Original Article J Korean Orthop Assoc 2010; 45: 363-372 • doi:10.4055/jkoa.2010.45.5.363 www.jkoa.org

전신적 인대 이완성을 동반한 소아에서 편평외반족의 수술적 치료

Surgical Treatment for Planovalgus Foot in Children with Generalized Ligamentous Laxity

황보현 • 이기석 • 김현우
연세대학교 의과대학 정형외과학교실

목적: 전신적 인대 이완성이 동반된 소아의 편평외반족은 일반적으로 유연성이고 무증상이지만 일부에서 중증의 변형 및 기능 장애를 보인다. 본 연구의 목적은 전신적 인대 이완성 및 기능적 문제가 동반된 소아의 편평외반족에 대해 수술 후 임상적, 방사선, 족저 압력 검사 결과를 분석하는 것이다.

대상 및 방법: 종골 연장술 또는 거골하 관절외 유합술을 받은 24명의 환자, 42예의 족부를 대상으로 후향적 분석을 시행하였다. 수술 시 평균 연령은 10.5세(6–15.6세), 평균 추시 기간은 51개월(18–92개월)이었다. Oxford Ankle Foot Questionnaire, AOFAS 점수 및 Mosca criteria를 이용한 임상적 평가, 족부 방사선 사진, 그리고 족저 압력 검사를 이용하여 수술 전후의 결과를 비교하였다.

결과: 총 42예의 족부 중 3예를 제외하고 수술 후 우수한 임상적 결과를 보였으며, 일상 활동에 지대한 제한을 주는 경우는 없었다. 방사선 검사는 모든 평가 항목에서 수술 후 의미 있는 호전을 보였다. 족저 압력 검사상 relative vertical impulse와 peak pressure 모두 수술 후 내측은 감소하고 외측이 증가하는 소견을 보이며, 압력 중심은 내측에서 외측으로 이동하는 양상을 보였다.

결론: 전신적 인대 이완성을 동반한 소아의 편평외반족에 대해 종골 연장술 또는 거골하 관절외 유합술은 단기–중기 추시상 동통의 감소, 기능적 장애의 개선 및 해부학적인 변형의 교정에 우수한 결과를 보였다. 하지만 골격 성장 및 이완성의 변화에 따른 결과 및 술식의 후기 합병증에 대해 장기적 추시가 필요하겠다.

색인단어: 편평외반족, 전신성 인대 이완성, 종골 연장술, 거골하 관절외 유합술

서 론

편평족은 내측의 족저 궁이 감소된 소아의 흔한 족부 변형으로서 거골의 족저 굴곡 및 내측 편위, 종골의 족배 굴곡 및 외회전, 거골하 관절의 외번, 주상골의 내측 및 외측 전위와 전족부의 회외전이 동반된 경우 편평외반족이라 한다.[1,2] 대부분의 편평외반족은 무증상이고 일반적으로 전신적 인대 이완성을 동반하며 특별한 치료를 요하지 않는 경우가 많다.[3–5] 통증 및 거주상 관절의 불안정 등의 임상적 증상 및 무지 외반증, 족근관 증후군, 종골 하 관절염 등을 동반하는 편평외반족은 대부분 신경근육성 질환, 거주상골 결합 등의 기저질환이 있는 경우이다.[6–10] 그러나 전신적 인대 이완성만을 동반한 편평외반족에서도 하퇴삼두근의 구축이 동반되는 경우, 중기 입각기에 정상적인 족관절 족배 굴곡의 제한으로 인해 보행 장애 및 임상증상이 나타날 수 있다.[11]

증상이 있는 편평외반족에 대한 치료 중 보조기 등은 그 효과를 기대할 수 없으며 수술적 치료가 권장된다.[2,12] 편평외반족에 대한 수술은 연부 조직에 대한 방법에서부터 종골 연장술, 거골하 관절외 유합술, 종골 절골술 그리고 여러 술식의 조합 등 다양하다.[6–10,13,14] 그러나 편평외반족의 수술적 치료에 대한 이전의 연구는 주로 뇌성 마비 등의 신경근육성 질환 환자의 강직성 족부에 그 범위가 제한되어 있었다.[6,8,10] 또한 전신적 인대 이완성이 동반된 편평외반족에 대한 연구[4,13,15]도 시행된 바는 있으나 수술적 치

접수일 2010년 3월 27일 **게재확정일** 2010년 7월 5일
교신저자 김현우
서울시 서대문구 성산로 250 (신촌동 134), 연세대학교 의과대학 정형외과학교실
세브란스병원
TEL 02–2228–2180, **FAX** 02–363–1139
E-mail pedhkim@yuhs.ac

 Copyrights © 2010 by The Korean Orthopaedic Association

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."

료 후 방사선적 혹은 외관상의 변화만을 연구하였다.

신경근육성 질환이 동반된 편평외반족의 수술적 목표는 기능의 호전을 위한 것으로 과거의 연구 또한 보행 분석, 임상적 평가 등으로 이루어 졌다. 반면, 전신적 인대 이완성이 동반된 편평외반족은 단순한 족부의 변형으로만 평가하였기에 대부분 외관상의 호전만을 평가한 연구가 많았다.[4,15] 그러나 수술적 치료의 목표는 단순히 외관상의 호전이 아닌 구조적 결함의 교정을 통해 임상적 증상을 호전시키고 최종적으로 보행을 호전시키기 위한 것이다. 따라서 전신적 인대 이완성이 동반된 편평외반족의 수술적 치료의 결과를 평가하기 위해서는 수술 후 임상적 증상의 평가 및 족저 압력의 변화와 같은 기능적인 면에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 전신적 인대 이완성을 동반한 중증의 유연성 편평외반족 환자만을 대상으로 종골 연장술 또는 거골하 관절외 유합술을 시행한 결과를 임상적, 방사선적, 그리고 족저 압력 검사를 이용하여 분석하였다. 이를 통해 중증의 유연성 편평외반족에 대한 수술적 치료가 환자의 기능적 상태에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2002년 1월부터 2008년 2월까지 본원에서 전신적 인대 이완성을 동반한 유연성 편평외반족에 대해 종골 연장술 또는 거골하 관절외 유합술을 시행 받은 환자를 대상으로 후향적 분석하였다. 본 연구는 본원 연구 윤리 심의위원회(Institutional review board)의 심의 하에 시행되었다. 전신적 인대 이완성을 보이고 편평외반족이 동반된 환자로서 술 전 최소 6개월 이상의 보존적 치료에도 지속적인 통증을 호소하는 경우, 변형의 진행으로 독립 보행에 어려움을 보이는 경우, 족부 내측의 굳은 살 또는 궤양으로 인해 기능적 장애를 보이는 경우, 그리고 Jack toe-raising test[1]에서 내측 족저 궁이 복원되지 않거나 후경골건의 기능 저하가 관찰되는 환자를 대상으로 하였다. 뇌성마비, 척수 수막류, 정적 뇌병증 등의 신경근육성 질환과 관련되어 하지의 강직성을 보이는 환자, 편평외반족 이외의 족부 골 변형 또는 하지 부정 정렬을 보이는 환자, 보조 기구 없이 독립 보행이 불가능한 환자, 편평외반족 이외 족부의 수술 과거력이 있는 환자, 이식골의 탈구 또는 불유합으로 재수술을 요했던 환자는 제외하였다. 총 24명의 환자, 총 42예의 족부가 포함되었으며, 수술 당시의 평균 연령은 10.5세(6-15.6세)이고, 평균 추시 기간은 51개월(18-92개월)이었다. 수술 후 모든 환아에서 Beighton score[16]를 기준으로 7점 이상의 전신적 인대 이완성이 관찰되었으며 수술 당시 평균 BMI는 18.5 kg/m^2 (14.8-25.6 kg/m^2)이었다. 선행 질환으로 발달 지연 5명, 신경모세포종 2명, 미토콘드리아 신경병증 1명, Marfan 증후군 1명, Moyamoya 뇌병증 1명, 뇌수종이 1명, 그 외 원인 미상이 13명이었다(Table 1). 모든 수술적 치료는 동일한 술자(H.W.K)에 의해 시행되었으며 종골 연장술이 19예, 거골하 관절외 유합술이 23예였다. 수술적 방법은 술자의 선호도, 거골하 관절의 상태와 환자 및 보호자에 대한 상담 후 선택하였다. 또한 두 가지 술식이 모두 적응이 되지만, 비보험 동종 이식골에 대한 경제적 문제나 부작용 가능성으로 인해 자가 이식골을 선호하는 경우에는 거골하 관절외 유합술을 시행하였다. 거골하 관절외 유합술 23예 중에서 2예는 과거 종골 연장술 후 편평외반족 변형이 재발하여 거골하 관절외 유합술을 시행한 경우였다. 모든 예에서 단 비골근에 대한 연장술이 시행되었다. 부가적으로 총 36예에서 동반된 하퇴삼두근 구축에 대해 연장술을, 12예에서 경골의 외회전 변형에 대해 회전 절골술을 시행하였다. 4예에서 거주 관절에 대한 관혈적 정복 및 내고정을 요하였으며, 2예에서 건 이전술을 함께 시행하였다. 1예에서 성장에 따른 족관절 외반 변형을 보여 일시적 골단판 유합술을 시행하였다.

2. 수술 방법

종골 연장술은 Mosca[10]에 의해 변형된 술식을 적용하였다. 종골의 외측으로 피부 절개 및 단 비골근 유리술 후 종-입방 관절의 근위부 약 1.5 cm 부위에서 거골하 관절의 전방 소관절면과 중간 소관절면 사이로 절골술을 시행하였다. 절골술 후 종-입방관절의 아탈구 및 과교정에 주의하면서 종골 절골부에 추궁판 견인기를 이용하여 절골부를 벌리면서 거주상골 관절과 거골하 관절의 해부학적 정복 및 전족부의 교정 상태를 확인하고 이식골의 크기

Table 1. Patient Demographics

Patients	24
Cases	42
Mean age (years)	10.5 (6-15.6)
Mean follow-up duration (months)	51 (18-92)
Gender (Male : Female)	17 : 7
Side (Both : Right : Left)	18 : 2 : 4
Mean generalized ligamentous laxity (score)[16]	7.8 (7-9)
Body mass index (kg/m^2)	18.5 (14.8-25.6)
Extra-articular subtalar arthrodesis : Calcaneal lengthening osteotomy	23 : 19
Disease	
Idiopathic	13
Delayed development	5
Neuroblastoma	2
Moyamoya disease	1
Marfan syndrome	1
Mitochondrial myopathy	1
Hydrocephalus	1

를 결정하였다. 동종 이식골을 적당한 크기의 능형 모양으로 만들어 절골 부위에 이식하였다. 이식골의 안정적인 유합을 위하여 적당한 직경의 Kirschner 강선 또는 Steinmann 핀으로 종-입방 관절에 추가적으로 고정하였다.

거골하 관절외 유합술은 Dennyson-Fulford[7]에 의해 기술된 방법을 적용하였다. 종골을 거골하에서 회전시키며 후족부가 족관절 첨족 상태에서 중립위가 되도록 하고, 가이드 핀을 거골 경부에서 후외측 방향으로 종골을 향하도록 한 후 종골 외측 피질골까지 진행하였다. 술 중 방사선 투시를 통해 거주상 관절의 정복 상태를 확인 후 적당한 직경의 AO cannulated 나사를 삽입하였다. 거골 하단과 종골 상단 사이의 관절외 부위의 피질골을 제거 후 sinus tarsi에 자가 해면골 이식을 시행하였다.

모든 환자는 술 후 약 4주간 장하지 석고붕대 고정 후 추가 4주간 단 하지 석고붕대를 유지하였으며 석고붕대 제거 후에는 보조기를 착용하였으며 보조기 착용과 함께 포괄적 재활 치료를 진행하였다.

3. 연구 방법

임상적 분석은 술 전 및 최종 추시시 미국 족부정형외과 학회(American Orthopaedic Foot and Ankle Society, AOFAS)의 후족부 점수[17]와 최종 추시시의 Mosca criteria,[10] Oxford Ankle Foot Questionnaire[18]를 이용하였다. 술 전 점수는 환자의 수술 당시의 무 기록 및 보행 분석 비디오를 이용하여 측정하였고, 술 후 점수는 최종 경과 관찰시의 신체 검사, 방사선 검사 및 환자 면담을 통해 측정하였다. 발달 지연으로 인해 환자와 직접 면담 및 설문 조사가 어려운 경우는 부모와 함께 진행하였다. AOFAS 점수는 90-100을 우수, 80-89을 양호, 70-79를 보통, 70 미만을 불량으로 판정하였다. Mosca criteria는 술 후 다음 6가지의 항목을 충족하는 경우 만족으로 평가하였다. 첫째는 후족부의 외반 변형이 교정된 경우, 둘째는 내측 족저 궁이 복원된 경우, 셋째는 기립 방사선상 거골두의 돌출이 제거된 경우, 넷째는 거골두 하방의 통증 및 굳은 살이 제거된 경우, 다섯째는 족저 궤양이 재발하지 않은 경우, 여섯째는 신발이나 보조기 착용에 대한 의존도가 호전된 경우이다. Oxford Ankle Foot Questionnaires는 총 4개의 항목(physical, school and play, emotional, footwear and clothing)에 15개의 질문으로 구성되어 있으며, 각 질문 별로 0점(always), 1점(very often), 2점(sometimes), 3점(rarely) 및 4점(never)으로 점수화하였다.

방사선학적인 분석은 기립 자세의 족부 전면 및 측면 사진을 이용하였으며 술 전 및 술 후 주기적으로 시행하였다. 방사선 평가를 위해 측정한 지표는 전면 사진에서는 거골-제1중족골각(talo-1st metatarsal angle) 및 거골-종골각(talocalcaneal angle)을 측정하였으며, 측면 사진에서는 거골-제1중족골각(talo-1st metatarsal angle), 거골-종골각(talocalcaneal angle), 그리고 종골 경사각(calcaneal pitch)을 측정하였다(Fig. 1).[19,20]

족저 압력 검사는 본원에서 사용 중인 F-scan high-resolution pressure assessment system (Tekscan Inc. South Boston, Massachusetts, USA)을 이용하였으며, 족저의 압력 및 접촉면 분포를 평가하였다. F-scan system은 족저압 및 압력 중심의 이동 경로를 측정하는데 유용한 방법으로 압력 탐색자를 이용한다. 압력 탐색자는 0.15 mm 두께로 신발 내부에 장착할 수 있으며 실험 대상군의 발 모양에 맞추어 재단이 가능하다. 0.5 cm 간격으로 고르게 분포된 960개의 압력 측정 단위로 구성되며, 이를 통해 50 Hz로 압력이 측정된다. 보행 과정에서 탐색자에 발생된 전기 신호가 변환 장치에 의해 컴퓨터로 전달되고 이를 자료화하여 다양한 분석이 가능하도록 하였다. 피검사자는 탐색자가 포함된 신발을 신고 단단하고 고른 바닥에서 자연스럽게 직선 방향

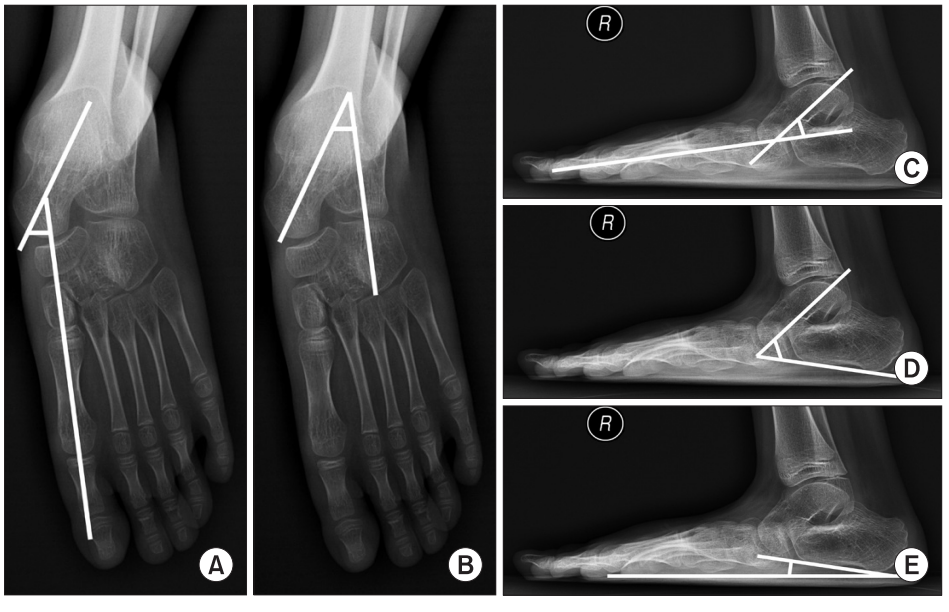

Figure 1. (A) Anteroposterior talo-1st metatarsal angle. (B) Anteroposterior talocalcaneal angle. (C) Lateral talo-1st metatarsal angle. (D) Lateral talocalcaneal angle. (E) Calcaneal pitch.

으로 걷도록 하였으며, 검사 전 약 10분간 보행 적응 시간을 갖도록 하였다. 압력 측정은 입각기의 전 기간에 걸쳐 발바닥의 각 부분이 지면과 접촉되는 시기에 측정하였으며, 보행 중간부터 시작하여 좌우 양측을 합하여 10-12 걸음이 될 때까지 측정하였다. 본 연구에서는 F-scan version 4.19 software를 이용하여 자료를 객관적으로 분석하였다. 족저부를 무지부(hallux), 제1중족골두를 포함한 내측 전족부(1st Metatarsal), 제2중족골두(2nd Metatarsal), 제3 및 4중족골두(3-4th Metatarsal), 제5중족골두를 포함한 외측 전족부(5th Metatarsal), 내측 중족부(medial midfoot), 외측 중족부(lateral midfoot), 내측 종골부(medial calcaneus), 외측 종골부(lateral calcaneus)의 총 9개의 부위로 구분하였으며, 족저압은 각 부위의 면적을 4×4 unit 단위로 고정하여 측정하였다. 검사 결과는 각 족부 별로 압력-시간 그래프로 표현되었으며, 입각기 동안 각 부위별 전체 압력의 합을 압력-시간의 적분 값(pressure-time

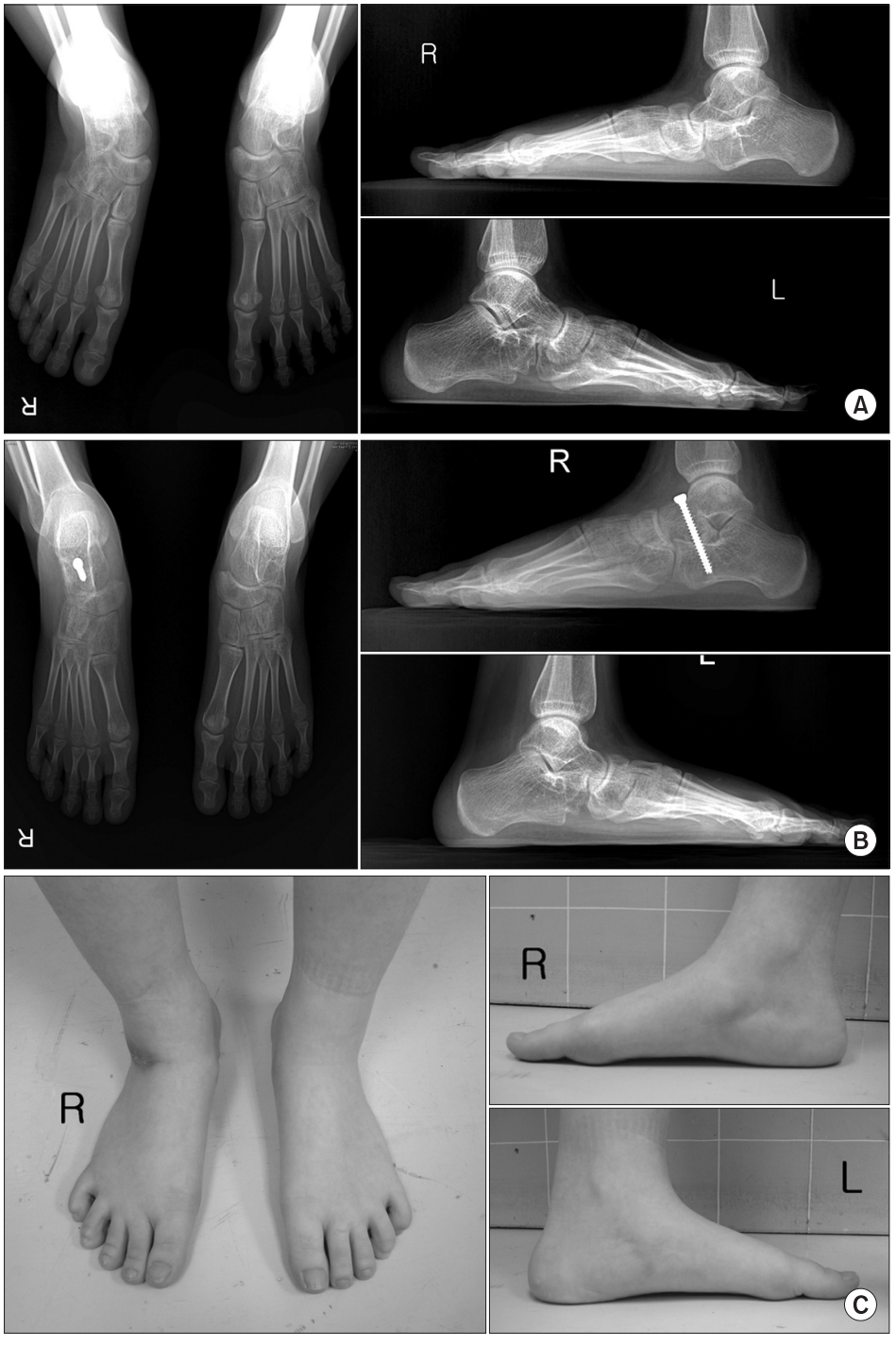

Figure 2. (A) A ten-year-old girl underwent calcaneal lengthening osteotomy 5 years ago. Although radiographs of the left foot show acceptable findings, those of the right foot show loss of reduction and increased anteroposterior and lateral talo-1st metatarsal angle. (B) These radiographs show the decreased anteroposterior and lateral talo-1st metatarsal angle and improved alignment after extra-articular subtalar arthrodesis for the right foot. (C) Although the clinical scores were not excellent, clinical photographs of the patient show acceptable appearances.

integral)으로 정의하였다. 평가 척도로는 처음과 마지막을 제외한 세 걸음을 선택하여 각 부위 별로 최대 압력(peak pressure), 비례 추진력(relative vertical impulse)을 이용하였다. Peak pressure (N/cm^2)는 각 구역별로 측정된 가장 높은 최대 압력 값으로, relative vertical impulse (%)는 부위별 압력-시간 적분(pressure-time integral)을 전체 족저의 압력-시간 적분으로 나눈 값으로 정의하였다. 특히 relative vertical impulse는 특정 부위에서 측정된 수치의 비율을 나타내므로, 각 환자의 체중, 족저부 상태, 족부 크기 및 접촉 시간에 의한 영향을 배제할 수 있다.[21] 또한 보행 주기 동안의 족저압 중심(center of pressure)의 이동에 대해 평가하였다. 평가 항목으로는 족저압 중심 이동 경로의 전후 길이와 족부 전체의 전후 길이의 비인 전후 지수(anteroposterior index)와 족저압 중심 이동 경로의 최대 외측 편향 길이와 족부의 최대 좌우 길이 비인 족부 외측 편향 지수(center of pressure excursion index)를 측정하였고, 수술 전후에 따른 변화를 비교하였다.[21]

4. 통계학적 방법

통계적 분석은 SAS 프로그램(SAS Institute, North Carolina, 9.1 version)을 이용하였다. 모든 방사선학적 분석 및 족저압 분석은 시험자간의 오류를 최소화하기 위하여 두 명의 정형외과 전문의가 관찰한 수치의 평균값을 이용하였다. 또한 본원의 정상 소아 자료를 활용하여 연령을 고려한 정상군 40예(20명)의 족저압 자료를 대조군으로 삼아 환자군과 비교하였다. 대상 환아의 연령, 성별, 좌우 방향, 추시 기간, 수술적 방법의 차이 등의 다양성에 대하여 각각의 변수를 고려한 Mixed model로 수술 전후의 변화를 분석하였다. $p<0.05$인 경우를 통계적으로 의미 있는 결과로 해석하였다.

Table 2. Oxford Ankle Foot Questionnaire

Physical (24)	21.6±2.1
School and play (16)	13.5±1.9
Emotional (16)	13.0±2.1
Footwear and clothing (4)	3.1±0.6
Total (60)	51.1±6.4

Values are mean±standard deviation.

결 과

1. 임상적 평가 결과

AOFAS 점수는 술 전 52.9±10.7에서 최종 추시시 92.7±7.0으로 통계적으로 의미 있는 호전을 보였다($p<0.0001$). 술 전 AOFAS 점수는 양호 1예를 제외하고 모두 불량한 결과를 보였다. 최종 추시 점수는 우수 34예(81.0%), 양호 6예(14.3%), 불량 2예(4.8%)였다. AOFAS 점수에서 술 후 불량한 결과를 보인 2예(1명)는 Mosca criteria상 불만족, Oxford는 32점이었다(Fig. 2). Mosca criteria를 이용한 임상적 만족도 평가에서는 최종 추시시 총 42예 중 39예(92.9%)에서 만족스러운 결과를 보였으며 3예(2명, 7.1%)에서 불만족의 결과를 보였다. Oxford 평균 점수는 총 60점 중에 평균51.1±6.4점으로 측정되었으며 평균 이하의 점수를 보인 예는 3예(2명)였다. Physical 항목은 평균 21.6, School and play 항목은 평균 13.5, Emotional 항목은 평균 13.0, 그리고 Footwear and clothing 항목은 평균 3.1점이었다(Table 2).

2. 방사선 분석 결과

단순 방사선 족부 사진상 골 유합은 두 군 모두에서 술 후 8주 내에 확인되었다. 추시 기간 중 거골하 관절 또는 주위 관절의 명확한 퇴행성 변화 등은 관찰되지 않았다. 전면 및 측면 사진에서 거골-제1중족골각, 거골-종골각은 유의하게 감소하였고, 종골 경사각은 유의하게 증가하였다(Table 3).

Table 3. Pre- and Post-operative Radiographic Data (Degrees)

	Pre-operative	Post-operative	Normal	p value
Anteroposterior radiograph				
Talo-1st metatarsal angle	34.1±10.5	10.4±5.5	15.5±6.5	<0.0001*
Talocalcaneal angle	34.5±7.0	17.1±6.0	39.0±6.0	0.0011*
Lateral radiograph				
Talo-1st metatarsal angle	28.8±6.4	9.5±5.1	12.0±8.5	0.0132*
Talocalcaneal angle	52.8±6.5	40.1±5.1	44.5±5.5	<0.0001*
Calcaneal pitch	4.4±5.2	10.6±4.4	25.0±2.0	0.0002*

Values are mean±standard deviation.
p values are the comparison between the pre-and post-operative.
*The difference was significant ($p<0.05$).

Table 4. Pre- and Post-operative Pedobarograph

	Peak pressure (N/cm^2)				Relative vertical impulse (%)			
	Pre-operative	Post-operative	Normal	p value	Pre-operative	Post-operative	Normal	p value
Hallux	31.0±29.0	15.8±16.1	21.8±10.1	0.0052*	13.3±10.8	7.9±7.8	9.4±5.4	0.0391*
1st Metatarsal	30.0±27.3	14.1±12.0	9.9±9.2	0.0014*	15.5±7.9	7.8±5.0	10.1±3.3	<0.0001*
2nd Metatarsal	18.8±13.0	20.0±13.2	10.1±5.1	0.6507	10.9±7.0	11.2±6.0	17.5±6.3	0.8242
3rd-4th Metatarsal	12.0±7.0	20.1±13.0	9.4±3.6	0.0012*	7.4±4.1	11.6±5.5	16.5±4.5	0.0023*
5th Metatarsal	7.4±5.0	13.9±10.3	7.7±2.8	0.0003*	4.4±2.9	8.8±3.8	8.5±3.3	<0.0001*
Medial midfoot	21.2±25.3	5.8±4.0	0.7±1.4	0.0011*	18.1±17.0	5.0±4.0	0.1±0.3	<0.0001*
Lateral midfoot	4.8±5.3	13.6±13.3	7.6±2.8	0.0006*	3.4±3.3	10.7±7.8	6.0±4.3	<0.0001*
Medial calcaneus	21.4±14.5	22.2±13.7	18.0±7.9	0.8154	16.6±8.3	18.2±8.6	16.6±5.1	0.4921
Lateral calcaneus	12.2±9.5	23.2±18.1	19.0±7.2	0.0014*	10.3±6.1	18.7±8.20	15.3±5.2	<0.0001*

Values are mean±standard deviation.
p values are the comparison between the pre-operative and post-operative.
*The difference was significant (p<0.05).

Table 5. Comparison of the Path of Center of Pressure

	Pre-operative	Post-operative	Normal	p value		
				Pre-operative vs. Post-operative	Pre-operative vs. Normal	Post-operative vs. Normal
Anteroposterior index	0.49±0.12	0.63±0.09	0.79±0.02	0.0034*	<0.0001*	0.0245*
Center of pressure excursion index	0.12±0.06	0.18±0.08	0.19±0.05	0.0127*	<0.0001*	0.3531

Values are mean±standard deviation.
*The difference was significant (p<0.05).

3. 족저 압력 분석 결과

최종 추시시 족저 압력은 Hallux, 1st Metatarsal, medial midfoot은 의미 있는 감소를 보였으며, 3-4th Metatarsal, 5th Metatarsal, lateral midfoot, lateral calcaneus은 의미 있는 증가를 보였다. 2nd Metatarsal 및 medial calcaneus에서는 의미 있는 변화가 관찰되지 않았다(Table 4). 족저압력 중심의 이동에서는 anteroposterior index 및 center of pressure excursion index 모두 술 전에는 정상군에 비해서 의미 있게 감소되어 있었다. 술 후 두 항목 모두 의미 있는 증가가 관찰되었으나 최종 추시시 anteroposterior index는 정상군과 의미 있는 차이를 보인 반면, center of pressure excursion index는 차이를 보이지 않았다(Table 5).

4. 합병증

2예에서 종골 연장술 후 교정 소실을 보여 거골하 관절외 유합술을 재시행하였다. 그 외 1 예에서 나사못 파손, 1예에서 수술 창상 부위 감염으로 보존적 치료하였으며, 이식골의 탈구 또는 불유합 등은 없었다.

고 찰

본 연구는 전신적 인대 이완성을 보이며 족저 굴곡근의 구축이 있거나 Jack toe-raising test에도 내측 족저 궁이 자연적으로 회복되지 않는 중증의 편평외반족 환자를 대상으로 수술의 결과를 평가하였다. 전신적 인대 이완성이 동반된 편평외반족은 대개 무증상인 경우가 많고 족저 굴곡근의 구축이 동반시 보행 장애 등의 임상 증상을 유발할 수 있다고 알려져 있으나, 병적인 편평외반족에 대한 정의는 아직 명확히 제시된 바가 없다.[2,11] 본 연구의 대상 42예 중 6예에서는 족저 굴곡근의 구축이 관찰되지 않았으며 편평외반족의 교정 후에도 족관절의 배부 굴곡에는 제한이 관찰되지 않아 족저 굴곡근에 대한 연장술은 시행되지 않았다. 그러나 Jack toe-raising test시에는 내 족저 궁의 회복이 관찰되지 않았으며 임상적인 증상을 호소하였고 보존적 치료에 반응하지 않았다. 즉 이러한 6예는 기존의 기준을 적용할 시에 병적 또는 유연성 편평외반족에도 포함이 어려운 증례이다.

과거 전신적 인대 이완성을 포함한 편평외반족은 증상이 없는 경우가 많다고 보고하였으나,[1,2] 전신적 인대 이완성에 대해서는

뚜렷한 기준이 제시된 바가 없었다. 본 연구에서는 모든 환아가 Beighton score[16]를 기준으로 7점 이상의 전신적 인대 이완성이 확인되었다. 근골격계 증상을 동반한 전신적 인대 이완성은 현재 Benign joint hypermobility syndrome으로 분류되며 osteogenesis imperfecta, Ehlers-Danlos syndrome, Marfan syndrome과 같은 유전성 질환에서 관찰되고 관절 통증, 허리 통증, 관절 탈구 등의 근골격계 증상과 만성 피로 등을 유발할 수 있다고 보고되었다.[4,22] 또한 Ilyas 등[15]은 전신적 인대 이완성을 보인 편평외반족 환자 4예를 대상으로 한 연구에서 경골 외회전의 병적인 증가, 거골하 관절의 아탈구, 비골건 또는 종건의 탈구 등을 보고한 바도 있다. 반면 전신적 인대 이완성이 특징인 Marfan syndrome에서 편평족의 유병률이 정상과 차이가 없다는 결과도 있어 전신적 인대 이완성과 치료가 필요한 병적인 편평외반족 간의 관계는 추후 더욱 정밀한 연구가 필요하겠다.

거골하 관절외 유합술은 유연성 편평외반족에 대한 대표적인 교정 방법으로 직접적으로 족부 변형을 내반, 첨족으로 교정한다.[6,7,9] 하지만 유합술은 주변 관절의 가동성, 특히 거골-주상골간 관절이나 거골하 관절의 움직임을 제한하고, 장기적으로는 족관절 주변의 관절증을 유발할 수 있다.[9] 비록 Bourelle 등[6]은 거골하 관절외 유합술 후 장기 연구에서 골 성숙 후에도 거골의 변형이나 관절증 등이 발생하지 않았다고 보고하였으나, 이는 활동성이 적은 뇌성 마비 환자를 대상으로 한 것으로 본 연구 대상과 차이가 있다. McCall 등[23]은 유연성 편평족에 대한 거골하 관절외 유합술시 족관절 외반이나 불안정성이 동반된 경우가 많아 불량한 결과를 보일 수 있다고 강조하였다. 본 연구는 단기-중기 결과로 거골의 변형, 족관절 변형이나 관절증 등은 관찰되지 않았으나 추후 이에 대한 장기 추시가 필요할 것이다.

종골 연장술은 종골의 길이 연장을 통해 거골의 족배 굴곡, 거골하 관절의 내번을 간접적으로 유도하는 술식으로 비교적 술식이 쉽고, 신경 또는 혈관 손상 가능성이 적으며, 출혈이 적다는 장점이 있다. 그러나 Cooper 등[24]은 종골 연장술 후 종-입방 관절의 부하 증가로 인해 관절증 발생 가능성이 있다고 보고한 바 있으며 이식골 크기에 따른 다양한 결과가 보고되었으나 아직 명확하게 정리된 바는 없다.[25] 또한 이식골이 유합되면서 발생하는 정복의 소실로 인해 변형이 심한 경우에는 충분한 교정이 어려워 재수술 가능성이 있으며, 본 연구에서는 2예에서 종골 연장술 후 교정의 소실로 인해 거골하 관절외 유합술로 재수술하였다. 또한 전신적 인대 이완성이 동반된 중증의 편평외반족에 대해서는 종골 연장술의 결과에 대한 장기적인 추시 관찰이 필요하겠다.

임상적 평가 방법으로는 AOFAS 후족부 점수, Mosca criteria, Oxford Ankle Foot Questionnaire를 이용하였다. AOFAS 점수를 포함한 기존 대부분의 족부 평가 방법은 성인을 기준으로 하여 소아에 적용하기 어렵고, Mosca criteria는 종골 연장술 후의 임상적 평가를 위해 제시되었다는 한계가 있다. 소아 족부 평가를 위한 도구로 Juvenile Arthritis Foot Disability Index[26]와 Clubfoot Disease Specific Instrument[27]가 있었으나, 역시 특정 질환에 국한된 검사라는 한계가 있었다. 이에 비해 Oxford Ankle Foot Questionnaire는 2008년 Morris 등[18]이 보행 가능한 소아의 족부 및 족관절의 기능적인 상태를 평가하기 위해 발표한 것으로 본 연구에서 가장 적합한 기능 평가 도구로 생각된다. 그러나 Oxford 점수에서 51점 이하로 결과가 불량하였던 2명(3예)은 Mosca criteria에서 불만족, AOFAS 상 66점, 83점으로 세 가지 평가도구에서 높은 일치도를 보였기에 기능적인 평가 면에서 큰 차이가 있지는 않을 것으로 생각된다. AOFAS 점수는 술 전 양호 1예를 제외하고 모두 불량한 결과를 보였으나 술 후 총 42예 중 34예에서 우수, 6예에서 양호, 2예에서 불량한 결과를 보였다. 이는 본 연구의 대상이었던 전신적 인대 이완성을 동반한 중증의 편평외반족의 임상적 상태가 술 전 보존적 치료를 시행하였음에도 매우 불량하였으며 수술 후 임상적 호전이 뚜렷하였음을 의미한다. 따라서 임상적 증상이 심한 환아에서는 보존적 치료보다는 조기의 수술적 치료가 도움이 될 것으로 생각된다. 술 후 Oxford 점수는 60점 중 평균 51점이었으며 항목별로도 두드러진 차이는 관찰되지 않아 환아의 신체, 활동 상태 및 학교 생활 등에 큰 제한이 없음을 확인할 수 있었다. 임상적 평가에서 결과가 좋지 않았던 2명(3예) 중 한 명은 양측 종골 연장술 후 우측의 교정 소실로 인하여 거골하 관절외 유합술로 재수술한 경우로 술 후 운동 범위의 제한을 보였으며, 다른 한 명은 굳은 살이 재발한 경우였다. 또한 두 환자 모두 Oxford 점수 중 School and play와 emotional에서 낮은 점수를 보였다. 따라서 본 연구의 주된 대상이었던 성장기 환아의 경우 임상적 증상 외에도 학교 생활과 감정적인 부분이 중요한 의미를 차지한다고 생각된다.

방사선 평가에서는 모든 평가 척도가 술 후 의미 있게 호전되었다. 술 후 전면 거골-종골각의 감소는 후족부 외반 변형의 교정, 측면 거골-종골각의 감소는 거주상 관절의 배열 향상과 내측 족저 궁의 높이 증가를, 측면 거골-제1중족골각의 감소는 거골 굴곡의 교정을 의미한다.[19] 그러나 본 연구에서는 두 가지 술식에 따른 교정 정도는 비교할 수 없었다.

족저 압력 검사는 족부의 기능을 총체적으로 파악 가능한 정량적 검사로써, 보행시 체중 부하의 효과적인 지지와 전달 상태를 평가할 수 있다. 술 후 전족부, 후족부에서는 모든 평가 척도에서 내측 열의 압력은 감소하고, 외측 열은 의미 있게 증가하여 족저 압력 및 접촉 부위 분포가 향상된 것을 확인할 수 있었다. 후족부 외측의 압력은 모든 평가 척도에서 의미 있는 증가를 보여 후족부의 외반이 호전되었음을 간접적으로 확인할 수 있었다. 또한 술 전 비정상적으로 증가되어 있던 무지와 제1중족골두의 압력이 술 후 감소하였으며, 이는 전신적 인대 이완성을 동반한 편평외반족에서도 장 비골근과 장 무지 굴곡근의 이상작용이 관여하며 수술적으로 교정될 수 있음을 의미한다.[28,29] 압력 중심의 이

동 경로는 실제로 보행시 족저와 접촉하는 바닥 부위에 작용하는 압력 중심의 이동 양상을 보여주는 것으로, 정상적으로 종골에서 시작하여 중족부의 외측으로 이동 후 제2중족골두 부위까지 진행한다.[21,29] 수술 후 center of pressure excursion index의 증가는 압력의 중심이 중족부 외측으로 이동하며 내측 족저 궁이 상승했다는 것을 의미한다. 또한 anteroposterior index의 증가는 족관절의 첫번째, 두번째 rocker의 회복을 의미하며 이는 구축된 족저 굴곡근에 대한 연장술이 영향을 주었을 것으로 사료된다.

전신적 인대 이완성을 동반한 중증의 편평외반족은 학동기 소아에게 기능적 장애를 유발하지만, 이에 대한 수술적 치료의 효과 및 기능적 평가에 대한 연구가 부족하였다. 본 연구에서는 이러한 임상적 정보에 대해 처음으로 정량적 분석을 시도하였다. 비록 단기-중기 추시이며 술 후 평가에 치중해 있다는 제한이 있어 수술적 적응증으로 임상적 기준을 제시할 수는 없으나, 술 후 외관상의 호전뿐만 아니라 임상적, 기능적 호전을 기대할 수 있음을 정량적으로 제시하였다. 술식에 있어서 종골 연장술과 거골하 관절외 유합술은 교정의 원리가 상이하며 술 후 합병증 또한 다르게 나타날 수 있음에도 본 연구에서는 하나의 교정 술식으로 평가하였다. 또한 일부 환자에서 시행한 경골 회전 절골술, 건 이전술 및 일시적 골단판 유합술 등의 부가적인 수술은 족저 압력 등의 결과에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 추후 장기 추시가 이루어 질 경우 모든 평가 항목에서 술식에 따른 차이가 나타날 수 있으며, 전체적인 결과 역시 다르게 나타날 수 있다. 또한 본 연구에서는 비수술적 치료를 시행한 군 또는 정상군과의 비교를 하지 않아 이에 대한 평가는 시행할 수 없었다. 골격 성장에 따른 골성 구조 또는 전신적 인대 이완성의 변화가 술 후 상태에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 평가를 위해서는 추후 성년기까지 장기적인 추시 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

전신적 인대 이완성을 동반한 중증의 편평외반족 환아에 있어 종골 연장술 및 거골하 관절외 유합술은 임상적 증상을 호전시키고 해부학적인 변형을 교정하는 효과적인 방법이다. 하지만 골격 성장 및 이완성의 변화 등에 의한 결과 및 술식의 후기 합병증에 대해 장기적 추시가 필요할 것이다.

참고문헌

1. Mosca VS. Flexible flatfoot and skewfoot. Instr Course Lect. 1996;45:347-54.
2. Cappello T, Song KM. Determining treatment of flatfeet in children. Curr Opin Pediatr. 1998;10:77-81.
3. Tudor A, Ruzic L, Sestan B, Sirola L, Prpic T. Flat-footedness is not a disadvantage for athletic performance in children aged 11 to 15 years. Pediatrics. 2009;123:e386-92.
4. Lindsey JM, Michelson JD, MacWilliams BA, Sponseller PD, Miller NH. The foot in Marfan syndrome: clinical findings and weight-distribution patterns. J Pediatr Orthop. 1998; 18:755-9.
5. Wynne-Davies R. Familial joint laxity. Proc R Soc Med. 1971;64:689-90.
6. Bourelle S, Cottalorda J, Gautheron V, Chavrier Y. Extra-articular subtalar arthrodesis. A long-term follow-up in patients with cerebral palsy. J Bone Joint Surg Br. 2004;86:737-42.
7. Dennyson WG, Fulford GE. Subtalar arthrodesis by cancellous grafts and metallic internal fixation. J Bone Joint Surg Br. 1976;58-B:507-10.
8. Evans D. Calcaneo-valgus deformity. J Bone Joint Surg Br. 1975;57:270-8.
9. Grice DS. An extra-articular arthrodesis of the subastragalar joint for correction of paralytic flat feet in children. J Bone Joint Surg Am. 1952;34A:927-40.
10. Mosca VS. Calcaneal lengthening for valgus deformity of the hindfoot. Results in children who had severe, symptomatic flatfoot and skewfoot. J Bone Joint Surg Am. 1995;77:500-12.
11. Harris RI, Beath T. Hypermobile flat-foot with short tendo achillis. J Bone Joint Surg Am. 1948;30A:116-40.
12. Wenger DR, Mauldin D, Speck G, Morgan D, Lieber RL. Corrective shoes and inserts as treatment for flexible flatfoot in infants and children. J Bone Joint Surg Am. 1989;71:800-10.
13. Koutsogiannis E. Treatment of mobile flat foot by displacement osteotomy of the calcaneus. J Bone Joint Surg Br. 1971; 53:96-100.
14. Cohen-Sobel E, Giorgini R, Velez Z. Combined technique for surgical correction of pediatric severe flexible flatfoot. J Foot Ankle Surg. 1995;34:183-94.
15. Ilyas I, Wade WJ, Al Barrag M, Al Hussainan TS, Lotaibi LA, Alssayad M. A rare pentad of foot and ankle deformities in hyperlax children. J Child Orthop. 2009;3:115-20.
16. Beighton P, Solomon L, Soskolne CL. Articular mobility in an African population. Ann Rheum Dis. 1973;32:413-8.
17. Kitaoka HB, Alexander IJ, Adelaar RS, Nunley JA, Myerson MS, Sanders M. Clinical rating systems for the ankle-hindfoot, midfoot, hallux, and lesser toes. Foot Ankle Int. 1994;15:349-53.
18. Morris C, Doll HA, Wainwright A, Theologis T, Fitzpatrick R. The Oxford ankle foot questionnaire for children: scaling,

reliability and validity. J Bone Joint Surg Br. 2008;90:1451-6.
19. Davids JR, Gibson TW, Pugh LI. Quantitative segmental analysis of weight-bearing radiographs of the foot and ankle for children: normal alignment. J Pediatr Orthop. 2005;25:769-76.
20. Vanderwilde R, Staheli LT, Chew DE, Malagon V. Measurements on radiographs of the foot in normal infants and children. J Bone Joint Surg Am. 1988;70:407-15.
21. Kirtley C. Plantar pressure measurement. In: Kirtley C, ed. Oxford: Churchill Livingstone; 2006. 97-115.
22. Grahame R. The hypermobility syndrome. Ann Rheum Dis. 1990;49:199-200.
23. McCall RE, Lillich JS, Harris JR, Johnston FA. The Grice extraarticular subtalar arthrodesis: a clinical review. J Pediatr Orthop. 1985;5:442-5.
24. Cooper PS, Nowak MD, Shaer J. Calcaneocuboid joint pressures with lateral column lengthening (Evans) procedure. Foot Ankle Int. 1997;18:199-205.
25. Dinucci KR, Christensen JC, Dinucci KA. Biomechanical consequences of lateral column lengthening of the calcaneus: Part I. Long plantar ligament strain. J Foot Ankle Surg. 2004;43:10-5.
26. André M, Hagelberg S, Stenström CH. The juvenile arthritis foot disability index: development and evaluation of measurement properties. J Rheumatol. 2004;31:2488-93.
27. Roye BD, Vitale MG, Gelijns AC, Roye DP Jr. Patient-based outcomes after clubfoot surgery. J Pediatr Orthop. 2001;21:42-9.
28. Park KB, Park HW, Lee KS, Joo SY, Kim HW. Changes in dynamic foot pressure after surgical treatment of valgus deformity of the hindfoot in cerebral palsy. J Bone Joint Surg Am. 2008;90:1712-21.
29. Ledoux WR, Hillstrom HJ. The distributed plantar vertical force of neutrally aligned and pes planus feet. Gait Posture. 2002;15:1-9.

Surgical Treatment for Planovalgus Foot in Children with Generalized Ligamentous Laxity

Bo-Hyun Hwang, M.D., Ki-Seok Lee, M.D., and Hyun-Woo Kim, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: Planovalgus deformity in children with generalized ligamentous laxity is usually asymptomatic, but it sometimes causes severe deformity and functional problems. The aim of this study was to evaluate, post-operatively, functional outcomes, plantar pressure and radiographic results of symptomatic planovalgus with generalized ligamentous laxity.
Materials and Methods: This retrospective study included a total of 42 feet of 24 patients that had undergone a calcaneal lengthening osteotomy or an extra-articular subtalar arthrodesis. The mean age of the patients at the time of the index operation was 10.5 years (range, 6-15.6 years), and the mean duration of follow-up was 51 months (range, 18-92 months). Patients were evaluated clinically and radiographically using the Oxford Ankle Foot Questionnaire, AOFAS score, Mosca criteria, standard radiographs and dynamic pedobarographs.
Results: Functional outcomes at the latest available follow-up were excellent except for three feet. No foot had a significant limitation affecting the patient's daily activities. Both surgical treatments improved radiographic parameters. The parameters of dynamic pedobarographs, including the relative vertical impulse and the peak pressure, decreased for the medial aspect of the forefoot and midfoot, while they increased for the lateral aspect of the forefoot, midfoot and calcaneus after surgical treatment. The change in the center of pressure indicated a significant lateral shift in the weight-bearing surface of the foot.
Conclusion: Calcaneal lengthening osteotomy and extra-articular subtalar arthrodesis appear to be effective means for pain relief and clinical improvement in children with symptomatic planovalgus deformity and generalized ligamentous laxity. Further follow-up evaluation is needed to obtain long-term clinical and radiographic results with regard to skeletal maturation and changes in generalized ligamentous laxity.

Key words: planovalgus deformity, generalized ligamentous laxity, calcaneal lengthening osteotomy, extra-articular subtalar arthrodesis

Received March 27, 2010 **Accepted** July 5, 2010
Correspondence to: Hyun-Woo Kim, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, Severance Hospital, Yonsei University College of Medicine, 250 Seongsanno (134 Sinchon-dong), Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
TEL: +82-2-2228-2180 **FAX:** +82-2-363-1139 **E-mail:** pedhkim@yuhs.ac