



말기 발목 관절염 환자에서 발목 유합술과 발목관절 전치환술의 비교

윤영식, 이동연

서울대학교병원 정형외과

Comparison of Ankle Arthrodesis and Total Ankle Arthroplasty in End-Stage Ankle Arthritis

Young Sik Yoon, Dong Yeon Lee

Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

The proportion of patients with end-stage ankle arthritis is increasing. The leading surgical methods for treating patients with end-stage ankle arthritis are ankle arthrodesis and total ankle arthroplasty. Ankle arthrodesis is considered the standard treatment for end-stage ankle arthritis. Many studies have been conducted on the two procedures, but it is unclear which is superior, and total ankle arthroplasty cannot be said to be a clear indication. Therefore, this review compares the advantages and disadvantages of two representative surgical methods for treating end-stage ankle arthritis.

Key Words: Ankle joint, Arthritis, Arthrodesis, Ankle replacement arthroplasty

서론

발목관절의 말기 관절염 환자 빈도는 지속적으로 증가하고 있다. 보존적 치료에도 호전이 없는 경우 이를 치료하는 대표적인 수술법으로는 발목 유합술과 발목관절 전치환술이 있으나 발목 유합술이 오랫동안 말기 발목 관절염 환자의 표준 치료법으로 여겨졌다.¹⁾

발목 유합술의 기본적인 원칙은 골편 간 나사 고정(interfragmentary screw fixation)에 의한 압박이며 고정기법(fixation technique)에 여러 가지 변화를 주는 연구와 더불어 근래에는 관절경하 유합술을 시행하는 방법이 소개되었다.^{2,3)} 각 수술 기법의 임상 추시 결과는 긍정적이라 보고되고 있다.³⁻⁶⁾

반면 근래에 들어 발목관절 전치환술의 시행 빈도가 증가하고 있다.⁷⁾ 발목관절 전치환술에 쓰이는 치환물은 크게 1세대, 2세대, 3세대로 분류할 수 있는데 강한 구속형, 반 구속형이었던 이전 세대에 비해 3세대 치환물은 폴리에틸렌이 가동형이며 시멘트를 사용하지 않는 세 개의 구조물로 이루어져 있다. 3세대 치환물이 출시된 후 중장기 추시 관찰에서 양호한 임상적 결과가 보고되고 있다(Fig. 1).⁷⁾

앞서 두 술식을 비교한 메타분석 등이 연구된 바 있었으나 여전히 어느 술식이 우월한지 결론을 내릴 수 없다고 주장한다.⁸⁾ 발목 유합술과 발목관절 전치환술은 각각의 장·단점을 갖고 있으며, 현재까지 표준화된 수술 적응증 및 임상 기준이 결정되지 않은 상태이다.⁹⁾ 말기 관절염 환자의 치료법을 선택하는 데 있어서 임상가들은 두 방법을 두고 어느 방법이 환자에게 더 이득이 될지 고민하는 경우가 많다. 본 종설에서는 각 수술법의 최근 경향과 적응증, 추시 기간별 합병증, 환자 만족도와 기능적 결과에 대해 정리해 보고자 하였다.

본론

1. 발목 유합술과 발목관절 전치환술 빈도의 국가별 경향성

발목 유합술과 발목관절 전치환술의 여러 국가별 경향성은 다음

Received November 10, 2022 Revised November 21, 2022

Accepted November 21, 2022

Corresponding Author: Dong Yeon Lee

Department of Orthopedic Surgery, Seoul National University Hospital, 101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 03080, Korea

Tel: 82-2-2072-1863, Fax: 82-2-764-2718, E-mail: leedy@snu.ac.kr

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8233-6285

The point of this article was presented by 2022 Total Ankle Arthroplasty of Korean Foot and Ankle Society.

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

Copyright © 2022 Korean Foot and Ankle Society.

© 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.

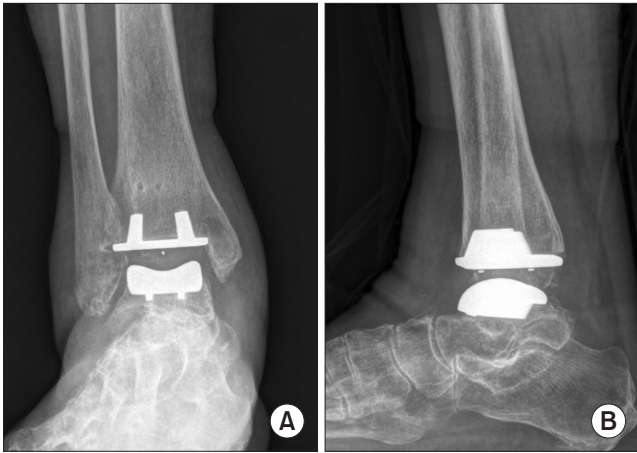


Figure 1. At postoperative 2 months on anteroposterior view (A) and lateral view (B), the plain radiographs show ankle that was performed with total ankle arthroplasty.

과 같다. Brodeur 등¹⁰⁾은 2009년에서 2018년까지 3,735명의 환자를 대상으로 미국 뉴욕주의 발목 유합술과 발목관절 전치환술의 경향성을 연구하였고, 2009년도에 비해 2018년도에 발목관절 전치환술은 757% 증가하였지만 발목 유합술은 25% 증가함을 보고하였다. Novoa-Parra 등¹¹⁾은 1997년에서 2017년까지 11,669명의 발목 유합술과 1,049명의 발목관절 전치환술을 받은 환자를 대상으로 스페인에서 발목 유합술과 발목관절 전치환술의 경향성을 연구하였다. 발목관절 전치환술의 수술 비율은 1997년 4.69%에서 2007년 12.21%로 증가 추세를 보였지만, 2017년 8.16%로 감소하는 경향을 보였다. Milstrey 등¹²⁾은 2008년부터 2018년까지 독일에서의 경향성을 연구하였고 족부족관절 전체 수술 빈도는 39.5% 증가했고, 이 중 발목 유합술 빈도는 31%로 증가했지만 발목관절 전치환술은 39%로 감소했음을 보고하였다. Cho 등¹³⁾은 2021년 대한족부족관절학회 회원 중 63명을 대상으로 말기 발목 관절염 환자에 대한 수술적 치료 방법으로 어느 방법을 더 선호하는지에 대한 설문 조사를 시행하였고 발목관절 전치환술이 조금 더 선호되는 것으로 보고되었다. 국가별로 경향이 조금씩 다르며 발목관절 전치환술의 빈도가 늘어나고 있으나 여전히 발목 유합술도 많이 시행되고 있다.

2. 발목관절 전치환술의 적응증

발목관절 전치환술의 성공적인 치료 결과를 위해서는 적응증에 잘 맞는 환자 선택이 중요하다. 이전에 잘 알려진 이상적인 적응증은 비흡연자, 낮은 비만도, 활동 정도가 낮고 발목관절의 변형이 심하지 않으며 인접 관절의 관절염이 동반되지 않은 고령인 말기 관절염 환자이다.¹⁴⁾ 하지만 최근 발표된 연구들을 살펴보면 적응증이 점차 확대되고 있으며 특히 수술 전 발목관절의 변형 상태가 심한 경우에도 양호한 임상결과를 보여주었다. Lee와 Lee¹⁵⁾는 발목관절의 중증의 관상면 변형(내반 또는 외반 20~35도)을 가진 36명의 환자와 중등

도의 변형(내반 또는 외반 5~15도)을 가진 106명의 환자에게 발목관절 전치환술을 적용하여 비교 연구를 진행하였는데, 평균 74개월의 추시 기간 동안 중증의 변형을 가진 환자들이 중증도의 변형을 가진 환자들과 비교하여 합병증의 증가 없이 임상 결과가 유사했다고 보고하였다. Adam 등¹⁶⁾은 수술 전 평균 관상면 변형 정도가 15.2도(4~27도)인 26명의 환자를 대상으로 경골과 비골 교정 절골술을 발목관절 전치환술과 함께 시행하였는데, 평균 3.9년의 추시 기간 동안 수술 후 절골술 부위의 유합 정도, 발목 정렬과 통증 개선 및 임상 점수에서 우수함을 보여주었다. 또한 Allport 등¹⁷⁾도 수술 전 평균 내반 변형 18.1도(10.2~36.8도), 평균 외반 변형 15.1도(10~24.1도)를 가진 230명의 환자를 대상으로 발목관절 전치환술을 시행하여 만족스러운 결과를 보고하였다.

3. 발목 유합술과 발목관절 전치환술의 임상결과 비교

Lawton 등¹⁸⁾은 발목 유합술 후에는 전반적인 합병증 비율이 높지만 발목관절 전치환술 후에는 재수술이 많았음을 보여주며 어떤 수술이 우수한지 명확한 기준을 제시하지 못했다. Li 등⁸⁾도 발목관절 전치환술과 발목 유합술 간에 임상 결과가 비슷하여 두 술식 사이에 우수성을 결론 내리기에 충분치 않음을 보여주었다. 이에 추시 기간 별 합병증에 대해 정리해 보고자 하였다.

1) 단기 합병증(early complication)

2019년 Merrill 등¹⁹⁾은 2,667명의 발목 유합술과 2,994명의 발목관절 전치환술을 받은 환자의 30일 재입원율을 분석하였다. 발목 유합술이 발목관절 전치환술에 비해 교차비(odds ratio) 2.51만큼 재입원율 위험이 증가하였으나 발목 유합술을 받은 환자군에서 통계학적으로 더 많은 만성질환이 있음을 보고하였다. 2021년 Ross 등²⁰⁾은 2010년부터 2019년까지 1,136명의 발목 유합술과 584명의 발목관절 전치환술을 받은 환자의 90일, 1년 및 2년 합병증을 분석하였다. 발목 유합술의 전체 합병증은 24.0% (90일), 30.4% (1년), 32.7% (2년)이고, 발목관절 전치환술은 16.8% (90일), 21.0% (1년), 22.8% (2년)의 결과를 보여주며, 발목 유합술의 합병증이 더 높다고 설명하고 있다. 그러나 Daniels 등²¹⁾에서 언급한 주된 합병증(major complication)의 종류는 발목 유합술에서는 부정 정렬, 불유합에 의한 재수술, 감염 및 절단이고, 발목관절 전치환술에서는 재수술이 필요한 비감염성 기계적 결함, 감염 및 절단을 언급하였다. 이를 토대로 Ross 등²⁰⁾의 합병증 분석을 주된 합병증으로 재분류하면 발목 유합술은 11.0% (90일), 13.3% (1년), 14.0% (2년)이고, 발목관절 전치환술은 10.2% (90일), 14.2% (1년), 15.9% (2년)로 재정리할 수 있다. 결국 주된 합병증 면에서 두 군 간의 명확한 차이는 없는 것으로 생각된다.

앞선 연구에서처럼 발목관절 전치환술의 낮은 단기 합병증은 술식이 안전해서인지 아니면 건강 상태가 좋지 않은 사람이 발목 유합

술을 받을 수밖에 없었던 것은 아닐지 고려해 보아야 한다. 경향성 부분에서 언급한 Brodeur 등¹⁰⁾은 발목관절 전치환술의 빈도는 증가하고 있지만 미국 연방 보험(federal insurance) 박탈 및 사회 소외 계층에서는 발목 유합술을 받는 더 빈도가 높음을 보고하고 있다.

2) 중·장기 합병증 (intermediate- and long-term complication)

Daniels 등²¹⁾은 4년 이상 추시를 중기(intermediate term)로 보고, 281예의 발목관절 전치환술, 107예의 발목 유합술을 받은 환자에 대해 임플란트 실패 및 무균성 해리, 폴리에틸렌 마모, 감염, 관절면 부정 정렬 혹은 불유합, 그리고 절단과 같이 합병증으로 인한 재수술을 조사했다(Fig. 2). 중기 합병증으로 발목 유합술은 7%, 발목관절 전치환술은 19%를 보고하였다. 2019년 Sokolowski 등²²⁾은 941예의 발목관절 전치환술 후 발생하는 이차성 거골하 관절염의 발생 빈도와 거골하 관절 유합술의 빈도에 대해 조사하였고, 평균 5년(0.3~10년) 추시 결과 이차성 거골하 관절염은 32% 발생하였으며 거골하 관절 유합술은 4.0% (37/941예)의 환자에서 필요했다고 보고하였다. Ling 등²³⁾이 시행한 체계적 문헌 고찰의 18개 임상 연구에서 675예의 발목 유합술 후 거골하 관절염이 24%~100%에서

발생했음을 보여주었지만(Fig. 3) 1.3% (9/675예)에서만 거골하 관절 유합술을 시행했다. 발목 유합술이 주변 관절염의 원인이라는 명확한 증거는 없다고 주장하였다. 이처럼 주변 관절 관절염의 빈도에는 논란이 있지만 수술 전 환자에게 이러한 합병증이 생길 수 있다는 것을 말해줘야 할 것이다.

한편 Mercer 등²⁴⁾은 117개 연구를 통해 발목관절 전치환술 후 합병증에 사용된 용어 불일치에 대해 조사하였고 재수술(revision surgery)에 대해서 115개의 다른 용어, 추가적인 비 재수술(additional non-revision surgery)에 대해서는 93개의 다른 용어가 사용되었음을 보고하였다. 이렇게 용어의 불일치성으로 인해 연구 간 직접적으로 합병증을 비교하기에 어려움이 있을 수 있으므로 표준화된 용어 사용이 필요하다.

3) 재수술률 혹은 생존율(revision rate or survival rate)

Palanca 등²⁵⁾은 15년 추시 Scandinavian 발목관절 전치환술(Scandinavian total ankle replacement, STAR)을 받은 24명의 임플란트 생존율을 조사하였고, 5년 추시 96%, 10년 추시 90%, 15년 추시 73%를 보고하였다. Zafar 등²⁶⁾은 Hitegra 발목관절 전치환술을 받은 322명의 12년 추시 임플란트 생존율을 조사하였고, 5년 추시 75%, 10년 추시 68% 및 재수술률은 19% (60/322)를 보고하였다. Zafar 등²⁶⁾은 다른 연구들에 비해 생존율이 낮게 나온 이유를 수술 경험 및 기술의 차이로 주장하였다. Undén 등²⁷⁾은 1993년부터 2016년까지 The Swedish Ankle Registry에 보고된 여러 기구별 발목관절 전치환술의 생존율과 재수술률을 조사하였다. 322예의 STAR군에서는 42% 재수술률과 5년 추시 79%, 10년 추시 65%, 15년 추시 54%, 20년 추시 50%의 생존율을 보고하였고, 109예 Buechel-Pappas 전치환술 군에서는 20% 재수술률과 5년 추시 83%, 10년 추시 80%, 15년 추시 75%의 생존율을 보고하였다. 46예의 Hitegra 전치환술 군에서는 19% 재수술률과 5년 추시 77%, 10년 추시 73%의 생존율을 보고하였고 269예 mobility 전치환술 군에서는 9% 재수술률과 5년 추시 91%, 10년 추시 88%의 생존율을 보고하였다. 151예의 ceramic coated implant 전치환술 군에서는 19% 재수술률과 5년 추시 82% 생존율을 보고하였다.



Figure 2. The ankle was performed with total ankle arthroplasty. At postoperative 7 years, (A) standing lateral radiograph shows periprosthetic osteolysis. (B) Sagittal view of computed tomography shows osteolysis around tibial and talar components.

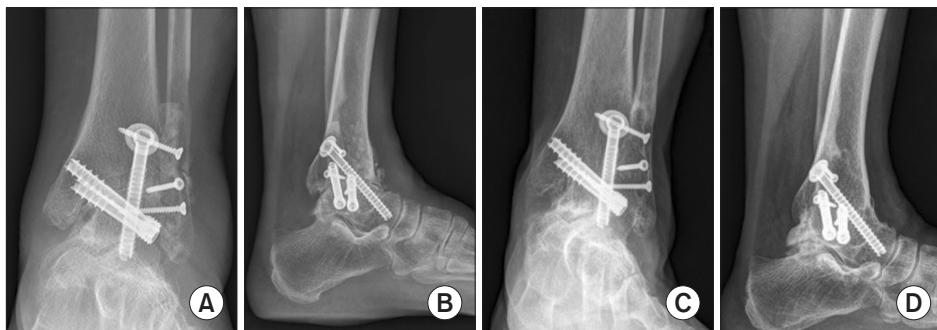


Figure 3. At postoperative 2 months on anteroposterior view (A) and lateral view (B), the plain radiographs show ankle that was performed with ankle arthrodesis. At postoperative 4 years, plain radiographic images show the progression of subtalar arthritis on anteroposterior view (C) and lateral view (D).

4. 환자 만족도

두 술식에 대한 환자의 만족도를 비교한 연구는 생각보다 많지 않다. 2020년 Shih 등²⁸⁾이 시행한 메타분석에 따르면 11개의 연구에서 환자 만족도, 통증 경감, 임상 점수(visual analog scale [VAS], Ankle Osteoarthritis Scale [AOS])는 차이가 없었고, American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) function은 발목관절 전치환술을 시행한 군에서 더욱 개선되었다고 보고하였다. 2021년 Sangeorzan 등²⁹⁾은 4년간의 414예 발목관절 전치환술과 103예 발목 유합술을 비교하였고 세 가지 질문을 통해 환자 만족도를 평가하였다. 환자 만족도는 발목관절 전치환술을 시행한 군은 78%, 발목 유합술을 시행한 군은 60%였다. 해당 수술을 다시 받을 생각이 있는지에 관한 질문에는 두 군 모두 96% 이상으로 해당 수술을 다시 받을 것으로 보고되었다. 2021년 Conlin 등³⁰⁾은 발목관절 전치환술과 발목 유합술을 양쪽에 하나씩 받은 10명의 환자 경험을 조사하였다. 환자의 의견에 따르면 발목 유합술은 안전하고 튼튼하지만 균형과 유연성에서 단점을 보인다고 하였고, 발목관절 전치환술은 유연하고 “정상 발목”과 같지만 고르지 못한 땅에서는 발목의 불안정성에 대한 우려를 언급하였다. 환자 군에서 각 수술법에 대한 장·단점을 인지하고 있음을 확인할 수 있었고 대부분은 발목관절 전치환술을 선호하는 경향을 보였다. 따라서 이러한 결과들을 수술 전 환자에게 설명하면 도움이 될 것이며 관절 유합술 시에도 매우 불편해지는 것은 아니라고 설명할 수 있다.

5. 기능적 결과(functional outcome)

발목관절 전치환술이 발목 유합술에 비해 관절 운동을 살릴 수 있는 기능 면에서 좋을 것이라는 기대치가 있는데 실제로도 그렇다. 2016년 Pedowitz 등³¹⁾은 41예의 발목관절 전치환술군과 27예의 발목 유합술군의 가동 범위를 조사하였다. 발목관절 전치환술의 전체 가동 범위는 34.2도이고, 거주상골 관절 가동 범위는 10.5도로 보고하였다. 발목 유합술의 전체 가동범위는 24.3도이고, 거주상골 관절 가동 범위는 22.8도로 보고하였다. 발목 유합술군에서 거주상골 관절의 증가된 움직임이 중요한 역할을 하지만 퇴행성 변화에 취약할 수 있다고 주장하였다. 2020년 Lenz 등³²⁾은 발목 유합술을 시행한 후 평균 4.0년 추시한 10명의 환자에게 평지 보행 및 발뒤꿈치 들린 검사(double heel-rise task)를 통해 거골하 관절의 움직임을 연구하였다. 거골하 관절의 저굴(plantar flexion)이 유의하게 증가하여 발목 유합에 대한 보상적인 움직임을 확인하였고, 발목 유합술과 거골하 관절염 발생과의 잠재적인 관련성을 주장하였다. 2020년 Johns 등³³⁾이 시행한 체계적 문헌고찰에서 12개의 연구에서 923예의 발목관절 전치환술과 347예의 발목 유합술을 받은 환자의 스포츠 활동 참여율을 분석하였다. 발목관절 전치환술 군의 스포츠 활동 참여율은 수술 전 41%에서 수술 후 59%로 상승하였고, 발목 유합술 군은 수술 전 73%에서 수술 후 70%로 소폭 감소하였다. 두 군에 일

반적으로 허용되는 스포츠는 수영, 하이킹, 자전거, 스키 등이 있고 고강도 스포츠는 두 군 모두 제한되었다. 2017년 Seo 등³⁴⁾은 17예의 발목관절 전치환술과 7예의 발목 유합술을 받은 환자의 족부 족관절 동작분석을 시행하였다. 두 환자 군 모두 정상 군과 생역학적 기능의 차이가 있음을 보였지만, 발목관절 전치환술 군이 발목 유합술 군보다 더 빠른 보행 속도, 전족부와 후족부에서 큰 시상면 운동, 강한 발목 저굴 운동 등 네 가지 생역학적 기능에서 우수함을 보고하였다.

6. 특별한 상황(in specific conditions)

두 수술식은 퇴행성이나 외상 후 발목 관절염 환자뿐만 아니라 혈우병성 및 류마티스 등의 다양한 원인에 의한 관절염 환자에도 적용될 수 있다. 2020년 Ahn 등³⁵⁾은 혈우병성 발목관절 말기 관절염 환자에게 16예의 발목관절 전치환술, 13예의 발목 유합술을 시행하여 임상 결과를 비교하였다. 두 군에서 유의한 임상 점수의 호전을 보여줬지만 발목관절 전치환술 군이 발목 유합술 군보다 우수한 임상 점수(foot Function Index [FFI] disability and activity scale)를 보였다. 2013년 van Heiningen 등³⁶⁾은 14개의 다른 나라에서 시행한 17개의 연구에서 405명의 류마티스 관절염 환자에게 260예의 발목관절 전치환술과 145예의 발목 유합술을 시행 후 임상 결과를 비교하였다. 두 군 모두 임상 결과의 개선을 보였지만 우수한 술식이 무엇인지 결론 내리지는 못했다.

결론

발목관절 말기 관절염 환자에게 발목관절 전치환술과 발목 유합술 모두 효과적인 치료 방법이다. 본 종설을 정리하자면, 두 술식의 단기 합병증 면에서는 무엇이 좋을지 아직 결정할 수 없고, 중·장기 합병증은 발목관절 전치환술에서 흔하지만 발목 유합술 후 주변 관절의 관절염도 염두에 두어야 한다. 발목관절 전치환술의 10년 생존율이 가장 적게는 68%로 낮지만 환자 만족도, 임상 결과 및 특별한 상황에서 발목관절 전치환술이 더 낫다고 보고된다. 두 술식에 대한 현재까지의 많은 연구들에도 불구하고 아직까지 발목관절 전치환술이 발목 유합술보다 더 우월하다고 결론을 내릴 수 없는 상태이며 어떤 경우에 발목관절 전치환술을 시행해야 한다는 구체적인 적응증이 확립되었다고 보기 어렵다. 향후 발목관절 말기 관절염 환자의 치료에 따른 치료 기준의 명확한 정립과 우수성을 결정하기 위해 보다 면밀한 비교 연구가 필요한 것으로 생각된다.

ORCID

Young Sik Yoon, <https://orcid.org/0000-0003-2652-5860>

REFERENCES

- Lee DY, Kyung MG, Cho YJ, Hwang S, Kang HW, Lee DO. A modified transfibular technique of ankle arthrodesis using partial fibular resection and onlay bone graft. *PLoS One*. 2020;15:e0241141. doi: 10.1371/journal.pone.0241141.
- Chun DI, Won SH. Ankle arthrodesis. *J Korean Foot Ankle Soc*. 2018;22:1-7. doi: 10.14193/jkfas.2018.22.1.1.
- Gougoulas NE, Agathangelidis FG, Parsons SW. Arthroscopic ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int*. 2007;28:695-706. doi: 10.3113/FAI.2007.0695.
- Colman AB, Pomeroy GC. Transfibular ankle arthrodesis with rigid internal fixation: an assessment of outcome. *Foot Ankle Int*. 2007;28:303-7. doi: 10.3113/FAI.2007.0303.
- Kusnezov N, Dunn JC, Koehler LR, Orr JD. Anatomically contoured anterior plating for isolated tibiotalar arthrodesis: a systematic review. *Foot Ankle Spec*. 2017;10:352-8. doi: 10.1177/1938640017700974.
- Takakura Y, Tanaka Y, Sugimoto K, Akiyama K, Tamai S. Long-term results of arthrodesis for osteoarthritis of the ankle. *Clin Orthop Relat Res*. 1999;(361):178-85. doi: 10.1097/00003086-199904000-00023.
- Sung KS. Total ankle arthroplasty. *J Korean Med Assoc*. 2020;63:445-51. doi: 10.5124/jkma.2020.63.8.445.
- Li Y, He J, Hu Y. Comparison of the efficiency and safety of total ankle replacement and ankle arthrodesis in the treatment of osteoarthritis: an updated systematic review and meta-analysis. *Orthop Surg*. 2020;12:372-7. doi: 10.1111/os.12635.
- Ahn J, Cho BK. Surgical decision and patient selection in end-stage ankle arthritis: total ankle arthroplasty vs. arthrodesis. *J Korean Foot Ankle Soc*. 2022;26:111-7. doi: 10.14193/jkfas.2022.26.3.111.
- Brodeur PG, Walsh DF, Modest JM, Salameh M, Licht AH, Hartnett DA, et al. Trends and reported complications in ankle arthroplasty and ankle arthrodesis in the State of New York, 2009-2018. *Foot Ankle Orthop*. 2022;7:24730114221117150. doi: 10.1177/24730114221117150.
- Novoa-Parra CD, Gil-Monzó E, Díaz-Fernández R, Lizaar-Utrilla A. Trend in Spain in the use of total ankle arthroplasty versus arthrodesis in the period 1997-2017. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol (Engl Ed)*. 2021;65:451-60. doi: 10.1016/j.recot.2020.10.011.
- Milstrey A, Domnick C, Garcia P, Raschke MJ, Evers J, Ochman S. Trends in arthrodeses and total joint replacements in Foot and Ankle surgery in Germany during the past decade-back to the fusion? *Foot Ankle Surg*. 2021;27:301-4. doi: 10.1016/j.fas.2020.05.008.
- Cho BK, Cho J, Gwak HC, Kim HJ, Bae SY. Current trends in the treatment of ankle arthritis: analysis of the Korean Foot and Ankle Society (KFAS) member survey. *J Korean Foot Ankle Soc*. 2021;25:111-6. doi: 10.14193/jkfas.2021.25.3.111.
- Reeves CL, Shane AM, Vazales R. Current concepts regarding total ankle replacement as a viable treatment option for advanced ankle arthritis: what you need to know. *Clin Podiatr Med Surg*. 2017;34:515-27. doi: 10.1016/j.cpm.2017.05.008.
- Lee GW, Lee KB. Outcomes of total ankle arthroplasty in ankles with >20° of coronal plane deformity. *J Bone Joint Surg Am*. 2019;101:2203-11. doi: 10.2106/JBJS.19.00416.
- Adams SB, Steele JR, Demetracopoulos CA, Nunley JA, Easley ME, DeOrio JK. Results of tibia and fibula osteotomies performed concomitant to total ankle replacement. *Foot Ankle Int*. 2020;41:259-66. doi: 10.1177/1071100719892221.
- Allport J, Ramaskandhan J, Alkhreisat M, Siddique MS. Patient-reported outcome measures and radiological outcomes in mobile-bearing total ankle arthroplasty with varus or valgus deformity. *Foot Ankle Int*. 2021;42:176-82. doi: 10.1177/1071100720949852.
- Lawton CD, Butler BA, Dekker RG 2nd, Prescott A, Kadakia AR. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis-a comparison of outcomes over the last decade. *J Orthop Surg Res*. 2017;12:76. doi: 10.1186/s13018-017-0576-1.
- Merrill RK, Ferrandino RM, Hoffman R, Ndu A, Shaffer GW. Comparing 30-day all-cause readmission rates between tibiotalar fusion and total ankle replacement. *Foot Ankle Surg*. 2019;25:327-31. doi: 10.1016/j.fas.2017.12.011.
- Ross BJ, Savage-Elliott I, Wu VJ, Rodriguez RF. Complications following total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis for primary ankle osteoarthritis. *Foot Ankle Spec*. Published online January 20, 2021; doi: 10.1177/1938640020987741.
- Daniels TR, Younger AS, Penner M, Wing K, Dryden PJ, Wong H, et al. Intermediate-term results of total ankle replacement and ankle arthrodesis: a COFAS multicenter study. *J Bone Joint Surg Am*. 2014;96:135-42. doi: 10.2106/JBJS.L.01597.
- Sokolowski M, Krähenbühl N, Wang C, Zwicky L, Schweizer C, Horn Lang T, et al. Secondary subtalar joint osteoarthritis following total ankle replacement. *Foot Ankle Int*. 2019;40:1122-8. doi: 10.1177/1071100719859216.
- Ling JS, Smyth NA, Fraser EJ, Hogan MV, Seaworth CM, Ross KA, et al. Investigating the relationship between ankle arthrodesis and adjacent-joint arthritis in the hindfoot: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97:513-20. doi: 10.2106/JBJS.N.00426. Erratum in: *J Bone Joint Surg Am*. 2015;97:e43.
- Mercer J, Penner M, Wing K, Younger AS. Inconsistency in the reporting of adverse events in total ankle arthroplasty: a systematic review of the literature. *Foot Ankle Int*. 2016;37:127-36. doi: 10.1177/1071100715609719.
- Palanca A, Mann RA, Mann JA, Haskell A. Scandinavian total ankle replacement: 15-year follow-up. *Foot Ankle Int*. 2018;39:135-42. doi: 10.1177/1071100717738747.
- Zafar MJ, Kallemose T, Benyahia M, Ebskov LB, Penny JØ. 12-year survival analysis of 322 Hintegra total ankle arthroplasties from an independent center. *Acta Orthop*. 2020;91:444-9. doi: 10.1080/17453674.2020.1751499.
- Undén A, Jephsson L, Kamrad I, Carlsson Å, Henricson A, Karlsson MK, et al. Better implant survival with modern ankle prosthetic designs: 1,226 total ankle prostheses followed for up to 20 years in the Swedish Ankle Registry. *Acta Orthop*. 2020;91:191-6. doi: 10.1080/17453674.2019.1709312.
- Shih CL, Chen SJ, Huang PJ. Clinical outcomes of total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis for the treatment of end-stage ankle arthritis in the last decade: a systematic review and meta-analysis. *J Foot Ankle Surg*. 2020;59:1032-9. doi: 10.1053/j.jfas.2019.10.008.
- Sangeorzan BJ, Ledoux WR, Shofer JB, Davitt J, Anderson JG, Bohay D, et al. Comparing 4-year changes in patient-reported outcomes following ankle arthroplasty and arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am*. 2021;103:869-78. doi: 10.2106/JBJS.20.01357.

30. Conlin C, Khan RM, Wilson I, Daniels TR, Halai M, Pinsker EB. Living with both a total ankle replacement and an ankle fusion: a qualitative study from the patients' perspective. *Foot Ankle Int.* 2021;42:1153-61. doi: 10.1177/10711007211004447.
31. Pedowitz DI, Kane JM, Smith GM, Saffel HL, Comer C, Raikin SM. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis: a comparative analysis of arc of movement and functional outcomes. *Bone Joint J.* 2016;98-B:634-40. doi: 10.1302/0301-620X.98B5.36887.
32. Lenz AL, Nichols JA, Roach KE, Foreman KB, Barg A, Saltzman CL, et al. Compensatory motion of the subtalar joint following tibiotalar arthrodesis: an in vivo dual-fluoroscopy imaging study. *J Bone Joint Surg Am.* 2020;102:600-8. doi: 10.2106/JBJS.19.01132.
33. Johns WL, Sowers CB, Walley KC, Ross D, Thordarson DB, Jackson JB, et al. Return to sports and activity after total ankle arthroplasty and arthrodesis: a systematic review. *Foot Ankle Int.* 2020;41:916-29. doi: 10.1177/1071100720927706.
34. Seo SG, Kim EJ, Lee DJ, Bae KJ, Lee KM, Lee DY. Comparison of multisegmental foot and ankle motion between total ankle replacement and ankle arthrodesis in adults. *Foot Ankle Int.* 2017;38:1035-44. doi: 10.1177/1071100717709564.
35. Ahn J, Yoo MC, Seo J, Park M, Jeong BO. Comparison of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis in end-stage hemophilic arthropathy. *Foot Ankle Int.* 2020;41:937-44. doi: 10.1177/1071100720929002.
36. van Heiningen J, Vliet Vlieland TP, van der Heide HJ. The mid-term outcome of total ankle arthroplasty and ankle fusion in rheumatoid arthritis: a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.* 2013;14:306. doi: 10.1186/1471-2474-14-306.