이었다. 골 유합 기간은 수술 후 평균 16.2주이었다.

족부 잔여 운동범위는 시상면에서의 잔여 운동범위를 측정하였다. 시상면에서의 운동범위를 측정하기 위하여 단순 방사선 족부 측면촬영상에서 경골 장축과 제1 중족골 장축이 이루는 각도를 기준으로 하였다. 최종 추시 당시 단순 방사선 족부 측면촬영을 최대한 족저 굴곡 그리고 최대한 족배 굴곡 상태에서 각각 촬영하였다. 최대한 족배 굴곡 상태에서 촬영한 족부 측면상에서 경골 장축과 제1 중족골이 이루는 각도를 환자의 최대 족배 굴곡 운동 각도로 간주하였다. 한편 최대한 족저 굴곡 상태에서 촬영한 족부 측면상에서 경골 장축과 제1 중족골이 이루는 각도를 환자의 최대 족저 굴곡 운동 각도로 간주하였다. 이 두 각도 차이 값을 시상면에서의 족부 잔여 운동 범위로 하였다(Fig. 1). 수술결과는 American Orthopaedic Foot and Ankle Society(이하 AOFAS라 칭함)의 후족부 scale에 따른 score(이하 score라 칭함, Table 1)에 따라서 평가하였다⁹). 환자의 연령, 수술 원인,

로 간주하였다.

결 과

14례의 족근 관절 유합술 후 시상면에서 족부 잔여 운동범위는 최소 13도에서 최대 29도까지로서 평균 23.4 ± 5.3 도이었고 Score는 최소 50점에서 최대 87점까지로서 평균 71.5 ± 11.9 점이었다(Table 2).

족부 잔여 운동범위와 연령 사이에는 음의 상관관계를 보여 연령이 높을수록 운동범위는 적었다(Spearman 상관계수 -0.761). Score와 연령 사이에서도 음의 상관관계를 보여 연령이 높을수록 score는 낮았다(Spearman 상관계수 -0.783). 이를 나이가 활동적인 40세까지와 50세 이후 두 그룹으로 나누어 비교하면(40대 환자는 없었음) 족부 잔여 운동범위는 각각 평균 26.6 ± 2.3 도(24~29도), 21.6 ± 5.7 도(13~28도)이었고, score는 각각 평균 83.4 ± 4.8 점(75~87점), 64.9 ± 8.9 점(50~75점)으로서 40세 이전인 경우에 운동범위가 좀 더 컸고 score도 좀 더 높았다(Wilcoxon test ; 잔여 운동 범위 $p > 0.05$, score $p < 0.05$).

수술 원인별로 비교하면 족부 잔여 운동범위는 외상그룹과 질병그룹에서 각각 평균 26.8 ± 2.1 (24~29도), 20.8 ± 5.6 도(13~28도)이었고, score는 각각 81.2 ± 6.9 점(70~87점), 64.3 ± 9.3 점(50~75점)으로서 외상그룹에서 족부 잔여 운동범위도 더 컸고 score도 더 높았다($p < 0.05$) (Table 3).

족부 잔여 운동범위에 따른 score를 비교하면 양의 상관관계를 보였다(Spearman 상관계수 0.714) (Table 4). 이를 다시 잔여 운동범위가 전체 평균치인 23.4도를 기준으로 하여서 24도 이상인 경우와 24도 미만인 경우로 비교하면 각각 평균 77.3점(64~87점), 61점(50~72점)으로서 족부 잔여 운동범위가 클수록 score가 좋았다($p < 0.05$).

수술 후 합병증으로서 인접관절에 퇴행성 관절염이 발생한 경우는 모두 7례이었으며 발생한 관절은 거골하 관절 3례, 거주상 관절 2례, 종입방 관절 1례, 족근 중족 관절 1례등이었다. 인접관절에 퇴행성 관절염이 발생한 예와 발생하지 않은 예에

Fig. 1. The difference between the two angles, formed by the axis lines of the first metatarsal and tibia on forced dorsiflexion and plantarflexion, demonstrates the retained range of sagittal motion of the foot after ankle arthrodesis.

Table 1. AOFAS* Ankle-Hindfoot Scale⁹⁾

Pain	40
Function	50
Activity limitation, support requirement	10
Maximum walking distance, block	5
Difficulty on walking surface	5
Gait abnormality	8
Sagittal motion(flexion plus extension)	8
Hindfoot motion	6
(inversion plus eversion)	8
Ankle-hindfoot stability	10
Alignment	
Total	100 (points)

* AOFAS: American Orthopaedic Foot and Ankle Society

인접관절의 퇴행성 변화 여부, 시상면에서의 족근 관절 유합각도, 족부 잔여 운동범위, Score등의 상호 관계를 알아보았다.

통계처리는 SAS version 6.12를 이용하였고 p-값의 유용성은 0.05 이하인 경우에 의미 있는 것으

Table 2. Data of the Patients

Cases	Age / Gender	Causes	Operation method	Fusion angle	Retained ROM	AOFAS score	Complication
1	58/M	osteoarthritis	arthroscopic	95	19	61	DJD*
2	33/M	open plafond fracture	EF†	94	24	75	
3	22/M	talar AVN‡ (fracture)	sliding BG§	96	29	85	DJD
4	58/F	diabetic Charcot joint	arthroscopic	89	21	70	
5	62/M	chronic synovitis	arthroscopic	87	13	52	
6	60/M	osteoarthritis	arthroscopic	96	24	70	DJD
7	58/F	open plafond fracture	sliding BG	102	28	70	
8	61/M	osteoarthritis	sliding BG	90	13	50	DJD
9	55/M	diabetic Charcot joint	sliding BG	93	26	64	DJD
10	36/F	open plafond fracture	sliding BG	90	25	85	DJD
11	53/M	pyogenic arthritis	EF	97	28	75	
12	77/M	diabetic Charcot joint	sliding BG	99	22	72	DJD
13	19/M	plafond fracture	Steinmann pin	90	29	85	
14	30/M	open fracture-dislocation	sliding BG	89	26	87	

* DJD : degenerative arthritis

† EF : external fixation

‡ AVN : avascular necrosis

§ BG : bone graft

Table 3. Results in RROM* and Score†

Parameters	RROM	Score
Overall	23.4 ± 5.3	71.5 ± 11.9
Age		
less than 40 years	26.6 ± 2.3	83.4 ± 4.8
over 50 years	21.6 ± 5.7	64.9 ± 8.9
	p=0.0813	p=0.0038
Cause of fusion		
trauma group	26.8 ± 2.1	81.2 ± 6.9
disease group	20.8 ± 5.6	64.3 ± 9.3
	p=0.0273	p=0.0091
RROM		
less than 24°		61.0 ± 10
24° or more		77.3 ± 8.4
		p=0.0221
Adjacent DJD‡		
absence	24.1 ± 5.6	73.4 ± 11.6
presence	22.6 ± 5.3	69.6 ± 12.7
	p=0.5206	p=0.4387
Angle of fusion		
dorsiflexion	20.0 ± 6.7	69.7 ± 17.5
neutral	22.3 ± 8.3	73.3 ± 20.2
plantarflexion	25.0 ± 3.4	71.5 ± 7.4
	p=0.4863	p=0.9252

* RROM : Retained Range of Motion of the foot

† Score : AOFAS ankle-hindfoot scale

‡ DJD : degenerative arthritis

Table 4. Correlations among the RROM*, Score† and Angle of Arthrodesis

Parameter	Score	Angle of arthrodesis
RROM	r = 0.71429	r = 0.36596
Score		r = 0.05140

* RROM : Retained Range Of Motion of the foot

† AOFAS ankle-hindfoot scale

r : correlation coefficient

서, 잔여 운동범위는 각각 평균 22.6도(13~29도), 24.1도(13도~29도)이었고, score는 각각 평균 69.6점(50~85점)과 73.4점(52~87점)이었으며 분석 가능한 수치 내에서 의의를 발견할 수 없었다($p>0.1$)(Table 3).

시상면에서 족근 관절이 유합된 각도와 score 사이에는 관련성이 없었다(Table 4). 족근 관절이 유합된 상태에 따라서 족배 굴곡, 중립 위치, 족저 굴곡 상태 세 그룹으로 나누어 각 그룹별로 족부 잔여 운동범위를 비교하면 각각 20도(13~26도), 22.3도(13~29도), 25도(19~29도)이었으며, 각 그룹별로 score를 비교하면 각각 69.7점(52~87점), 73.3점(50~85점), 71.5점(61~85점)으로서 족근 관절의 유합각도는 족부 잔여 운동범위와 score에는 비교적 영향을 주지 않았다($p=0.93$)(Table 3).

고 찰

족근 관절 유합에 있어서 시상면에서의 유합각도는 저자에 따라서 다르게 주장하였지만 대부분의 저자들은 중립 위치를 권하고 있다^{3,7,8,10,17,19}. 특히 Wayne 등¹⁹은 생역학적인 연구 결과 족근 관절을 시상면에서 휨족 상태로 유합할 경우에는 거주상 관절과 거골하 관절의 접촉면적과 압력을 최대로 높여주고, 중립 위치로 유합하면 족부 관절의 정상적인 생역학을 유지할 수 있으면서 퇴행성 변화의 진행을 줄일 수 있다고 하였다. Buck 등³과 Scranton¹⁷은 족저 굴곡상태로 유합하면 보행 중 발뒤축 들림(heel off) 시기에 전반 슬을 초래하고 슬관절 내측부 인대 이완을 초래하기 때문에

중립 위치 유합을 주장하였다. 한편 Anderson 등²은 중립 위치 내지는 약간 족저 굴곡상태로, Manoli II 등¹³은 중립 위치와 5도 족배굴곡 사이의 각도로 유합하라고 주장하였다. 저자들은 중립 위치 유합을 시도하고 있으나 단순 방사선 족부 측면 촬영상에 슬 후 족저 또는 족배 굴곡상태인 경우가 많았다. 따라서 유합 후 족부 잔여 운동범위가 충분하면 시상면에서 정확하게 중립 위치로 유합하지 않아도 일상활동에 영향을 주지 않을 것이라는 가정 하에 시상면에서의 유합 각도에 따른 결과를 알아보고, 유합 후 족부 잔여 운동범위를 계측하여 그 정도에 따른 결과를 알아보고자 하였다.

유합 수술 후 족부 잔여 운동범위의 계측은 일반적으로 거골 장축과 제1 중족골 장축이 이루는 각도를 계측하는 것으로 알려져 있으나^{1,6,12}, 저자들이 같은 방법으로 계측하였을 때 족부 위치에 따라 거골 장축을 정확하게 그리는데 어려움이 많았다. 따라서 저자들은 거골 장축 대신 경골 장축을 기준선으로 하고 이 기준선에 대하여 제1 중족골이 이루는 각도로서 족부 잔여 운동 범위를 계측하였다.

저자들의 14례에서 족근 관절 유합술 후 족부 잔여 운동범위는 평균 23.4도이었다. 이들의 AOFAS scale⁹에 따른 점수는 평균 73점이었다. 이는 유사한 연구 내용으로 최근까지 여러 저자들^{1,4,5,11,12,15,18}에 의해 보고된 것은 15도 내지 26도이었으며 저자들의 결과가 이 범위 내에 있음을 알 수 있었다.

연령별 결과에 관하여 Mann과 Rongstad¹²는 연령이 증가하여도 결과에 영향이 없다고 하였으나, 저자들의 경우에는 40세까지의 연령층보다 50세 이후에서 족부 잔여 운동범위가 더 적고 AOFAS score가 더 낮았는데 그 이유는 저자들의 예에서 40세까지의 환자가 모두 외상 그룹 환자였고 50세 이후 환자들은 1례를 제외하고 모두 질병 그룹 환자이기 때문인 것으로 사료된다. 특히 50세 이후에는 주변 관절과 연부 조직의 퇴행성 변화가 젊은 층에 비하여 좀 더 진행된 점도 운동 범위의 감소에 관여하였을 것으로 보인다.

족근 관절 유합술 원인별로 족부 잔여 운동범위를 비교하여 보면 외상그룹 27.6도, 질병그룹 21도로서 외상그룹에서 잔여 운동 범위가 좀 더 많았고 이는 분석 가능한 수치 내에서 의의가 있었다.

AOFAS score에서도 외상그룹 85점, 질병 그룹 61.3점으로 외상그룹에서 더 높았는데 질병그룹인 경우에는 족근 관절에만 질환이 국한되지 않고 다른 관절 및 주변 연부 조직에도 염증성 반응이 영향을 미친 것으로 보이며 외상 그룹에서는 다른 관절이나 주변 연부 조직에 변화가 더 적기 때문으로 사료된다. 그러나 Dereymaeker 등⁵⁾과 Felix와 Kitaoka⁷⁾는 질병인 류마티드 관절염에서 족근 관절 유합수술 후 추시 결과 외상 환자에서의 족근 관절 유합수술 결과와 비슷한 정도로 만족스러운 결과를 얻었다고 하였다.

Abdo와 Wasilewski¹⁾, 그리고 Lynch 등¹¹⁾은 족근관절을 유합하여도 인접 족부 관절 운동범위에는 변화를 주지 않으며, 족근 관절 유합 수술 후 결과와 족부 운동범위와는 연관성이 없다고 하였으나, Mazur 등⁴⁾, Mann과 Rongstad¹²⁾는 족부 운동범위가 크면, 유합된 족근 관절에 대하여 보상하기 때문에, 그 결과가 더 좋다고 하였다. 저자들의 경우에도 족부 잔여 운동범위가 클수록 score도 더 높았다.

Felix와 Kitaoka⁷⁾는 족근 관절 유합 후에는 인접관절에 스트레스가 증가되어 이들 관절에 퇴행성 변화를 가속화시킨다고 하였고 21명을 평균 5년간 추시한 결과 후족부나 중족부에 심한 관절염은 10명, 중등도 관절염은 10명에서 발생하였다고 하였으나 이들은 모두 류마티드 관절염 환자들이었다. 그러나 Kitaoka와 Patzer¹⁰⁾는 19례를 평균 6년간 관찰한 결과 후족근 관절과 중족근 관절에 심한 관절증은 관찰되지 않았다고 보고하였다. Mazur 등⁴⁾, Morrey와 Weideman¹⁶⁾은 족근 관절 유합 후에 장기간 관찰한 결과 거골하 관절에 퇴행성 변화가 나타났고 이는 유합각도와 관련이 있어서 족저 굴곡 상태로 유합된 경우에 퇴행성 변화가 더 심하였다고 보고하였다. Abdo와 Wasilewski¹⁾는 족근 관절 유합 후에 거골하 관절과 중족근 관절에 퇴행성 변화가 적을수록 그 결과가 좋았다고 하였으며, Mann과 Rongstad¹²⁾는 족부 관절 관절염이 족근 관절 유합 결과와 음의 상관관계가 있다고 하였다. 저자들의 예에서도 인접 관절에 퇴행성 변화가 관찰된 예에서 족부 잔여 운동 범위와 score가 조금 낮았으나 의미 있는 결과는 아니었

다.

시상면에서의 족근 관절 유합 각도에 따른 결과에 대하여 Mazur 등⁴⁾은 족저 굴곡상태로 유합된 경우 중족근 관절과 후족근 관절에 퇴행성 변화가 더 심하다고 보고하였다. Abdo와 Wasilewski¹⁾, Buck 등³⁾, Dereymaeker 등⁶⁾, Morgan 등¹⁵⁾은 시상면에서의 족근 관절 유합 각도가 유합 결과에 영향을 주지 않는다고 하였으며, 저자들의 경우에도 시상면에서의 족근 관절 유합각도와 잔여 운동 범위, 그리고 유합각도와 score 사이에 분석 가능한 수치 내에서 의의가 없었고, 족배 굴곡 상태, 중립 위치, 침착 상태로 나누어 비교하여도 score와의 사이에 의미 있는 연관성을 볼 수는 없었다. 따라서 수술 후에 족부 잔여 운동범위가 충분한 경우 시상면에서의 유합 각도가 크게 중요하지는 않을 것으로 사료되는데 이는 장기간 더 관찰하여 검증할 필요가 있다고 사료된다.

결 론

족근 관절 유합술 후 족부 잔여 운동범위는 평균 23.4도이었고 AOFAS score는 평균 71.5점이었으며, 잔여 운동범위가 클수록 AOFAS score도 더 높았다. 시상면에서의 족근 관절 유합각도에 따라 AOFAS score에 의미 있는 차이를 보이지는 않았다. 이상의 결과로 보아 족부 관절에 퇴행성 변화가 있지 않는 경우에는 족부 잔여 운동범위가 대부분 충분하며, 족부 잔여 운동범위가 충분한 경우 시상면에서의 족근 관절 유합각도는 치료결과에 큰 영향을 주지 않을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Abdo RV and Wasilewski SA : Ankle arthrodesis : A long-term study. *Foot Ankle Int*, 13:307-312, 1992.
- 2) Anderson RB, Beaman DN, Guyton GP, Saltzman CL and Sands AK : Ankle and foot reconstruction. In Beaty JH ed. *Orthopaedic knowledge update 6 : Home study*

syllabus, American Academy of Orthopaedic Surgeons: 613–631, 1999.

- 3) **Buck P, Morrey BF and Chao EYS**: The optimal position of arthrodesis of the ankle. *J Bone Joint Surg*, 69–A:1052–1062, 1987.
- 4) **Chung DW, Kim KI and Park BJ**: The comparison of the ankle arthrodesis according to surgical procedures. *J Korean Orthop Ass*, 33:645–654, 1998.
- 5) **Dennis DA, Clayton ML, Wong DA, Mack RP and Susman MH**: Internal fixation compression arthrodesis of the ankle. *Clin Orthop*, 253:212–220, 1990.
- 6) **Dereymaeker GP, Eygen PV, Driesen R and Ferm AD**: Tibiotalar arthrodesis in the rheumatoid foot. *Clin Orthop*, 349:43–47, 1998.
- 7) **Felix NA and Kitaoka HB**: Ankle arthrodesis in patients with rheumatoid arthritis. *Clin Orthop*, 349:58–64, 1998.
- 8) **Hawkins BJ**: The Ilizarov technique in ankle fusion. *Clin Orthop*, 303:217–225, 1994.
- 9) **Kitaoka HB, Alexander JJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS and Sanders M**: Clinical rating system for the ankle –hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. *Foot Ankle Int*, 18:187–188, 1997.
- 10) **Kitaoka HB and Patzer GL**: Arthrodesis for the treatment of arthrosis of the ankle and osteonecrosis of the talus. *J Bone Joint Surg*, 80–A:370–390, 1998.
- 11) **Lynch AF, Bourne RB and Rorabeck CH**: The long-term results of ankle arthrodesis. *J Bone Joint Surg*, 70B:113–116, 1988.
- 12) **Mann RA and Rongstad KM**: Arthrodesis of the ankle: A critical analysis. *Foot Ankle Int*, 19:3–9, 1998.
- 13) **Manoli II A, Beals TC and Hansen ST**: Technical factors in hindfoot arthrodesis. In: Springfield DS ed. *Instructional Course Lectures*, American Academy of Orthopaedic Surgeons, 46:347–356, 1997.
- 14) **Mazur JM, Schwartz E and Simon SR**: Ankle arthrodesis. Long term follow-up with gait analysis. *J Bone Joint Surg*, 61–A: 964–975, 1979.
- 15) **Morgan CD, Henke JA, Bailey RW and Kaufer H**: Long-term results of tibiotalar arthrodesis. *J Bone Joint Surg*, 67A:546–550, 1985.
- 16) **Morrey BF and Weideman GP**: Complications and long-term results of ankle arthrodesis following trauma. *J Bone Joint Surg*, 62A:777–784, 1980.
- 17) **Scranton PE**: An overview of ankle arthrodesis. *Clin Orthop*, 268:96–101, 1991.
- 18) **Sowa DT and Krackow KA**: Ankle fusion: a new technique of internal fixation using a compression blade plate. *Foot Ankle Int*, 9:232–240, 1989.
- 19) **Wayne JS, Lawhorn KW, Davis KE, Prakash K and Adelaar RS**: The effect of tibiotalar fixation on foot biomechanics. *Foot Ankle Int*, 18:792–797, 1997.