



말기 발목 관절염에 대한 술식 결정 및 환자 선택: 인공관절 치환술 vs. 관절유합술

안정태, 조병기*

창원경상국립대학교병원 정형외과 · *충북대학교 의과대학 정형외과학교실

Surgical Decision and Patient Selection in End-Stage Ankle Arthritis: Total Ankle Arthroplasty vs. Arthrodesis

Jungtae Ahn, Byung-Ki Cho*

Department of Orthopaedic Surgery, Gyeongsang National University Changwon Hospital, Changwon, *Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

Despite the lack of evidence-based standard guidelines to select the best surgical treatment option for end-stage ankle osteoarthritis, the rate of total ankle arthroplasty (TAA) is increasing rapidly relative to ankle arthrodesis (AA) with the development of implant designs and surgical techniques. Physicians and patients would benefit from a more comprehensive understanding of the differences in postoperative pain relief, functional improvement, the rates of complication or reoperation, and restoration of gait ability and sports activity. This paper overviews the current consensus on indications and contraindications for TAA and provides a literature review on a comparison of the clinical and functional results between TAA and AA.

Key Words: Ankle, Osteoarthritis, Arthroplasty, Arthrodesis, Patient selection

서 론

고령 인구의 증가와 더불어 발목관절의 말기 관절염 환자 빈도는 꾸준히 늘고 있으며, 이를 치료하는 대표적인 수술법인 관절유합술과 인공관절 치환술에 대한 관심이 크게 증가하고 있다. 발목관절의 생역학에 대한 이해가 증가하고 동반 변형의 교정이나 술 후의 보행 재활에 대한 개념이 정립되면서 예전에 비해 향상된 치료 결과들이 다양하게 보고되고 있다. 현재까지는 국가별로 두 술식이 시행되는 빈도에 차이가 있으나 인공관절 치환물 디자인과 수술기법의 발전에

의해 관절치환술 후의 임상 결과가 크게 향상되고 있으며, 그에 따라 시행 빈도 역시 빠르게 늘어나고 있는 추세이다.¹⁻⁴⁾ 두 술식은 각각의 장·단점을 가지고 있으며 이를 고려하여 최적의 수술 적응증을 정립하려는 노력이 계속되고 있으나 현재까지 표준화된 임상 기준이 결정되지는 않은 상태이다. 그러므로 기존에 알려져 있는 각 술식의 특성, 환자 개개인의 상태와 기대치, 술자의 경험과 선호도 등이 종합적으로 고려되어 최종 수술 방법이 결정되는 것이 일반적인 상황이다.

관절유합술은 일단 유합에 성공하면 상당한 통증 소실을 얻을 수 있으나 장기적으로 주변 관절의 퇴행성 변화를 일으켜 발 전체의 유연성이 떨어지며, 생각보다 불유합 또는 지연유합의 빈도가 높고, 정상에 비해 보행 속도가 떨어지며, 지면의 상태에 따라 상당한 불편감이 남을 수 있다고 알려져 있다.⁵⁻⁷⁾ 인공관절 치환술은 발목의 운동 범위를 보존함으로써 인접 관절로의 과도한 스트레스를 줄여 관절염의 진행을 막아주며 정상에 근접한 보행 능력을 유지시켜 좀 더 편하게 걷기가 가능하다는 점, 다만 술 후 합병증 발생률이 더 높고 장기

Received July 25, 2022 Revised August 16, 2022

Accepted August 17, 2022

Corresponding Author: Byung-Ki Cho

Department of Orthopedic Surgery, Chungbuk National University Hospital, 776,

1sunhwan-ro, Seowon-gu, Cheongju 28644, Korea

Tel: 82-43-269-6077, Fax: 82-43-274-8719, E-mail: titanick25@naver.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7746-598X>

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.

추시상 인공관절 치환물과 관련되어 재수술 가능성이 더 크다는 점, 통증 완화 정도나 기능평가 점수와 같은 전반적인 임상 결과에서 유합술과 유사하거나 좀 더 우수하게 평가된다는 점 등이 일반적으로 널리 알려져 있는 내용이다.⁸⁻¹¹⁾ 그러나 두 술식 사이의 이와 같은 차이점은 장기 추시 또는 전향적 무작위 비교연구(prospective randomized controlled trial)와 같은 높은 수준의 근거에 기초한 내용은 아니며 중·단기 추시 임상 연구들(case series) 또는 술자의 개인적인 경험에 기초한 선입견일 수 있다. 인공관절 치환물 디자인과 수술기법의 발전, 관절고정 기구 및 골이식 제재의 발전, 술자의 경험도 증가에 따라 예전과는 확연히 다른 치료 결과들이 나타나고 있으므로 최근의 치료 경향에 대한 이해는 수술적 치료를 고려하고 있는 말기 발목관절염 환자들에게 더 정확한 정보를 제공하고 적절한 수술방법을 선택하는 데 있어 필수적이다. 본 연구에서는 말기 발목관절염을 치료하는 대표적인 두 술식에 대해 일반적으로 받아들여지고 있는 적응증과 상대적인 금기증에 대해 알아보고 술식 결정 시 환자들이 가장 큰 관심을 보이는 항목인 통증 완화, 합병증 발생 및 재수술 빈도, 보행 및 스포츠 활동 능력의 3가지 관점에서 비교해 보고자 하였다.

본 론

1. 인공관절 치환술의 적응증(indications of total ankle arthroplasty)

다른 관절에서의 인공관절 치환술과 마찬가지로 발목 인공관절 치환술에 있어서도 수술 대상 환자의 적절한 선별은 수술 결과에 큰 영향을 미치는 중요한 요소이다. 관절유합술과 관절치환술의 적용 대상이 각각 구분되어 있는 것은 아니며 환자 개개인의 상태와 기대치, 술자의 경험도에 따라 더 적당한 술식을 선택하고 수술 전에 환자와 충분히 상의하는 시간을 가지는 것이 필요하다. 현재까지의 다양한 임상 문헌들에 근거한 발목 인공관절 치환술의 이상적인 적응증은 다음과 같다(Table 1).¹²⁻¹⁵⁾ 대개 말기 관절염을 보이는 노령의 환자에서 발목관절과 후족부의 변형이 경미하고 육체적 활동에 대한 기대치가 낮으며, 관절 운동 범위가 양호하고 신경혈관적으로 정상이며, 좋은 골질과 주변 연부조직 상태를 보이고, 과체중이지 않은

Table 1. Ideal Indications for Total Ankle Arthroplasty

Old age more than 60 years
Low physical activity demand
Well-maintained range of motion
Non-smoker
Non-obese patient
Normal ankle & hindfoot alignment
Proper bone quality & soft tissue condition
Sufficient vascular supply
No arthritis in adjacent joints (subtalar or talonavicular)

환자에서 추천된다. 또한 후족부의 인접 관절에 진행된 관절염이 있거나 유합되어 있는 상태, 반대쪽 발목관절이 이미 유합되어 있는 상태의 환자에서는 인공관절 치환술이 관절유합술보다 선호되는 술식이다.

현재 임상적으로 사용되고 있는 발목 인공관절 치환술의 술 후 추시 기간이 고관절이나 슬관절에 비해 비교적 짧은 편이므로 인공관절 치환술의 적응증에 대해서는 여전히 수정의 여지가 있으며 치환물 디자인과 수술기법의 발전과 더불어 점차 적응증이 확대되고 있는 추세이다. 발목관절의 변형이나 부정 정렬은 과거 10도 이내의 내반 또는 외반이 관절치환술의 적용기준이었으나, 최근 들어 그 이상의 변형에서도 다양한 교정 술식들이 같이 사용되어 양호한 임상 결과들이 보고되고 있다.^{16,17)} 대개 15도 이내의 변형은 치환술 시의 골 절제 및 내측 삼각인대 유리술(medial deltoid ligament release)로 교정되나, 15도 이상인 경우에는 외측인대 재건술, 종골 절골술, 거골하(subtalar) 관절유합술 등의 추가 교정 술식을 필요로 한다. 환자의 나이와 육체적 활동에 대한 기대치도 매우 중요한 고려 사항이며, 상대적으로 젊거나 활동 기대치가 높은 환자들 경우에는 수술 전 상담을 통해 장기 추시상 발생 가능한 합병증 및 재수술 가능성에 대해 충분히 주지시키는 것이 중요하다. 거골하 관절이나 거주상골간(talonavicular) 관절 등 주변 관절의 퇴행성 변화가 동반되어 관절유합술이 필요할 가능성이 있는 경우도 인공관절 치환술의 좋은 적응증이 된다. 이런 경우 거골하 관절유합술 또는 삼중 관절유합술에 이어 발목 인공관절 치환술을 1단계 또는 2단계로 시행하며, 후족부 강직 상태에서 발목관절의 움직임은 보존한다는 의미에서 관절유합술보다 더 적합한 술식으로 알려져 있다.^{12,13)} 술자의 숙련도 또한 중요한 요인으로서 1년에 10~15예 이상의 꾸준한 치환술 경험을 통해 수술 전, 후 그리고 수술 중에 발생할 수 있는 다양한 문제들을 해결할 수 있는 능력을 유지해야 한다.

Table 2. Relative Contraindications for Total Ankle Arthroplasty

Young age less than 50 years
High physical activity demand
Segmental bone defect
History of ankle osteomyelitis or severe open ankle fractures
Long-term administration of steroids
Severe osteoporosis
Smoker

Table 3. Absolute Contraindications for Total Ankle Arthroplasty

Active or recent infection
Charcot neuroarthropathy
Uncontrolled diabetes mellitus
Poor bone or soft tissue condition
Poor vascularity
Severe avascular necrosis of the talus
Paralysis of the affected lower extremity
Severe malalignment where reconstruction is impossible

2. 인공관절 치환술의 금기증(contraindications of total ankle arthroplasty)

현재까지의 다양한 임상 문헌들에 근거한 발목 인공관절 치환술의 절대적, 상대적인 금기증은 다음과 같다(Tables 2, 3).¹²⁻¹⁵⁾ 일반적으로 환측 하지의 말초 혈관 장애, 신경관절병증(neuroarthropathy)이나 마비(paralysis), 급성 또는 최근의 감염, 발목관절 주변의 불량한 연부조직 상태, 관절의 과운동성(hypermobility), 거골의 심한 무혈성 괴사, 재건이 불가능한 정도의 심한 후족부 부정 정렬 등이 있는 환자에서는 인공관절 치환술이 추천되지 않는다.

당뇨가 있다면 엄격한 당 조절이 필요하며 흡연 역시 술 후 합병증 발생률을 증가시키는 것으로 알려져 있다. 환자의 절대적인 체중보다는 체질량지수(body mass index, BMI)가 더 중요하며, 같은 체중이라도 체구가 커서 큰 인공관절 치환물을 삽입한 환자는 작은 치환물을 삽입한 환자보다 단위 면적당 스트레스가 감소하게 된다. 인공관절 치환술이 가능한 체중의 절대치를 정할 수는 없으나 BMI가 높을수록 합병증이 발생할 가능성이 커지므로 유의해야 한다. 술 후의 과도한 육체적 활동은 인공관절 삽입물의 수명에 좋지 않은 영향을 주게 되며 수직 압박력 이외에도 전후방 및 측방 전단력(shear force)이 체중의 2배에 이르는데, 과격한 활동 시 이 힘은 더 증가하게 된다. 류마티스성 관절염의 경우 창상회복 문제, 수술부위 감염 등의 우려가 있으나 최근의 임상 연구들에 따르면 다른 원인으로 인한 관절염과 비교해 인공관절 치환술 후의 임상결과는 대등한 것으로 보고되고 있다.¹⁸⁻²⁰⁾ 외상 후 관절염의 경우 이전의 수상으로 인해 발목관절 주위 연부조직에 위축과 강직, 반흔조직 형성 등이 남아 발목 운동범위의 제한을 보이는 경우가 흔하다. 신체 검사상 발목관절 운동범위가 상당히 제한되어 있는 환자에서는 인공관절 치환술 시 관절낭과 건에 유리술을 시행하더라도 만족스러운 술 후 운동범위를 얻기가 어려운 경우가 많으며 관절유합술을 시행하는 것이 더 적절한 선택일 수 있다.

3. 관절유합술과 인공관절 치환술 후 통증 호전의 차이(differences in pain relief)

술 후의 통증 완화는 말기 발목관절염 환자들이 수술적 치료를 결정하게 되는 주된 이유이며 여러 임상평가 항목들 중 무엇이 환자에게 가장 중요한지를 보여주는 문헌상의 증거가 부족할지라도 치료의 성패를 판단하는 가장 중요한 평가 요소가 된다.²¹⁾ 발목관절의 운동범위가 제한되는 관절유합술 환자들에서도 술 후 보행능력이 향상되는 가장 주된 요인은 술 전에 비해 통증이 완화되기 때문이라는 것이 잘 알려져 있다.

말기 발목관절염에 대한 관절유합술과 인공관절 치환술 후의 임상결과를 비교한 현재까지의 주요 연구들에서 통증 완화와 관련된 내용은 다음과 같다. Schuh 등²²⁾은 평균 35개월 추시상 American Orthopaedic Foot and Ankle Society (AOFAS) 후족부 점수의 통

증 항목이 관절유합술 군에서는 40점 만점에 35.8점, 인공관절 치환술 군에서는 31.8점으로 나타났으며 두 군 간 유의한 차이가 없었음을 보고하였다. Veljkovic 등²³⁾은 평균 43개월 추시상 Ankle Osteoarthritis Scale (AOS)의 통증 점수가 술 전과 비교해 관절유합술 군에서는 25.6점, 인공관절 치환술 군에서는 32.2점 호전되었으며 두 군 간 통계적으로 유의한 차이는 없었다고 하였다. Saltzman 등²⁴⁾은 평균 4.2년 추시상 AOS pain 점수가 인공관절 치환술 군에서 평균 26점으로 관절유합술 군(51.2점)에 비해 더 우수한 통증 완화를 보였으나 술 후의 합병증 및 추가 수술 빈도는 인공관절 치환술 군에서 더 높았다고 하였다. Norvell 등⁶⁾은 술 후 2년 추시상 Foot and Ankle Ability Measure (FAAM), Short Form-36 (SF-36) 등의 임상평가 지표는 인공관절 치환술 군이 관절유합술 군에 비해 우수한 결과를 보였으나 잔존 통증에서는 유의한 차이가 없었다고 하였다. 같은 환자군을 대상으로 술 후 4년까지 연속 추시한 연구에서도 유사한 결과가 도출되었으며, visual analogue scale (VAS) 통증 평가상 12, 24, 36개월째 인공관절 치환술 군에서 최소 0.9점 정도 높게 나타났던 통증 호전 수준이 48개월째 평가에서는 차이가 줄어드는 양상을 보였다.⁹⁾ Bonnin 등²⁵⁾은 인공관절 치환술 후 평균 54개월 추시상 AOFAS 후족부 점수의 통증 항목의 평균은 30.4점이었으며, 전체 환자의 25%는 잔존 통증이 없었으나 55%에서는 중등도의 통증이 남아있었다고 하였다. 또한 만성 발목 불안정증에 의한 퇴행성 관절염 환자군이 일차성, 외상성, 류마티스성 관절염 환자군에 비해 최종 추시상 상대적으로 양호한 통증 양상을 나타냈으며, BMI, 성별, 추시 시점 등은 잔존 통증의 정도와 별다른 상관관계가 없는 것으로 보고되었다.

Daniels 등²⁶⁾은 107건의 관절유합술과 281건의 인공관절 치환술을 대상으로 6명의 술자가 참여한 다기관 연구에서 평균 5.5년 추시상 술 전과 비교한 AOS 통증 점수에서의 향상 정도가 인공관절 치환술 군에서 25.4점으로 관절유합술 군(18.6점)에 비해 더 우수하였으나 환자들의 나이나 BMI, 기저 질환, 술자에 따른 차이 등을 보정한 분석에서는 유의한 차이가 없었음을 보고하였다. Saltzman 등²⁷⁾은 66건의 관절유합술과 158건의 인공관절 치환술을 대상으로 15명의 술자가 참여한 전향적 다기관 비교연구에서 2년 추시상 VAS 통증 척도가 두 군 사이에 유의한 차이가 없었음을 보고하였다. 이 연구에서 술 후의 합병증 발생률과 추가 수술 빈도는 인공관절 치환술 군에서 더 높았으나, 기능 평가지표의 향상 정도는 관절유합술 군보다 더 우수한 결과를 보였다. 반면 Benich 등²⁸⁾은 103건의 관절유합술과 170건의 인공관절 치환술이 포함된 전향적 비교연구에서 SF-36 통증 척도상 7.3점, VAS 통증 척도상 0.8점가량의 유의한 차이가 두 군 사이에서 발견되었으며, 관절치환술 군이 더 우수한 통증 호전을 보였다고 하였다.

관절유합술과 인공관절 치환술 사이의 수술 결과를 비교하는 10개의 연구들을 대상으로 한 최근의 메타분석(meta-analysis)에서

VAS 통증 척도, AOFAS 점수 및 SF-36 등의 임상평가가 점수, 환자 만족도 등은 두 술식 간에 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 분석되었다.¹⁰⁾ 최근에는 술 후의 임상 결과를 평가하는 요소로서 통증이나 기능적 향상 이외에 환자의 술전 기대치가 얼마나 충족되었고 수술과 관련된 만족도가 어느 정도인지를 평가하는 연구들이 시도되고 있다. Younger 등²⁹⁾은 205건의 관절유합술과 451건의 인공관절 치환술을 대상으로 한 다기관 연구에서 환자의 술 전 기대치가 인공관절 치환술 군에서 평균 79점으로 관절유합술 군(72점)에 비해 더 높았다고 하였다. 또한 술 후의 전체적인 만족도는 두 군 간 유의한 차이가 없었으나, 만족도의 향상을 보인 환자들의 비율은 인공관절 치환술 군이 84% 정도로 관절유합술 군(74%)에 비해 더 높은 것으로 분석되었으며, 환자 만족도와 임상평가 점수(AOS) 사이에 유의한 상관관계가 확인되었다.

현재까지의 다양한 임상 문헌들에 근거하여 인공관절 치환술과 관절유합술 모두 말기 발목관절염 환자들의 통증 완화에 매우 효과적인 술식이라고 판단할 수 있겠으며, 잔존 통증의 관점에서 두 술식 사이에 뚜렷한 우월성을 입증할 수 있는 증거는 아직 부족하다고 생각된다. 인공관절 치환물 디자인과 관절 고정 기구, 수술기법의 발전과 더불어 두 술식 모두 예전과 비교해 더 향상된 치료 결과들이 보고되고 있으므로 이 주제의 명확한 결론에 대해서는 지속적인 후속 연구가 필요하리라 판단된다.

4. 관절유합술과 인공관절 치환술 후 재수술률의 차이 (differences in reoperation rate)

수술 후에 발생 가능한 합병증의 빈도나 재수술 가능성 등도 말기 발목관절염 환자들이 수술 방법을 선택하는 데 있어 중요한 고려 사항이 된다. 재수술(reoperation)은 관절유합술 또는 인공관절 치환술 후 합병증이 발생하거나 통증 등의 증상이 지속되어 다시 수술적 처치를 받는 경우를 의미하며, 인공관절 금속 치환물의 제거 또는 교체, 관절유합술 후 부정유합 또는 불유합에 대한 재수술을 뜻하는 revision과는 구분되는 개념이다. 주로 시행되는 재수술로는 창상 관련 합병증(창상 감염, 이개, 피부 괴사 등)에 대한 수술적 처치, 치환물의 충돌이나 활액막염에 대한 변연절제술(debridement), 이소성 골화증(heterotopic ossification)에 대한 제거술, 폴리에틸렌 삽입물(polyethylene liner)의 교체, 거골하 관절유합술, 아킬레스건 연장술 등이 있다.

말기 발목관절염에 대한 관절유합술과 인공관절 치환술 후의 합병증 발생 및 재수술 빈도를 비교한 현재까지의 주요 연구 결과는 다음과 같다. SooHoo 등³⁰⁾은 1995~2004년 사이에 시행된 4,705건의 관절유합술과 480건의 인공관절 치환술을 대상으로 한 관찰연구에서 술 후 1년까지의 재수술률(major reoperation rate)이 관절유합술 군에서 5%, 인공관절 치환술 군에서 9%였으며, 5년까지의 재수술률도 인공관절 치환술 군이 23%로 관절유합술 군(11%)에 비

해 유의하게 더 높았다고 하였다. 즉, 수술 후 합병증이 발생할 상대적 위험도(relative risk)가 인공관절 치환술 군에서 약 1.93배 더 높은 것으로 나타났으며, 거골하 관절염이 진행하여 유합술이 시행된 빈도는 관절유합술 군에서 2.8%로 인공관절 치환술 군(0.7%)에 비해 더 높았다. 같은 연구자들에 의해 2005~2010년 사이의 수술 결과들이 추가된 후속 연구에서는 인공관절 치환술 군의 술 후 창상 감염 발생률과 재입원율이 관절유합술 군에 비해 더 적은 것으로 나타났다(관절유합술 군과 비교한 상대적 위험도가 각각 0.28배, 0.67배), 이는 인공관절 치환물 디자인의 발전과 술자들의 경험 축적이 반영된 결과라고 생각되었다.³¹⁾ Odum 등³²⁾은 2002~2013년 사이에 시행된 16,278건의 관절유합술과 4,192 건의 인공관절 치환술을 대상으로 술 후의 초기 합병증(in-hospital complication) 발생률을 조사한 결과, 위중한 합병증 발생률은 관절유합술 군에서 8.5%로 인공관절 치환술 군(5.3%)에 비해 더 높았으나 경미한 합병증은 오히려 인공관절 치환술 군에서 5.9%로 관절유합술 군(4.7%)에 비해 더 자주 발생하였음을 보고하였다.

Veljkovic 등²³⁾은 100건의 관절유합술과 88건의 인공관절 치환술을 대상으로 한 다기관 연구에서 평균 43개월 추시상 재수술률이 관절유합술 군에서 10%, 인공관절 치환술 군에서 18%로 나타났으나 최종 임상결과에 미치는 영향은 크지 않았다. Revision rate는 관절유합술 군에서 5%, 인공관절 치환술 군에서 6%로 거의 유사하였다고 하였다. Norvell 등⁹⁾은 103건의 관절유합술과 414건의 인공관절 치환술을 대상으로 한 다기관 연구에서 2년 추시상 재수술을 요하지 않는 경미한 합병증이나 revision rate에서는 두 군 간 유의한 차이가 없었으나, 재수술률(reoperation rate)은 인공관절 치환술 군이 4.1%로 관절유합술 군(12.6%)에 비해 좋은 결과를 보였다고 하였다. 단, 두 군의 환자들을 나이, 성별, BMI 등에 따라 matching하는 경우 재수술률에서의 유의한 차이가 없어지는 것으로 나타났다. Daniels 등²⁶⁾은 107건의 관절유합술과 28 건의 인공관절 치환술을 대상으로 한 다기관 연구에서 평균 5.5년 추시상 위중한 합병증 발생률이 인공관절 치환술 군에서 19%로 관절유합술 군(7%)에 비해 더 자주 발생하였으며, revision rate도 인공관절 치환술 군에서 17%로 관절유합술 군(7%)에 비해 더 높았음을 보고하였다.

관절유합술과 인공관절 치환술 사이의 비교연구들을 대상으로 한 메타분석에서 수술적 처치를 요하는 합병증의 발생률과 재수술 빈도는 인공관절 치환술이 관절유합술 보다 더 높았으며, 상대적 위험도는 각각 2.25, 1.81 정도인 것으로 분석되었다.¹⁰⁾ 이 연구에서 술 후의 창상 관련 문제, 수술과 관련된 골절, 신경 손상의 위험성은 인공관절 치환술에서 유의하게 더 높았으며, 감염이나 인접관절에서의 진행성 관절염 위험도는 두 술식 사이에 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 반면 2006~2016년 사이에 보고된 21개의 연구들(관절치환술은 3세대 디자인만을 포함시킨)을 대상으로 한 체계적 문헌고찰(systemic review)에서는 술 후의 전체적인 합병증 발생률이 관

절유합술에서 26.9%로 인공관절 치환술(19.7%)에 비해 높았으며, 재수술률도 인공관절 치환술이 9.5%로 관절유합술(12.9%)에 비해 좋은 결과를 보이는 것으로 나타났다.³³⁾ 단, revision rate는 인공관절 치환술이 7.9%로 관절유합술(5.4%)에 비해 높은 빈도를 보였다고 하였다. 이 연구에서 인공관절 치환술 후의 주된 합병증은 치환물의 이완(aseptic loosening, 5.8%), 창상 합병증(5.4%), 수술과 관련된 골절(4.9%)이었고 관절유합술 후의 주된 합병증은 창상 합병증(9.8%), 유합 실패(불유합, 7.9%), 심부 감염(3.6%)이었다. Fanelli 등³⁴⁾에 의한 최근의 메타분석에서도 인공관절 치환술이 관절유합술보다 더 높은 합병증 발생률과 재수술 빈도를 보인다는 객관적인 증거는 부족하다고 보고된 바 있다. 수술과 관련된 합병증이 최종 임상결과에 미치는 영향을 분석한 연구에서 Krause 등³⁵⁾은 관절유합술 군과 인공관절 치환술 군 모두에서 합병증 유무가 임상결과에 유의한 영향을 미친다고 하였으며, 특히 치환물의 이완이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 보고되었다. 수술 당시의 연령이 젊을수록 노령층에 비해 상대적으로 육체적 활동도가 높으므로 치환물의 생존율에는 부정적인 영향을 준다고 알려져 있으며, Spirt 등³⁶⁾은 노령 환자군과 비교해 55세 미만의 환자군에서 1.45배 높은 재수술률과 2.65배 높은 치환물 실패율을 보고한 바 있다. 그러나 최근에서는 환자의 연령이 재수술률이나 치환물의 생존율에 별다른 영향을 미치지 않는다는 보고도 있다.³⁷⁾

현재까지의 다양한 임상 문헌들, 특히 인공관절 치환술과 관절유합술 사이의 비교연구들을 대상으로 한 최근의 메타분석과 체계적 문헌고찰들에 근거하여 술 후 합병증 발생률과 재수술 빈도에 있어 두 술식 사이에 뚜렷한 우월성을 입증할 수 있는 증거는 여전히 부족하다고 생각된다.

5. 관절유합술과 인공관절 치환술 후 스포츠 활동의 차이 (differences in sports activity)

말기 발목관절염에 대한 수술적 치료 후의 운동 능력에 있어 발목관절의 움직임이 유지되는 인공관절 치환술이 관절유합술보다 더 우수한 보행 능력과 스포츠 활동을 가능하게 해줄 수 있으리라는 기대치가 있다. 인공관절 치환술 후의 스포츠 활동에 관한 뚜렷한 표준 지침이 정해져 있지는 않으나, 일반적으로 받아들여지는 consensus는 다음과 같다.³⁸⁻⁴⁰⁾

① 부적절한 스포츠 활동이 폴리에틸렌 삽입물의 마모(wear), 치환물의 이완(loosening), 재수술 위험성을 증가시킬 수 있음을 환자에게 충분히 인지시켜야 한다.

② 스포츠 활동에 참여하기 전 방사선 검사상 치환물 주변의 충분한 골유합(osteointegration)이 확인되어야 하며, 치환물의 이완이나 전위, 침강(subsidence) 등의 소견이 없어야 한다.

③ 환자 개개인의 신체 능력과 근력, 체격 등 여러 가지 조건을 종합적으로 고려하여 적절한 스포츠 종목 선택과 보조기기 사용에 대

한 교육이 필요하다.

④ 발목관절에 과도한 하중이 가해지는 운동(high-impact sports)이나 빠른 방향전환을 요하는 운동은 피해야 한다.

⑤ 스포츠 활동 중 통증이 반복되는 경우 반드시 의료진과 상의하여 운동 지속 여부를 결정해야 한다.

인공관절 치환술 후 일반적으로 허용되는 스포츠 종목으로는 평지 걷기, 수영, 실내 자전거, 골프, 볼링 등이 있다. 가벼운 실내 체조나 에어로빅, 하이킹, 복식 테니스, 실외 자전거 등은 주의를 가지고, 또는 일부 보조장비를 착용한 상태에서 허용되며, 축구, 농구, 배구, 스쿼시, 단식 테니스, 스키와 같은 종목은 대개 권장되지 않는다.⁴⁰⁾

말기 발목관절염에 대한 수술적 치료 후 일상생활에서의 보행능력을 비교한 연구에서, Jastifer 등⁷⁾은 계단 오르기 및 내려가기, 경사길 오르기에서는 인공관절 치환술 군이 더 우수한 결과를 보였으나 편평한 지면 및 불규칙한 지면(uneven surface)에서 걷기, 경사길 내려가기 등에서는 두 군 간 유의한 차이가 없었음을 보고하였다. Shofer 등⁴¹⁾은 술 후 일상생활에서 측정된 걸음 수(step count)를 비교한 결과, 인공관절 치환술 군에서 더 높은 활동도를 보였으나 술 후 3년째부터는 유의한 차이가 없었다고 하였다. 술 후의 스포츠 활동에 관한 비교 연구에서, Schuh 등²²⁾은 스포츠 활동에 참여하는 환자들의 빈도가 관절유합술 군에서는 술 전 90%에서 최종 추시상 75%로, 인공관절 치환술 군에서는 술 전 86%에서 76%로 감소하였으며 두 군 간 유의한 차이가 없었음을 보고하였다. 이 연구에서 술 후에 참여하는 가장 주된 스포츠 종목은 자전거(cycling, 45%), 수영, 하이킹으로 나타났으며 역시 두 군 간 유사한 분포를 보이는 것으로 분석되었다. 또한 University of California at Los Angeles (UCLA) activity scale 평가상 술 후 두 군의 스포츠 활동도는 유의한 차이가 없었으며 수술에 대한 환자들의 만족도와 뚜렷한 상관관계를 보이지 않았다. 반면, Valderrabano 등⁴⁰⁾은 147명의 인공관절 치환술 환자들을 대상으로 평균 2.8년 추시한 결과 스포츠 활동에 참여하는 환자들의 빈도가 술 전 36%에서 최종 추시상 56%로 증가하였고, 환자들의 스포츠 활동도와 임상결과(AOFAS score) 사이에 유의한 상관관계가 있었음을 보고하였다.

말기 발목관절염으로 수술적 치료를 받은 환자들을 대상으로 한 보행 분석(gait analysis) 연구들에서는 보행 속도(velocity), 걸음 수(cadence), 걸음 거리(stride length), 입각기(stance phase)와 유각기(swing phase)의 비율 등 대부분의 보행 지표에서 두 술식 간에 유의한 차이가 없으며 술 전에 비해 호전된 보행 능력을 보고하고 있다.^{8,42-44)} 단, 인공관절 치환술 군이 관절유합술 군에 비해 전체적인 보행 주기에서 좀 더 정상에 근접한 보행 형태(gait pattern)를 나타내며 시상면(sagittal plane) 상의 움직임 차이, 특히 족배 굴곡(dorsiflexion)에서의 차이가 주원인이라고 하였다. 또한 정상 대조군과 비교하여 발목관절의 모멘트와 힘을 포함해 전체적인 보행 분석 지표에서 여전히 차이를 보이는 것으로 나타났다. Sanders 등⁴⁵⁾

은 삼차원 동작 분석(motion analysis) 연구에서 평지 및 계단 보행 시 인공관절 치환술 군이 관절유합술 군에 비해 더 큰 족저 굴곡력(plantarflexion power)과 시상면 움직임(sagittal motion)을 보인다고 보고하였다.

현재까지의 다양한 임상 문헌들에 근거하여 인공관절 치환술과 관절유합술 사이에 보행 분석상의 세부 지표들 또는 지면에 따른 보행 불편감에서 일부 차이가 있을 수 있겠으나, 일상 보행능력이나 스포츠 활동에 있어 두 술식 사이에 뚜렷한 우월성을 입증할 수 있는 증거는 아직 불충분하다고 판단된다.

결론

말기 발목관절염을 치료하는 대표적인 수술법인 인공관절 치환술과 관절유합술 모두 수술 기구 및 술식의 발전과 더불어 예전보다 더 우수한 임상 결과들을 보이고 있다. 두 술식은 각각의 장, 단점을 가지고 있으며 더 적합한 적응증과 상대적인 금기증에 대한 임상 경험들이 축적되고 있으나 아직까지 표준화된 임상적, 방사선학적 기준이 결정되지는 않은 상태이다. 발목 인공관절 치환술에서 수술 대상 환자의 정확한 선별은 치료 결과를 좌우하는 매우 중요한 요소이며 현재까지 입증된 각 술식의 특성, 환자 개개인의 상태와 기대치, 술자의 경험치 등을 종합적으로 고려하여 환자와 충분히 상의한 후 최종 수술 방법이 결정되어야 한다.

ORCID

Jungtae Ahn, <https://orcid.org/0000-0002-4530-0512>

REFERENCES

1. Cho BK, Cho J, Gwak HC, Kim HJ, Bae SY; The Academic Committee of Korean Foot and Ankle Society, 2021. 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.
2. Heckmann N, Bradley A, Sivasundaram L, Alluri RK, Tan EW. Effect of insurance on rates of total ankle arthroplasty versus arthrodesis for tibiotalar osteoarthritis. *Foot Ankle Int.* 2017;38:133-9. doi: 10.1177/1071100716674311.
3. Pugely AJ, Lu X, Amendola A, Callaghan JJ, Martin CT, Cram P. Trends in the use of total ankle replacement and ankle arthrodesis in the United States Medicare population. *Foot Ankle Int.* 2014;35:207-15. doi: 10.1177/1071100713511606.
4. Raikin SM, Rasouli MR, Espandar R, Maltenfort MG. Trends in treatment of advanced ankle arthropathy by total ankle replacement or ankle fusion. *Foot Ankle Int.* 2014;35:216-24. doi: 10.1177/1071100713517101.
5. Haddad SL, Coetzee JC, Estok R, Fahrback K, Banel D, Nalysnyk L. Intermediate and long-term outcomes of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. A systematic review of the literature. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:1899-905. doi: 10.2106/JBJS.F.01149.
6. Norvell DC, Ledoux WR, Shofer JB, Hansen ST, Davitt J, Anderson JG, et al. Effectiveness and safety of ankle arthrodesis versus arthroplasty: a prospective multicenter study. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101:1485-94. doi: 10.2106/JBJS.18.01257.
7. Jastifer J, Coughlin MJ, Hirose C. Performance of total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis on uneven surfaces, stairs, and inclines: a prospective study. *Foot Ankle Int.* 2015;36:11-7. doi: 10.1177/1071100714549190.
8. Singer S, Klejman S, Pinsker E, Houck J, Daniels T. Ankle arthroplasty and ankle arthrodesis: gait analysis compared with normal controls. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:e191(1-10). doi: 10.2106/JBJS.L.00465.
9. 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.
10. Kim HJ, Suh DH, Yang JH, Lee JW, Kim HJ, Ahn HS, et al. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis for the treatment of end-stage ankle arthritis: a meta-analysis of comparative studies. *Int Orthop.* 2017;41:101-9. doi: 10.1007/s00264-016-3303-3.
11. 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/jjfas.2019.10.008.
12. Guyer AJ, Richardson G. Current concepts review: total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int.* 2008;29:256-64. doi: 10.3113/FAI.2008.0256.
13. Deorio JK, Easley ME. Total ankle arthroplasty. *Instr Course Lect.* 2008;57:383-413.
14. Choi GW, Choi WJ, Lee JW. Total ankle replacement. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2011;15:132-8.
15. Jeong BO, Jung H. Severe ankle osteoarthritis: treatment with total ankle arthroplasty. *J Korean Foot Ankle Soc.* 2018;22:8-15. doi: 10.14193/jkfas.2018.22.1.8.
16. Hobson SA, Karantana A, Dhar S. Total ankle replacement in patients with significant pre-operative deformity of the hindfoot. *J Bone Joint Surg Br.* 2009;91:481-6. doi: 10.1302/0301-620X.91B4.20855.
17. Queen RM, Adams SB Jr, Viens NA, Friend JK, Easley ME, Deorio JK, et al. Differences in outcomes following total ankle replacement in patients with neutral alignment compared with tibiotalar joint malalignment. *J Bone Joint Surg Am.* 2013;95:1927-34. doi: 10.2106/JBJS.L.00404.
18. Cho BK, An MY, Ahn BH. Comparison of clinical outcomes after total ankle arthroplasty between end-stage osteoarthritis and rheumatoid arthritis. *Foot Ankle Int.* 2021;42:589-97. doi: 10.1177/1071100720979923.
19. Hirao M, Hashimoto J, Tsuboi H, Ebina K, Nampei A, Noguchi T, et al. Total ankle arthroplasty for rheumatoid arthritis in Japanese patients: a retrospective study of intermediate to long-term follow-up. *JB JS Open Access.* 2017;2:e0033. doi: 10.2106/JBJS.OA.17.00033.
20. Pedersen E, Pinsker E, Younger AS, Penner MJ, Wing KJ, Dryden PJ, et al. Outcome of total ankle arthroplasty in patients with rheumatoid arthritis and noninflammatory arthritis. A multicenter cohort

- study comparing clinical outcome and safety. *J Bone Joint Surg Am.* 2014;96:1768-75. doi: 10.2106/JBJS.M.01164.
21. 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.
 22. Schuh R, Hofstaetter J, Krismer M, Bevoni R, Windhager R, Trnka HJ. Total ankle arthroplasty versus ankle arthrodesis. Comparison of sports, recreational activities and functional outcome. *Int Orthop.* 2012;36:1207-14. doi: 10.1007/s00264-011-1455-8.
 23. Veljkovic AN, Daniels TR, Glazebrook MA, Dryden PJ, Penner MJ, Wing KJ, et al. Outcomes of total ankle replacement, arthroscopic ankle arthrodesis, and open ankle arthrodesis for isolated non-deformed end-stage ankle arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101:1523-9. doi: 10.2106/JBJS.18.01012.
 24. Saltzman CL, Kadoko RG, Suh JS. Treatment of isolated ankle osteoarthritis with arthrodesis or the total ankle replacement: a comparison of early outcomes. *Clin Orthop Surg.* 2010;2:1-7. doi: 10.4055/cios.2010.2.1.1.
 25. Bonnin MP, Laurent JR, Casillas M. Ankle function and sports activity after total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int.* 2009;30:933-44. doi: 10.3113/FAI.2009.0933.
 26. 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.
 27. Saltzman CL, Mann RA, Ahrens JE, Amendola A, Anderson RB, Berlet GC, et al. Prospective controlled trial of STAR total ankle replacement versus ankle fusion: initial results. *Foot Ankle Int.* 2009;30:579-96. doi: 10.3113/FAI.2009.0579.
 28. Benich MR, Ledoux WR, Orendurff MS, Shofer JB, Hansen ST, Davitt J, et al. Comparison of treatment outcomes of arthrodesis and two generations of ankle replacement implants. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99:1792-800. doi: 10.2106/JBJS.16.01471.
 29. Younger AS, Wing KJ, Glazebrook M, Daniels TR, Dryden PJ, Lalonde KA, et al. Patient expectation and satisfaction as measures of operative outcome in end-stage ankle arthritis: a prospective cohort study of total ankle replacement versus ankle fusion. *Foot Ankle Int.* 2015;36:123-34. doi: 10.1177/1071100714565902.
 30. SooHoo NF, Zingmond DS, Ko CY. Comparison of reoperation rates following ankle arthrodesis and total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2007;89:2143-9. doi: 10.2106/JBJS.F01611.
 31. Stavrakis AI, SooHoo NF. Trends in complication rates following ankle arthrodesis and total ankle replacement. *J Bone Joint Surg Am.* 2016;98:1453-8. doi: 10.2106/JBJS.15.01341.
 32. Odum SM, Van Doren BA, Anderson RB, Davis WH. In-hospital complications following ankle arthrodesis versus ankle arthroplasty: a matched cohort study. *J Bone Joint Surg Am.* 2017;99:1469-75. doi: 10.2106/JBJS.16.00944.
 33. 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.
 34. Fanelli D, Mercurio M, Castioni D, Sanzo V, Gasparini G, Galasso O. End-stage ankle osteoarthritis: arthroplasty offers better quality of life than arthrodesis with similar complication and re-operation rates—an updated meta-analysis of comparative studies. *Int Orthop.* 2021;45:2177-91. doi: 10.1007/s00264-021-05053-x.
 35. Krause FG, Windolf M, Bora B, Penner MJ, Wing KJ, Younger AS. Impact of complications in total ankle replacement and ankle arthrodesis analyzed with a validated outcome measurement. *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:830-9. doi: 10.2106/JBJS.J.00103.
 36. Spirt AA, Assal M, Hansen ST Jr. Complications and failure after total ankle arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86:1172-8. doi: 10.2106/00004623-200406000-00008.
 37. Demetracopoulos CA, Adams SB Jr, Queen RM, DeOrto JK, Nunley JA 2nd, Easley ME. Effect of age on outcomes in total ankle arthroplasty. *Foot Ankle Int.* 2015;36:871-80. doi: 10.1177/1071100715579717.
 38. Healy WL, Iorio R, Lemos MJ. Athletic activity after joint replacement. *Am J Sports Med.* 2001;29:377-88. doi: 10.1177/03635465010290032301.
 39. Vertullo CJ, Nunley JA. Participation in sports after arthrodesis of the foot or ankle. *Foot Ankle Int.* 2002;23:625-8. doi: 10.1177/107110070202300707.
 40. Valderrabano V, Pagenstert G, Horisberger M, Knupp M, Hintermann B. Sports and recreation activity of ankle arthritis patients before and after total ankle replacement. *Am J Sports Med.* 2006;34:993-9. doi: 10.1177/0363546505284189.
 41. Shofer JB, Ledoux WR, Orendurff MS, Hansen ST, Davitt J, Anderson JG, et al. Step activity after surgical treatment of ankle arthritis. *J Bone Joint Surg Am.* 2019;101:1177-84. doi: 10.2106/JBJS.18.00511.
 42. Flavin R, Coleman SC, Tenenbaum S, Brodsky JW. Comparison of gait after total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2013;34:1340-8. doi: 10.1177/1071100713490675.
 43. Stone AE, Shofer JB, Stender CJ, Whittaker EC, Hahn ME, Sangeorzan BJ, et al. Ankle fusion and replacement gait similar post-surgery, but still exhibit differences versus controls regardless of footwear. *J Orthop Res.* 2021;39:2506-18. doi: 10.1002/jor.24988.
 44. Braito M, Dammerer D, Kaufmann G, Fischler S, Carollo J, Reinthaler A, et al. Are our expectations bigger than the results we achieve? A comparative study analysing potential advantages of ankle arthroplasty over arthrodesis. *Int Orthop.* 2014;38:1647-53. doi: 10.1007/s00264-014-2428-5.
 45. Sanders AE, Kraszewski AP, Ellis SJ, Queen R, Backus SI, Hillstrom H, et al. Differences in gait and stair ascent after total ankle arthroplasty and ankle arthrodesis. *Foot Ankle Int.* 2021;42:347-55. doi: 10.1177/1071100720965144.