

◆ 원 저 ◆

족부전후방향 체중부하 촬영 시 적정 입사각에 관한 연구

엄민지 · 최원근 · 손순룡 · 이관섭

서울아산병원 영상의학과

Study of Optimal Angle When Taking Foot AP Weight-Bearing Radiography

Min-Ji Uhm · Weon-Keun Choi · Soon-Yong Son · Kwan-Sup Lee

Department of Radiology, Asan Medical Center

Abstract

Incident X-ray angles of weight bearing foot AP radiography which differ in each medical institution were compared. Optimal angles were derived from the study and suggested as basic data for clinical application. 19 patients with no abnormality on right foot took part in the study from June 2013 to July 2013. Weight bearing foot AP radiography in the correct position was examined with the incident X-ray angles of 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, and 35°. All the images were evaluated subjectively by 5 radiological technologists of over 15 year work experience using Likert scale as 1 for 'very poor', 2 for 'poor', 3 for 'fair', 4 for 'good', 5 for 'very good', 6 for 'excellent', and analyzed with ANOVA and Scheffe. Image quality was the most optimal at 20° as 4.53, and relatively good at 25° as 4.38 and at 30° as 4.18. 35° and 10° were relatively poor. The average points of 6 groups indicated statistically significant difference ($p < .01$). In the post-mortem, 3 subgroups showed no statistically significant difference, and the average point of the groups of 20°, 25°, 30° was evaluated relatively higher than the other 2 groups. An optimal incident X-ray angle within the range from 20° to 30° for weight bearing foot AP radiography could make it possible to obtain the image of high diagnostic value and would be useful for clinical application in the future.

Received: September 3, 2013, 1st Revised: September 30, 2013./

Accepted for Publication: October 19, 2013.

Corresponding Author: 최원근

(138-736) 서울시 송파구 풍납동 388-1 서울아산병원 영상의학팀

Tel: 02) 3010-4308

E-mail: wkchoi2000@hanmail.net

I. 서론

족부(foot)는 좌우 합하여 52개의 뼈로 구성되어 인체 뼈의 약 1/4을 차지하며, 수많은 관절과 인대, 근육, 건 등과 유기적인 조화를 이루면서 인체를 유지하고 이동하는 중요한 역할을 한다.¹

해부학적으로 전족(forefoot), 중족(midfoot), 후족(hindfoot)의 세 부분으로 구성되며, 전족과 중족 사이에는 Lisfranc joint(tarsometatarsal joint)가 위치하고, 중족과 후족 사이에는 Chapart's joint (talonavicular calcaneocuboid joint)가 있다.²

족부 질환의 정확한 진단 및 치료를 위해 방사선검사를 통한 측정은 필수적이라고 할 수 있으며³, 특히 단순 X선 촬영은 기본적인 검사로써 시행되고 있다. 대표적인 검사로서 전후방향(foot AP), 측방향(foot lateral), 사방향(foot oblique) 촬영이 있으며, 앉은 자세와 선 자세에서 시행된다.²

진단적 가치면에서 전후방향과 측방향 촬영은 체중부하(Weight Bearing)를 이용한 선 자세에서 검사가 중요하다.² 외상(trauma)으로 환자의 자세 유지가 불가능하지 않다면 체중부하를 통한 선 자세의 검사를 시행해야 하며, 이를 통하여 영상의 표준화와 생체역학적 정보를 제공하고, 미묘한 뼈의 부정렬(malalignment)과 기형을 밝혀낼 수 있다.² 족부의 기형 평가 시 체중부하를 가하지 않은 상태에서 검사하면 뼈의 기능적 상태를 반영하지 못하므로 부정렬을 평가하기에 부적합하다.⁴ 족부 기형에서 흔히 발견되는 무지외반증(hallux valgus)과 무지내반증(hallux varus)의 방사선 각도(radiograph angle)를 평가할 때 다양한 기하학적 측정이 이루어지며, 선 자세에서 전후방향 촬영이 진단적 평가 가치에서 가장 좋다.⁴ 특히 전족부(forefoot)의 병적 상태를 진단하고 치료방침을 결정하며, 경과를 평가하기 위해 체중을 부하한 상태에서 촬영하는 것이 기하학적 방사선평가에 있어서 기본적이며, 보다 진단적 가치가 높은 영상을 얻을 수 있으므로 양쪽 발의 동등한 체중부하상태와 정확한 발의 자세가 요구된다.⁵

측방향 촬영은 자세 유지가 용이하지만, 전후방향 촬영은 보폭이나 자세의 차이에 따라 체중의 부하가 상이하므로 주의가 필요하다. 선 자세의 전후방향 촬영은 통상 양측을 비교하기 위하여 양발을 함께 시행하며 몇몇 경우에 발을 분리하여 검사를 시행한다. 검사법은 촬영면(table)에 환자를 서게 하여 양발에 체중을 동등하게 분배시킨 다음, 발뒤꿈치 방향으로 15° 입사시켜

족근중족관절(Lisfranc joint)이 열려 보이고, 첫 번째와 두 번째 설상골 사이 관절이 나타나도록 촬영한다.⁶ Lisfranc joint는 3개의 설상골과 1개의 입방골, 5개의 중족골저가 연결되는 관절로서 족부전후방향 촬영에서 얻어진 방사선영상의 평가기준이 된다. Lisfranc 관절의 손상(injury)은 중족의 골절이나 인대(ligament)의 파열로 발생되며, 일상생활과 가벼운 운동으로 인한 염좌(distortion)로 오인될 수도 있으나, 손상 상태에 따라서는 치유하는데 오랜 기일이 소요되는 외과적 수술이 필요한 경우도 있다.⁷ 이중에서 특히 체중부하가 이루어지지 않을 경우 관절손상이 나타나지 않을 수 있기 때문에 검사 시 각별한 주의가 요구된다.⁸

그러나 대다수의 의료기관에서는 양발에 균등하게 체중부하를 두지 않은 채 검사 측 발을 한발 앞으로 내민 상태에서 시행하거나 제각기 다른 입사각으로 검사하고 있어 문제점으로 지적되고 있다. 특히 의료기관별로 특별한 기준 없이 입사각을 10° ~30° 까지 다양하게 적용하고 있어 표준화가 시급한 실정이다. 이에 저자들은 정확한 선 자세 하에 의료기관별로 적용되고 있는 입사각을 망라하여 실험함으로써 가장 이상적인 입사각을 산출하고자 하였다. 이를 통하여 족부전후방향 체중부하 촬영의 표준화를 위한 기초자료로 제시하고자 하였다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

연구대상은 2013년 6월부터 7월까지 족부에 이상 병변이 없는 정상적인 성인 19명(volunteer)의 오른쪽 발을 대상으로 하였다. 대상자는 남성이 9명 여성이 10명이었으며, 실험 전에 연구에 관한 충분한 설명을 한 후, 구두 동의를 거쳐 진행하였다.

2. 연구방법

대상자를 촬영면 위에 선 자세로 위치시키고, 체중이 양쪽 발에 동등하게 분산되도록 양발을 수평으로 벌려 촬영자세를 유지하였다. 중심 X선은 발뒤꿈치(heel) 방향으로 3번째 중족골저부(3rd metatarsal base)를 향하여 개인별로 10° 에서 35° 까지 입사각을 변경하면서 6회 촬영하였다(Fig.1). 대상자의 신장, 체중, 발 크기를 조사하였고, 줄자와 caliper를 이용하여 발등에서 가장 높은 부분(supra cuneiform과 navicular)에서 발둘레와 발등 높이를 측정하였다(Fig. 2).



Fig. 1. Position to Foot AP Weight Bearing Radiography

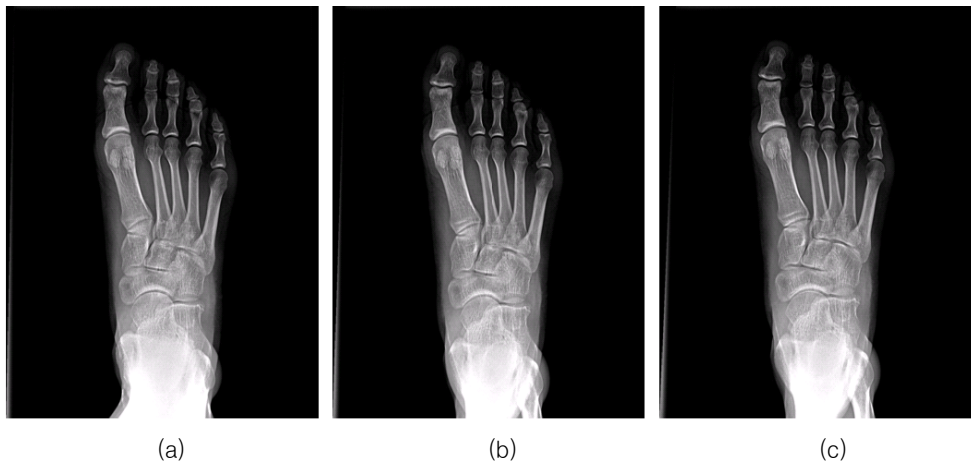
3. 영상획득 및 평가

실험에 사용된 X선 장비는 GE Definium 8000 DR 시스템이었고, 촬영은 6회의 모든 촬영을 none grid technique으로 하였으며, 노출조건은 60kV, 4mAs, SID 100cm, FOV 10*12 inch로 설정하였다. 촬영한 영상은 post processing 과정을 거쳐 디지털 의료영상정보처리 시스템(picture archiving & communication system ; PACS)으로 전송한 다음, 모니터 상에서 평가하였다.

영상평가는 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35° 로 입사각을 변경하여 촬영한 개인별 6회의 영상을 하나의 화면에 위치시킨 다음, 15년차 이상의 숙련된 방사선사 5명이 영상평가 기준에 따라 족근중족관절(Lisfranc joint)이 열려 보이고, 첫 번째와 두 번째 설상골 사이 관절을 관찰한 후, 리커트 척도('Very poor' 1점, 'Poor' 2점, 'Fair' 3점, 'Good' 4점, 'Very Good' 5점, 'Excellent' 6 점)를 이용하여 육안적 평가를 하여 평균값(mean)으로 산출하였다(Fig. 3).



Fig. 2. Measurement of Foot circumference and Height



(a)

(b)

(c)

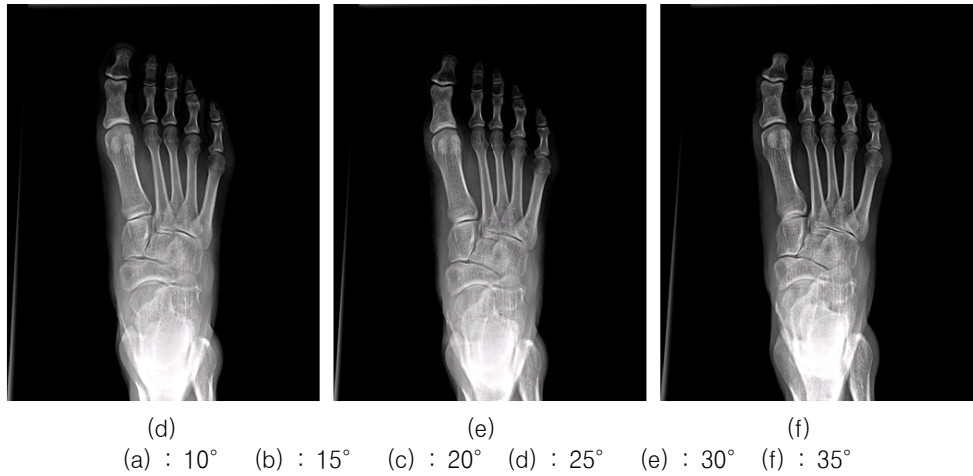


Fig. 3. The images with the angles of Foot AP Weight Bearing Radiography

4. 통계적 분석방법

5명의 방사선사의 평균값을 근거로 입사각의 변화에 따른 영상 품질의 차이를 분석하기 위하여 SPSS 18 통계프로그램을 사용하였으며, p값이 .05보다 작은 경우 유의한 차이가 있는 것으로 결정하였다. 통계기법은 빈도분석과 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35° 등 6개 군의 평균적 차이는 일원배치분산분석(ANOVA)과 Scheffe의 사후분석을 병행하였다.

III. 결 과

1. 대상자의 일반적인 특성

대상자의 연령, 신장, 체중은 각각 평균 26.74세, 168.74cm, 62.32kg으로 나타났고, 발 크기와 발등 높이, 발 둘레는 평균 24.95cm, 6.47cm, 24.01cm로 나타났다(Table 1).

Table 1. General characteristic of volunteer

Classification	N	Min	Max	Mean ±SD
Age	19	23	36	26.74 ± 3.03392
Height(cm)	19	156	180	168.74 ± 8.56246
Weight(kg)	19	43	105	62.32 ± 15.73408
Size(cm)	19	230	275	24.95 ± 14.70967
Height(cm)	19	5.00	8.00	6.47 ± 0.75869
Circumference(cm)	19	21.10	28.50	24.01 ± 2.18299

Table 2. The differences of statistical analysis with the angles of incidence

Classification	N	Min	Max	Mean ±SD	P-Value
10°	19	1.00	3.00	1.9158 ± 0.60117	.000
15°	19	2.00	4.40	3.2632 ± 0.69937	
20°	19	3.20	6.00	4.5263 ± 0.85169	
25°	19	3.20	5.00	4.3789 ± 0.44169	
30°	19	3.00	5.80	4.1789 ± 0.80525	
35°	19	1.40	4.40	2.7368 ± 1.00897	
Total	114	1.00	6.00	3.5000 ± 1.20889	

2. 입사각 별 영상평가 결과

발 전후 체중부하 촬영에서 입사각을 10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35° 순으로 변경하여 촬영한 결과, 10° 에서 평균 1.92로 가장 낮게 나타났고, 20° 에서 4.53을 나타내어 가장 양호한 것으로 평가되었다. 또한 25°, 30° 에서 4.38과 4.18로 나타나 비교적 높게 평가되었다. 10° 에서 35° 까지 6개 군별 일원배치분산으로 결과, 각 군별 평균의 차이는 통계적으로 매우 유의하였다($p < .01$) (Table 2).

3. 각 군별 사후분석(Scheffe)

입사각(10°, 15°, 20°, 25°, 30°, 35°) 별 세부적인 평균의 차이를 알아보기 위해 Scheffe의 사후분석을 실시한 결과, 유의수준 0.05에 대한 부집단에서 3개의 집단으로 분류되었다. 1집단에서 10° 와 35°, 2집단에서 35° 와 15° 로 분석되었으며, 3집단에서는 30° 와 25°, 그리고 20° 가 집단 내에서 동일한 것으로 분류되었다. 이는 3개 집단은 각기 통계적으로 유의한 차이가 있지만, 각

집단 내에 있는 군들은 통계적으로 유의한 차이가 없어 ($p > 0.05$) 일치한다고 할 수 있다(Table 3).

4. 영상의 왜곡도

입사각의 변화에 따른 영상의 왜곡도(Distortion) 증가율 측정을 위해 2번째 중족골의 장축 길이를 PACS의 모니터 상에서 측정하였다. 그 결과 평균값은 10° (71.75mm)에서 35° (89.82mm)로 입사각이 한 단계(5°) 씩 증가함에 따라 약 4.59%(평균) 정도 증가하였다 (Table 4).

IV. 고찰 및 결론

족부전후방향촬영은 환자의 병적 상태를 진단하고 치료 방침을 결정하며, 경과를 평가하기 위하여 기본적인 필수적인 검사법이다. 특히 체중을 부하한 상태에서 촬영하는 것이 더 정확한 기능적 상태를 확인할 수 있으며, 검사 시 정확한 체중부하 자세는 무엇보다 중

Table 3. The differences of post analysis on the average with the angles of incidence

Classification	N	Subject for alpha = 0.05		
		1	2	3
10°	19	1.9158		
35°	19	2.7368	2.7368	
15°	19		3.2632	
30°	19			4.1789
25°	19			4.3789
20°	19			4.5263
유의확률		.056	.472	.848

Table 4. Distortion with the variable angle of incidence

Classification	N	Mean ± SD (mm)	Rate of increment
10°	19	71.7595 ± 3.85487	
15°	19	74.8158 ± 5.54205	4.26
20°	19	78.4089 ± 4.46751	4.80
25°	19	82.1495 ± 4.81117	4.77
30°	19	85.8447 ± 4.74532	4.50
35°	19	89.8274 ± 4.98372	4.64

요하다.⁹ 발의 자세에 따른 무게중심에 관하여 Wang 등¹⁰은 양발을 나란히 두었을 때 50대 50, 한발을 앞으로 내밀면 앞발과 뒷발에 30대 70, 앞뒤 일렬로 나란히 교차해 서면 앞발과 뒷발에 70대 30의 체중분배가 이루어진다고 하였다.

또한 체중부하의 정도에 따라 Tsung 등¹¹은 non-weight bearing과 비교하여 semi-weight bearing에서는 촬영면 접촉면적이 35.1%, 발 길이 2.7%, 발 넓이 2.9%, 후족부 넓이 5.9% 증가하였고, 족궁 높이와 각도는 15.4%와 21.7% 감소하였다. full-weight bearing에서는 접촉면적이 60.4%, 발 길이 3.4%, 발 넓이 6.0%, 후족부 넓이 8.7% 증가하였고, 족궁 높이와 각도는 20.0%와 41.2%로 감소하였다고 보고하였다.

이렇듯 발의 자세와 체중부하 정도에 따라 무게중심과 기하학적 측정의 차이가 존재하므로 정확한 선 자세에서 체중을 균등하게 분배하는 통일성과 획일화가 필수적이다. 본 연구에서는 이에 근거하여 선 자세에서 대상자의 양발을 나란히 유지시키고, 체중을 균등히 분배하여 실험을 진행함으로써 정확도를 높였다.

체중부하를 이용한 족부전후방향촬영의 입사각에 관하여 Thapa 등⁴과 노 등⁹, Srivastava 등¹²은 발뒤꿈치 방향으로 15° 입사가 유용하다고 하였다. 그러나 이들 연구는 오직 전족부 기형의 방사선 각도를 평가하기 위한 기하학적 측정을 위한 것이므로 방사선 영상평가에서 기준이 되는 족근중족관절에 초점을 맞춘 본 연구와는 거리가 있다.

Lisfranc 관절의 손상을 관찰하기 위한 연구에서 Rankine 등¹³은 가장 이상적인 입사각의 평균값은 28.9° 라고 하였으나, 이는 Foot phantom 을 이용한 실험으로써 실제 대상자의 체중부하를 이용한 본 연구와는 차이가 있다고 하겠다.

정승영 등¹⁴은 족부전후방향촬영 시 입사각을 알기 위해 PACS로 부터 측면상에서 족근중족관절의 각도를 측정된 결과 평균값으로써 체중부하를 하지 않았을 때 24.54°, 체중부하 시 21.63° 로 선 자세보다 앉은 자세에서 약 3° 정도 더 많은 입사각을 주어야 하며, 현재 사용되는 입사각보다 약 6° ~9° 를 더하는 것이 정확하다고 보고하였다. 이 연구 또한 실제 환자 및 대상자에게 적용한 것이 아닌 영상을 이용하여 측정하였다는 한계성이 있다.

현재 교재로 사용 중인 참고서적^{6,15}에 제시된 족부전후방향촬영의 입사각을 보면, 앉은 자세에서는 10°, 체

중부하에서는 15° 로 규정하고 있다. 20° ~30° 의 범위 내에서 우수한 것으로 나타난 본 연구 결과와는 사뭇 다르다고 할 수 있다. 상기의 선행 연구와 평가기준, 그리고 본 연구결과를 종합하더라도 현행 입사각보다 최소 5° 에서 최대 15° 정도 입사각을 증가시켜야 할 것으로 보여진다. 특히 최근에는 앉은 자세보다는 체중부하를 이용한 검사가 주를 이루고 있으므로 참고서적 및 각종 매뉴얼의 검사법 또한 개선되어야 할 것으로 사료된다.

본 연구는 환자가 아닌 정상 성인을 대상으로 선정하였고, 대상자의 수가 다소 적으며, 외상이나 골절로 인하여 선 자세가 불가능한 환자에게 적용할 수 없다는 제한점이 있다. 그럼에도 불구하고 족부전후방향 촬영에서 방사선영상의 평가기준이 되는 Lisfranc 관절을 평가함에 있어 우수한 영상을 얻을 수 있는 적절한 입사각에 관한 연구라는 특징이 있고, 임상에 적용가능한 표준적인 각도를 산출해 내었다는 데에 커다란 의의를 가질 수 있다.

참고문헌

1. <http://www.footclinic.co.kr/balsang.html>
2. Koulouris G, Morrison WB: Foot and ankle disorders: radiographic signs, Semin Roentgenol, Oct;40(4):358-79, 2005
3. Young Koo Lee, M.D., Soo Jae Yim, M.D., Sang Hyok Lee, M.D., Chan Ho Park, M.D., Sang Hun Lee, M.D.:The Talus-1st Metatarsal Angle, the Talo-Horizontal Angle and Calcaneal Pitch Angle of Young Men in Korea, J Korean Foot Ankle Soc., Vol. 14, No. 2, pp.161-164, 2010
4. Thapa MM, Pruthi S, Chew FS: Radiographic assessment of pediatric foot alignment: review, AJR Am J Roentgenol, Jun;194(6 Suppl):S51-8, 2010
5. Fuhrmann RA, Layher F, Wetzel WD: Radiographic changes in forefoot geometry with weightbearing, Foot Ankle Int., Apr;24(4):326-31, 2003
6. Kenneth L, Bontrager, John P. Lampignano: 8th edition text book of radiographic positioning

- and related anatomy, Mosby, pp 230–233, 2013
7. <http://orthoinfo.aaos.org/topic.cfm?topic=A00162>
 8. Burroughs KE, Reimer CD, Fields KB: Lisfranc injury of the foot: a commonly missed diagnosis, *Am Fam Physician*, Jul;58(1):118–24, 1998
 9. Sung Man Rowe, M.D., Keun Bae Lee, M.D., Jin Choi, M.D., Seung Young Cheon, M.D., Chang Ich Hur, M.D.: Radiographic Changes in Forefoot Geometry with Weightbearing: Hallux Valgus Angle, Intermetatarsal Angle, and Medial Sesamoid, *J Korean Foot Ankle Soc*, Vol. 9, No. 1, pp.13–19, 2005
 10. Wang Z, Newell KM: Asymmetry of foot position and weight distribution channels the inter-leg coordination dynamics of standing, *Exp Brain Res*, Oct;222(4):333–44, 2012
 11. Tsung BY, Zhang M, Fan YB, Boone DA: Quantitative comparison of plantar foot shapes under different weight-bearing conditions, *J Rehabil Res Dev*, Nov–Dec; 40(6):517–26, 2003
 12. Srivastava S, Chockalingam N, El Fakhri T: Radiographic measurements of hallux angles: a review of current techniques, *Foot (Edinb)*, Mar;20(1):27–3, 2010
 13. Rankine JJ, Nicholas CM, Wells G, Barron DA: The diagnostic accuracy of radiographs in Lisfranc injury and the potential value of a craniocaudal projection, *AJR Am J Roentgenol*, Apr;198(4):W365–9, 2012
 14. Seung-Yung Jung, Young-Cheol Joo, Sung-Bae Cho, Jung-Soo Yoon, Heui-Suk Moon: The Study of Optimal Angle on the Foot AP & Weight Bearing Foot AP: for Sex & Age of Korean, *SRTA*, pp45–46, 2013
 15. The Korean Society of Medical Imaging Technology: *TEXTBOOK OF RADIOGRAPHIC POSITIONING AND CLINICAL DIAGNOSIS VOLUME 2 (3RD EDITION)*, CHUNG-KU Publishing co., pp786–787, 2009