

후족부 정렬의 새로운 방사선학적 평가 방법

울산대학교 의과대학 서울아산병원 정형외과학교실

한우연 · 이호승 · 김원경 · 안지용

The New Radiographic Evaluation of Hindfoot Alignment

Woo-Yeon Han, Ho-Seong Lee, M.D. Ph.D., Won-Kyeong Kim, M.D., Ji-Yong Ahn, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, University of Ulsan, College of Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

=Abstract=

Purpose: There are various methods proposed for the evaluation of the hindfoot alignment. However, due to structural calcaneus variances between patients, it is hard to assess this alignment definitively. Thus, this study proposes a new method for evaluating of the hindfoot alignment and its comparisons to the existing current methods.

Materials and Methods: This study includes simple weight bearing hindfoot coronal view radiographs of 120 patients, taken between the time period of March 2008 to November 2009. Among the 120 patients, there was a 1:1 ratio of male to female with an average age of 40. The newly proposed method for evaluating this alignment is to draw a moment arm from the point where the sustentaculum tali meets the medial calcaneus border to the most prominent aspect of the lateral process of the calcaneal tuberosity. The angle produced via the intersection of this moment arm to the mid-longitudinal axis of the tibia is found and used to evaluate the hindfoot alignment. The inter and intra-observer reliability was evaluated using the coefficient of intraclass correlation. This study also investigates the comparisons between the newly proposed method to the traditionally used Saltzman et al hindfoot alignment evaluating technique.

Results: The newly proposed method has higher inter and intra-observer reliability than the existing traditional Saltzman et al technique.

Conclusion: This new method is recommended over the traditionally used Saltzman et al technique as it has a stronger confidence level and is appropriate for assessing hindfoot alignment in simple radiographs.

Key Words: Hindfoot alignment, Evaluation, Interobserver reliability, Intraobserver reliability

Received: May 29, 2012 Revised: August 12, 2012
Accepted: August 21, 2012

• **Ji-Yong Ahn, M.D.**

Department of Orthopedic Surgery, University of Ulsan, College of Medicine, Asan Medical Center
388-1, Pungnap2-dong, Songpa-gu, Seoul 138-738, Korea
Tel: +82-2-3010-3530 Fax: +82-2-488-7877
E-mail: ilmon@hanmail.net

• 본 논문의 요지는 2011년도 대한족부족관절학회 20주년 추계학술대회에서 발표되었음.

서 론

관상 면에서 후족부 정렬(hindfoot alignment)을 평가하는 것은 후족부 변형을 동반한 족관절의 재정렬 수술(realignment surgery)을 고려하거나 족관절 충돌 증후군의 치료 방향을 결정하는 데 중요하다. 하지만 종골의 모양이 다양하여 정확한 후족부 정렬을 평가하

기 어렵다. 이에 후족부 정렬을 평가하기 위하여 다양한 방법이 제시되어 왔다.¹⁻⁸⁾

Saltzman 등은 체중 부하 단순 방사선 촬영에서 하지의 장축과 뒤꿈치의 접촉 점까지의 거리(이하 모멘트 암(moment arm))을 측정하여 후족부 정렬을 평가하였다(Fig. 1).⁸⁾ 그러나 종골의 모양이 뒤꿈치의 접촉 점에 가까워질수록 내측이나 외측으로 휘어지는 경향을 보이는 경우 측정이 부정확해진다. 또한 종골의 하단 면이 완만한 경우가 많아 지면에 평행한 선과 종골이 만나는 점이 불명확하고 뒤꿈치의 접촉 점을 결정하기 어려워 측정자간의 측정값이 다르거나 동일 측정자가 반복 측정시 오차가 발생하기 쉽다(Fig. 2). 이에 본 연구에서는 후족부 정렬을 평가하는 새로운 방법을 제시하고 기존의 방법과 비교해 보고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2008년 3월부터 2009년 9월까지 본원에서 후족부 정렬 평가를 위해 체중 부하 단순 방사선 검사를 시행한 120명, 240 예를 대상으로 하였다. 120명 중 남자

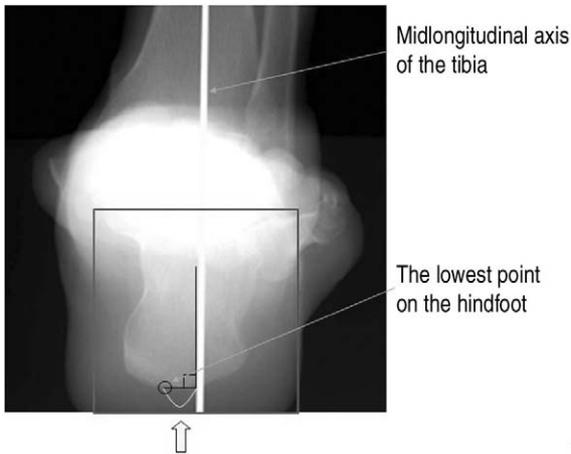


Figure 1. The Saltzman's technique for measuring coronal plane hindfoot alignment

The hindfoot alignment view shows the way to estimate the moment arm (yellow arrow) between the weightbearing axis of the leg and the contact point of the heel. The weightbearing line of the tibia falls within 8 mm of the lowest calcaneal point in 80% of subjects and within 15 mm of the lowest calcaneal point in 95% of subjects.

가 60명 여자가 60명이었으며 평균 연령은 40세였다. 120명, 240 예는 20세부터 59세까지 각각의 연령에서 3명씩 무작위로 선정되었다. 상기의 연구 과제는 본원의 IRB 위원회 승인을 거쳐 이루어졌다.

2. 방사선학적 분석(Radiographic analysis)

후족부 정렬 평가를 위해 방사선 계측은 후향적으로 이루어졌다. 후족부 정렬 영상(the hindfoot alignment view)은 기존의 Saltzman 등이 시행한 방법으로 촬영하였는데 체중 부하 상태에서 방사선이 경골 후방에서 전방을 향하고 지면에서 20도 경사지도록 투사(projecting) 하였다(Fig. 3). 영상 분석은 본원의 PACS (Picture Archiving Communication System, Seoul, Korea)상의 방사선 영상을 이용하여 계측하였다. 후족부 정렬 영상에서, 후족부 정렬은 기존의 전통적인 Saltzman 등의 방법과 본 저자들의 새로운 방법을 사용하여 비교 평가하였다. Saltzman 등의 방법은 체중 부하 단순 방사선 촬영에서 하지의 장축과 뒤꿈치의 접촉 점까지의 모멘트 암을 측정하여 후족부 정렬을 평가하였다. 본 저자들이 제시한 방법은 체중 부하 후족부 정렬 영상에서 Saltzman 등의 방법과 동일하게 측정할 경골의 장축과 새롭게 제시한 선이 이루는 각을 측정하여 후족부 정렬상태를 측정하였다. 비교적 구분이 용이한 두 점을 이용하여 이 두 점을 연결한 선을 새롭게 설정하고자 하였으며 종골의 내측 근위부와 재거 돌기(sustentaculum tali)가 만나는 점(Point A)과 종골 외측 최하방 융기(prominence) (Point B)를 이용하

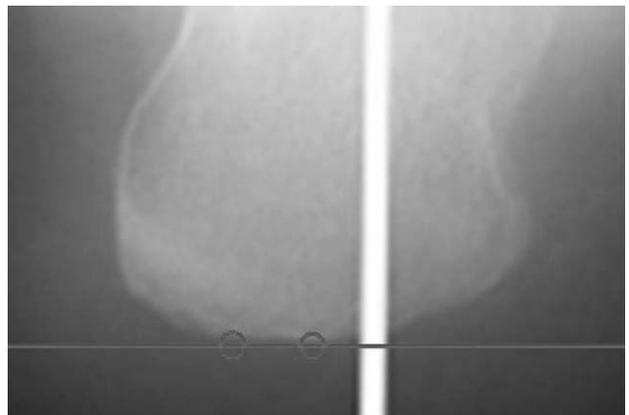


Figure 2. Difficulties of determination of the lowest calcaneal point on hindfoot alignment view

여 점 A와 B를 연결한 선을 설정하고 경골의 장축과 이루는 각을 측정하여 후족부 정렬각 (α)이라 명명한 후 양의 값으로 표현하였다(Fig. 4). 후족부의 외반 정도

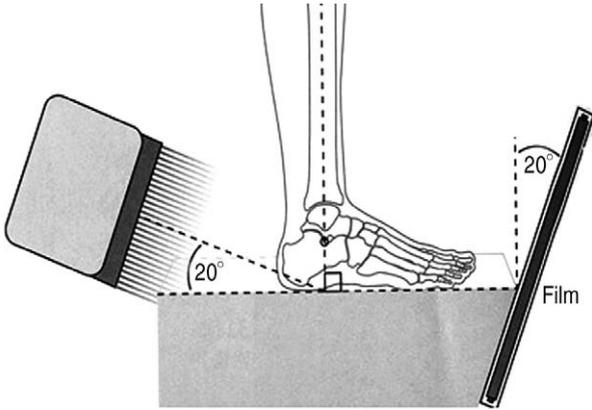


Figure 3. Method for radiographically imaging the coronal plane alignment of the hindfoot

가 커질수록 α 각도가 커지고 α 각이 작아질수록 내반 정도가 심하다고 해석할 수 있다. 종골의 외측 최하방 용기를 정하기 어려운 경우에는 종골의 가장 넓은 폭에서 수평선이 종골과 만나는 최외측점을 종골의 외측 최하방 용기로 설정하였다.

3. 통계 분석

모든 방사선 영상은 세 명의 정형외과의(H.S.L, J.Y.A, W.K.K)에 의하여 검토되었다. 전통적 Saltzman 등의 방식과 저자들의 새로운 방법에 대하여 관찰자 간 신뢰도와 관찰자 내 신뢰도를 평가하였다. 관찰자간 신뢰도를 평가하기 위하여 관찰자들은 240 개의 영상에 관하여 질문이나 토의 없이 각각의 측정 방법에 대하여 독립적으로 후족부 정렬을 평가하였다. 관찰자내 신뢰도를 평가하기 위하여 같은 방사선 영상에 대하여 각각의 방법으로 후족부 정렬을 평가한 후 1

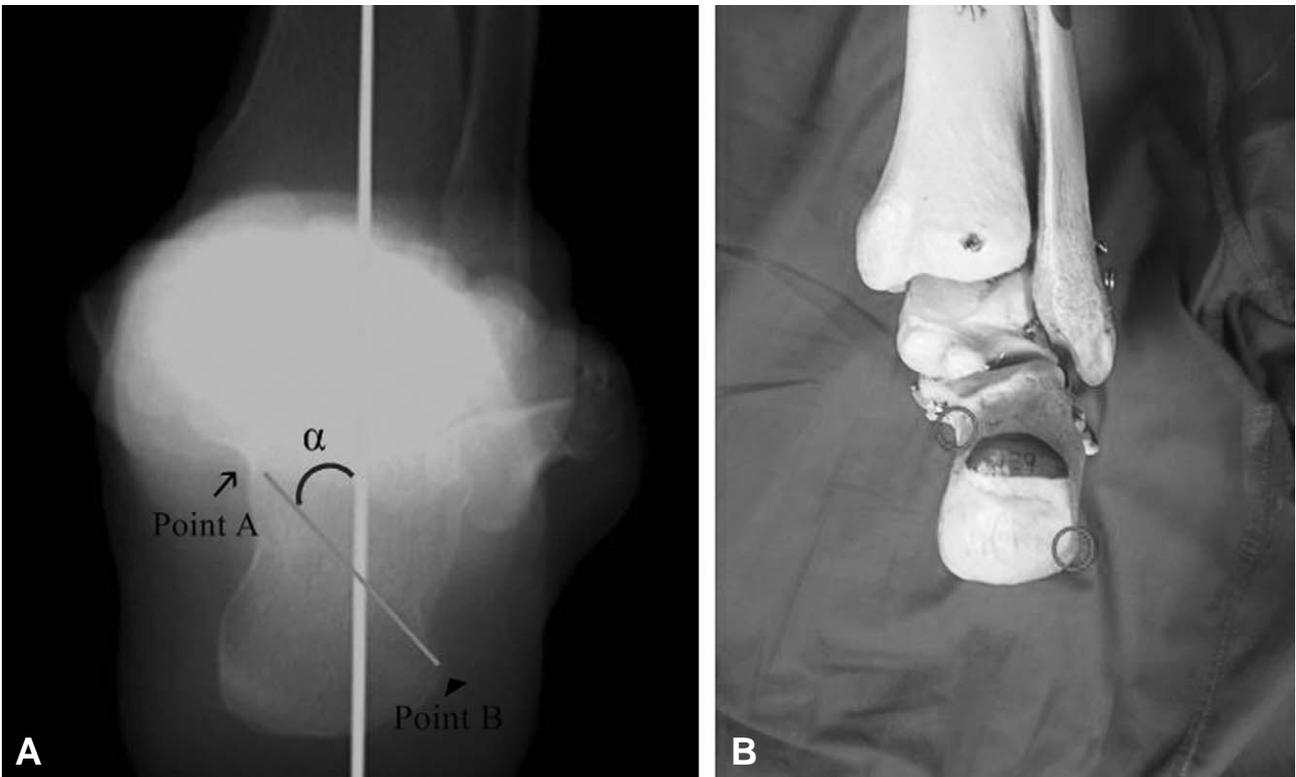


Figure 4. The New method for measuring coronal plane hindfoot alignment
The hindfoot alignment view shows a moment arm drawn from point **A** (arrow) which is where the sustentaculum tali meets the medial calcaneus border to point **B** (arrow head) which is the most prominent aspect of the lateral calcaneal tuberosity. The intersection of the mid-longitudinal axis of the tibia to the newly found moment arm produces the alpha (α) angle.

개월 간격으로 연속적인 재측정을 시행하였다. Shrout와 Fleiss⁹⁾에 의해 소개된 관찰자간 신뢰도와 관찰자내 신뢰도를 급내 상관 계수 (Intraclass correlation coefficients, ICC)를 통하여 평가하였다. 급내 상관 계수는 0(전혀 상관 관계 없음)에서 1(완전 일치)까지의 값을 가지며 0.00~0.39를 불량(poor), 0.40~0.74를 보통 (moderate) 그리고 0.75~1.00을 우수 (excellent)로 정의하였다. 통계 분석은 SAS 프로그램 9.2 버전을 이용하여 시행하였다(SAS institute, Cary, North Carolina, USA).

결 과

Saltzman 등의 방법에서 관찰자 간 급내 상관 계수는 0.66, 관찰자 내 급내 상관 계수는 0.73으로 모두 보통의 결과를 보였다. 저자들의 새로운 방법에서 관찰자 간 급내 상관 계수는 0.75, 관찰자 내 급내 상관 계수는 0.80으로 모두 우수한 결과를 보였다. 저자들이 제시한 후족부 정렬 평가의 새로운 방법은 Saltzman의 방법에 비하여 측정자간 측정값의 오차가 적고 동일 측정자가 반복 측정시 오차가 비교적 적어 관찰자간 및 관찰자내 신뢰도가 더 우수하였다(Table 1).

고 찰

관상 면에서 후족부 정렬(hindfoot alignment)을 평가 하는 것은 발의 기능평가에 있어 매우 중요하지만 방사선학적 평가 방법의 정확도에 관하여는 논란의 여지가 많다. 족관절 외측 충돌 증후군이나 종골 골절 후의 변형 외에도 경골 천장부의 내반 변형을 가지는 족관절염의 치료를 결정하는 데 후족부 정렬은 매우 중요하다. 특히 과상부 절골술이나 종골 절골술과 같은 초기 및 중기 족관절염의 선열을 바로잡기 위한 교정 절골 수술을 시행할 때 종골의 정렬 상태에 따라 수술 방

법이 달라질 수 있어 더욱 중요하다.¹⁰⁻¹⁷⁾ Hayashi 등은 초기 내측 족관절 염에서 경골 천장의 내반 변형에 대한 보상 기전으로 후족부의 외반 정렬을 중요한 기전으로 보고하였다.¹⁸⁾ 이와 같은 임상적인 중요성 때문에 정확한 후족부 정렬을 평가하는 것이 치료에 중요하다. 이와 같은 임상적인 중요성 때문에 정확한 후족부 정렬을 평가하는 것이 치료에 중요하다.

Saltzman 등은 후족부 정렬 영상을 촬영하고 종골의 최하단부와 경골 장축과의 거리를 측정하여 후족부 정렬 상태를 파악하고자 하였다.⁸⁾ 그러나 이 방법은 일부 족관절에서 측정할 부위인 종골의 외형이 평평하여 종골의 최하단 부위를 정의하기가 어렵기 때문에 측정자간의 측정값이 다르거나 동일 측정자가 반복 측정시 오차가 발생하기 쉽다는 문제가 제기되었고 따라서 보다 정확한 후족부 정렬을 평가하기 위하여 다양한 노력이 시도되었다. Reiling 등은 골간부 중앙의 경골 축과 골간부 중앙의 종골 축을 그리기 위하여 특별한 방법을 고안하였다. 그러나 여전히 모호한 종골의 최외측부를 이용하여 정확도가 낮고 방법이 복잡하였고 수평선을 6:4의 비율로 나누어서 이분하는 선(bisecting line)을 이용하여야 하는 점등 부정확한 방법으로 널리 이용되지 않고 있다.⁵⁾ Lee 등은 다양한 종골의 모양에 따른 측정 오차를 줄이기 위하여 후족부 정렬 영상에서 종골의 각형성(angulation)과 전위(translation)를 평가해야 한다고 하였다.³⁾ 이에 후족부 정렬 영상에서 경골의 장축과 종골의 장축이 이루는 각도인 후족부 정렬 각도(heel alignment angle)와 종골의 가장 넓은 너비의 위치에서 경골의 축이 지나가는 점에 대한 종골 내측으로부터의 길이를 종골 너비와 비교한 수치인 후족부 정렬 비율(heel alignment ratio)을 이용하여 종골 모양에 따른 후족부 정렬의 평가 오차를 줄이고자 하였다. 그러나 이 방법 역시 후족부 정렬 각도를 측정하는 데 있어 종골의 장축을 그려야 하고 시각적 평가(visual estimation)에 의존하는 경향이 있어 측정자간 오차가

Table 1. Inter- and Intraobserver Reliabilities of Hindfoot Alignment Methods in 240 Randomly Selected Subjects

	Interobserver reliability (95% Confidence Interval)	Intraobserver reliability ICC (95% Confidence Interval)
Saltzman method	0.66 (0.54-0.73)	0.73(0.70-0.76)
New method	0.75 (0.70-0.80)	0.80(0.75-0.81)

ICC: intra-class correlation coefficients

발생할 수 있다. 후족부 정렬 비율 또한 종골 너비를 종골의 가장 넓은 부분으로 정의해야 하므로 측정자간 오차가 발생할 수 있으며 두 가지 지표로 후족부 정렬을 표현하여야 하는 단점이 있다.

본 저자들의 후족부 정렬에 대한 새로운 평가 방법은 Saltzman의 방법에 비하여 측정자간 측정값의 오차가 적고 동일 측정자가 반복 측정시 오차가 비교적 적다. 그 이유는 종골의 내측 근위부와 재거돌기가 만나는 점을 정하기가 쉽고 비교적 종골 외측 최하방 용기를 찾기가 쉽기 때문이다. 또한 양의 값으로 표현하기 때문에 직관적으로 후족부 정렬의 편향 정도를 알 수 있다는 장점이 있다고 생각한다. 그러나 새로운 측정법에 의한 후족부 정렬 각도의 정상값을 평균 40도(범위, 40-45)로 추정하고 있지만 정상군의 수가 적어 정확한 값을 알기 어려운 제한점을 가진다. 또한 임상적으로 후족부 내반 변형에서 새로운 측정법에 의한 후족부 정렬 각도는 40도 이하의 값으로 측정될 것이라 예상하지만 후족부 내반 변형의 정도를 정확히 반영하는 지에 대한 연구는 시행 하지 못하였다. 본 연구에서는 정상군과 환자군을 구분하지 않고 측정 방법의 이용 가능성을 제시하였으나 향후 이러한 측정 방법을 이용한 후족부 정렬상태의 정상값과 환자군에서의 비정상각에 대한 반복 측정과 연구가 필요할 것이다.

결 론

본 저자들의 새로운 후족부 정렬 평가 방법은 기존의 Saltzman 등의 방법보다 우수한 신뢰도를 갖는 유용한 방법이다.

REFERENCES

1. **Buck FM, Hoffmann A, Mamisch-Saupe N, Espinosa N, Resnick D, Hodler J.** *Hindfoot alignment measurements: rotation-stability of measurement techniques on hindfoot alignment view and long axial view radiographs.* *AJR Am J Roentgenol.* 2011;197:578-82.
2. **Johnson JE, Lamdan R, Granberry WF, Harris GF, Carrera GF.** *Hindfoot coronal alignment: a modified radiographic method.* *Foot Ankle Int.* 1999;20:818-25.
3. **Lee WC, Moon JS, Lee HS, Lee K.** *Alignment of ankle and hindfoot in early stage ankle osteoarthritis.* *Foot Ankle Int.* 2011;32:693-9.
4. **Haight HJ, Dahm DL, Smith J, Krause DA.** *Measuring standing hindfoot alignment: reliability of goniometric and visual measurements.* *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86:571-5.
5. **Reilingh ML, Beimers L, Tuijthof GJM, Stufkens SAS, Maas M, van Dijk CN.** *Measuring hindfoot alignment radiographically: the long axial view is more reliable than the hindfootalignment view.* *Skeletal Radiol.* 2010;39:1103-8.
6. **Strash WW, Berardo P.** *Radiographic assessment of the hindfoot and ankle.* *ClinPodiatr Med Surg.* 2004;21:295-304.
7. **Tuijthof GJM, Herder JL, Scholten PE, van Dijk CN, Pistecky PV.** *Measuring alignment of the hindfoot.* *J Biomech Eng.* 2004;126:357-62.
8. **Saltzman CL, el-Khoury GY.** *The hindfoot alignment view.* *Foot Ankle Int.* 1995;16:572-6.
9. **Shrout PE, Fleiss JL.** *Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability.* *Psychol Bull.* 1979;86:420-8.
10. **Hintermann B, Knupp M, Barg A.** *Osteotomies of the distal tibia and hindfoot for ankle realignment.* *Orthopade.* 2008;37:212-23.
11. **Lee HS, Wapner KL, Park SS, Kim JS, Lee DH, Sohn DW.** *Ligament reconstruction and calcaneal osteotomy for osteoarthritis of the ankle.* *Foot Ankle Int.* 2009;30:475-80.
12. **Lee WC, Moon JS, Lee K, Byun WJ, Lee SH.** *Indications for supramalleolar osteotomy in patients with ankle osteoarthritis and varus deformity.* *J Bone Joint Surg Am.* 2011;93:1243-8.
13. **Pagenstert GI, Hintermann B, Barg A, Leumann A, Valderrabano V.** *Realignment surgery as alternative treatment of varus and valgus ankle osteoarthritis.* *ClinOrthopRelat Res.* 2007;462:156-68.
14. **Stamatis ED, Cooper PS, Myerson MS.** *Supramalleolar osteotomy for the treatment of distal tibial angular deformities and arthritis of the ankle joint.* *Foot Ankle Int.* 2003;24:754-64.
15. **Takakura Y, Tanaka Y, Kumai T, Tamai S.** *Low tibial osteotomy for osteoarthritis of the ankle. Results of a new operation in 18 patients.* *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77:50-4.
16. **Takakura Y, Takaoka T, Tanaka Y, Yajima H, Tamai S.** *Results of opening-wedge osteotomy for the treatment of a post-traumatic varus deformity of the ankle.* *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80:213-8.
17. **Tanaka Y, Takakura Y, Hayashi K, Taniguchi A, Kumai T, Sugimoto K.** *Low tibial osteotomy for varus-type*

osteoarthritis of the ankle. J Bone Joint Surg Br. 2006;88:909-13.

18. **Hayashi K, Tanaka Y, Kumai T, Sugimoto K, Takakura**

Y. Correlation of compensatory alignment of the subtalar joint to the progression of primary osteoarthritis of the ankle. Foot Ankle Int. 2008;29:400-6.