

<원저>

새로운 발 사방향 검사법의 유용성에 관한 연구

김민석·주영철·이승근

삼성서울병원 영상의학과

A Study on the Usefulness of the New Foot Oblique Projection

Min-Suk Kim·Young-Cheol Joo·Seung-Keun Lee

Department of Radiology, Samsung Medical Center

Abstract In this study, the purpose is to present the foot inclination angle for realizing an image similar to that of the existing examination method and to present the clinical usefulness of the new examination method through comparison between the existing examination method and the newly designed standing foot oblique projection. A foot phantom was used, and the magnification of the image according to the angle was quantitatively evaluated by attaching a nut to the position of the cuboid of the phantom. The internal oblique image acquired using a 30° wedge was set as the standard image. And that image was compared with the images acquired by changing the angle of the foot from 20° to 65° at intervals of 5°. Image evaluation was performed by 3 radiological technologists, and qualitative evaluation using a Likert 5-point scale for evaluation items of true oblique view and quantitative evaluation of the value obtained by measuring the diameter of a nut in each image were performed as image evaluation. For data analysis, reliability analysis between the measure and comparative analysis of the average value for each angle were performed. The qualitative evaluation score for each image was 4.5 to 5 points for most questions in the case of the standard image. And 4 points or less for most questions in the images with a foot angle of 45° or less, and an evaluation score close to the standard image was obtained in the image of 50° or more. And in the quantitative evaluation, the diameter of the nut was measured to be 9.28~9.56 mm. The qualitative evaluation showed a reliability of 0.95~1.0 and the quantitative evaluation was 0.62. As a result of comparing and analyzing the average of the quantitative and qualitative average values for each angle image, the group with the average value most similar to the standard image was images obtained at 55° and 60°, and in the post-analysis, the images of both groups were the same group as the standard image ($p < 0.01$). As a result of this study, it was found that the angle of inclination of the foot for realizing the image most similar to the existing image in the standing foot oblique projection is 55°~60°. In addition, if this test method is applied to the clinic, it is believed that it will help prevent safety accidents such as falls during the test and improve test efficiency by minimizing the movement of patients for the test.

Key Words: Foot medial oblique projection, Foot oblique view, Standing position, Modified foot oblique method, Tarsal coalition, Flatfoot

중심 단어: 발 안쪽 사방향 검사, 발 사방향 검사, 선 자세, 변형된 발 사방향 검사법, 족근결합, 편평족

I. 서론

족근골 결합(tarsal coalition)이란 중족(midfoot)과 후

족(hindfoot) 사이에 2개 이상의 족근골(tarsal bone)이 비정상적으로 결합하는 것이다. 이는 관절에 영향을 미쳐 발의 운동성을 제한하고 관절에 염증을 일으켜 추후 심한 통

Corresponding author: Young-Cheol Joo, Department of Radiology, Samsung Medical Center, 81 Irwon-Ro Gangnam-gu, Seoul, 06351, Republic of Korea / Tel: +82-2-3410-2530 / E-mail: skulljoo@naver.com

Received 20 August 2021; Revised 17 October 2021; Accepted 20 October 2021

Copyright ©2021 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

증과 뼈의 변형을 유발시키는 족부 통증의 빈번한 원인이 되는 질환이다. 족근골 결합은 과거의 족근부위의 상해에 의한 후천적인 원인인 경우도 있지만 대부분 선천적 원인으로 발생하며[1], 특히 선천적 편평족의 원인으로 20대가 될 때까지 특별한 증상이 없거나 경미하여 조기에 진단이 어렵고, 발의 통증으로 내원하여 시행한 방사선 검사를 통해 우연히 발견되는 경우가 많다[2].

족근골 결합은 흔히 중주상 결합(calcaneonavicular coalition)과 거주상 결합(talonavicular coalition)으로 구분된다. 발 통증 빈도는 비슷하나 중주상 결합은 거주상 결합보다 약간 낮은 연령에서 발생하며 증상이 전형적이지 않아서 진단이 늦어지기도 한다[3]. 진단을 위한 영상의학과적 검사 방법은 주로 체중부하 상태에서 발의 형태를 관찰할 수 있는 검사가 이루어지는데, 대표적인 검사 방법에는 발-발목 측방향 체중부하 검사(foot and ankle lateral weight-bearing projection), 발-발목 전·후방향 체중부하 검사(foot and ankle weight-bearing anteroposterior projection), 후족부 후·전 측방향 검사(hindfoot posteroanterior axial projection), 발 선 자세 전·후방향 검사(foot standing anteroposterior projection), 발 안쪽 사방향 검사(foot medial oblique projection; foot oblique view)가 주로 시행된다[4]. 이중 족근골 결합 진단 시에는 유형에 따라 검사법이 다를 수 있으나, 특히 중주상 결합은 foot oblique view로 쉽게 진단이 가능하며, 임상에서도 소아 및 성인의 편평족과 족근골 결합 진단에 빈번하게 시행된다[5,6].

다양한 자세로 검사하는 것은 발과 발목 질환 진단에 많은 도움이 되지만, 그만큼 환자는 다양한 자세를 위해 검사 테이블, 스탠딩 버키(standing burky) 그리고 보조기구 등으로 이동하며 검사를 진행해야 한다. 이와 같은 환자의 잦은 이동은 환자의 안전사고(낙상 및 장비 부딪힘 사고) 노출 빈도와 검사 시간을 증가시키고, 검사 효율을 감소시킬 수 있다.

이에 본 연구에서는 환자 안전과 검사 효율성 향상을 위해 검사 시 환자 이동을 최소화할 수 있는 새로 고안한 선 자세 발 사방향 검사법(standing foot oblique view)의 유용성에 대해 검정하고 이 검사법의 임상적 효율성에 대해 제안하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

X선 발생장치는 GC 85A(Samsung electronics, KOREA)

를 사용하였고, 팬텀은 Foot & Ankle phantom(RS116T, California, USA)을 대상으로 하였다. 영상측정은 Centricity RA1000(General Electronic, USA) 의료영상저장전송시스템(picture archiving and communication system; PACS)에서 측정하였다.

2. 연구방법

1) 조사조건

검사조건은 50 kVp, 100 mA, 40 ms, 초점-영상수용체 간 거리(source to image receptor distance; SID)는 110 cm로 동일한 조건을 적용하였으며, 중심 X선은 3번째 중족골 기저부의 중앙으로 입사하였다.

2) 영상 획득 방법

본 연구에서는 안쪽 사방향 검사(foot oblique view)와 새로 고안한 선 자세 발 사방향 검사법(standing foot oblique view)의 영상을 각각 획득하고, 획득한 영상을 비교하여 이의 유용성을 평가하기 위해 다음과 같은 방법으로 연구를 하였다.

정확한 각도 변화 구현을 위해 발 팬텀의 바닥과 팬텀 지지대에 아크릴판을 부착하였고[Fig. 1(a)], 정확한 각도 별 영상 획득을 위해 팬텀의 바닥과 팬텀 지지용 블록 위에 아크릴판을 부착하여 의료 전문 각도기(spinal goniometer)로 아크릴판 사이의 각도를 측정하였다[Fig. 1(b)]. 각도의 정확성 확인을 위해 각도를 변화시킬 때마다 발의 정면 영상을 획득하여 두 아크릴판의 각도를 GC 85A의 영상편집기 내 각도기를 통해 확인하였으며[Fig. 1(c)], 각도 변화에 따른 영상 확대도 관찰을 위해 입방골(cuboid) 위치 중앙에 너트(nut)를 부착했다[Fig. 1(d)].

이 연구에서는 30° wedge를 적용한 foot oblique view 영상을 표준 영상(standard image)으로[Fig. 1(e)], 20°에서 65°까지 5° 간격으로 변화시키며 획득한 영상(총 10개)을 변형 영상(modified image)으로 명명하였다.

중심 X선은 발의 내측에서 외측(medio-lateral projection)으로 3번째 중족골 기저부를 향해 수평으로 조사했다[Fig. 1(f)].

3. 영상평가방법

획득된 영상은 방사선사 3명(임상경력 15년 이상 1명, 10년 이상 2명)이 사전에 1주간의 훈련 후 측정치가 서로에게 영향을 주지 않도록 다른 장소와 시간에 3일 간격으로 총 5회 측정하였다.

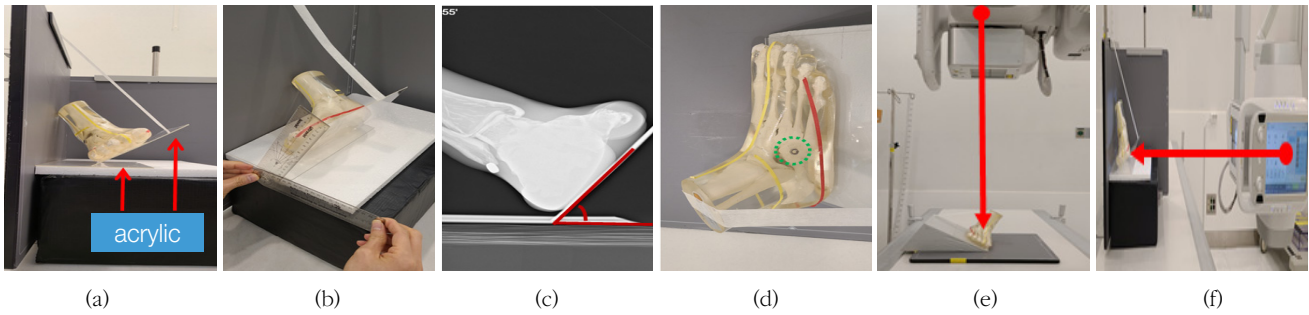


Fig. 1. Tools for image evaluation and angle measurement / Method of acquiring an image

(a) is an image of attaching an acrylic plate on the bottom surface of the foot phantom and styrofoam for angle measurement and (b) and (c) show the use of a medical professional protractor when changing the angle, and then use the image editor protractor of the equipment to check whether or not the correct angle is applied. (d) is an image of attaching a nut in the foot phantom for image evaluation. (e) is a picture taken by applying a 30° wedge to acquire a standard image. And (f) is an image of medio-lateral projection toward the bottom of the foot for inspection of the modified foot oblique in a standing position.

Table 1. Qualitative image evaluation checklist

No	Check list	Score				
		1	2	3	4	5
1	Equal amount of space between the shafts of the second through fifth metatarsals					
2	Third through fifth metatarsal bases free of superimposition					
3	Sinus tarsi					
4	Tuberosity of the fifth metatarsal					
5	The space around the cuboid appears to be uniformly open without overlapping					
6	The medial and intermediate cuneiform appear overlapping, and the intermediate and lateral cuneiform appears open or partially overlapped					

1) 각도 변화에 따른 정성적 평가

표준과 변형 영상의 정성적 평가는 Table 1과 같은 기준으로 실시하였으며, 리커트 5점 척도(‘very poor’ 1점, ‘poor’ 2점, ‘fair’ 3점, ‘good’ 4점, ‘very good’ 5점)를 이용하였다.

2) 각도 변화에 따른 정량적 평가

영상 왜곡에 대한 정량적 평가는 팬텀에 부착한 너트 지름을 측정하는 방식으로 하였다. 측정방법은 너트의 a와 b 지점의 꼭지점을 만나는 수직의 가상의 선을 긋고, 두 선과 수직이 되는 선의 길이를 측정하였으며, 표준 영상과 비교하여 나타나는 차이를 영상의 왜곡 정도로 평가하였다 [Fig. 2].



Fig. 2. Image distortion evaluation method

The distortion of the image was measured by measuring the diameter of the nut attached to the central point of the phantom's cuboid. The measurement method was to draw a vertical virtual line passing through the vertices of point a and point b of the nut, and measure the distance between the two virtual lines at right angles.

1) 측정자 간 신뢰도 분석

각 측정자의 영상 평가점수와 너트 지름에 대한 기술통계를 제시하였으며, 측정자 간 신뢰도 분석은 급내상관계수 (Intra-class correlation coefficient; ICC)를 통하여 평가하였다. ICC는 0(완전 불일치)에서 1(완전 일치)까지의 값

4. 자료분석방법

본 연구는 3명의 방사선사(임상 경력 15년 이상 1명, 10년 이상 2명)가 5회에 걸쳐 정성적, 정량적 평가를 통해 획득한 자료를 아래와 같은 방법으로 분석하였다.

을 표현하며 0.00~0.39를 불량(poor), 0.40~0.74를 보통(moderate), 0.75~1.00을 우수(excellent)로 정의하였다.

2) 각도 변화에 따른 영상 점수와 너트 지름에 대한 평균 비교 분석

각도 변화 별 영상의 문항별 평가점수와 너트 지름에 대한 평균과 표준편차를 제시하였으며, 각 그룹 간 평균 비교는 일원배치분산분석(one-way ANOVA)으로 비교하였으며, 사후분석은 Duncan을 이용하였다.

SPSS(version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA) 통계 프로그램을 사용하였고, 유의수준 α 는 0.05, p-value 0.05 이하를 통계적으로 유의한 것으로 설정하였다.

III. 결과

1. 각도 별 영상에 대한 측정자 간 신뢰도

영상평가에 대한 신뢰도는 각도별 영상에 대한 6개 문항

모두에서 0.95~1.0의 매우 높은 측정자 간 신뢰도를 보였으나, 너트 길이에 대한 측정자 간의 신뢰도는 0.629로 보통 수준의 신뢰도로 나타났다. 특히, 정성적 평가를 위한 모든 측정자 간의 신뢰도 결과 항목 중 4번 항목에 대해 모든 각도의 영상에서 측정자 간 신뢰도의 평균값이 5.0 ± 0.00 으로 동일하게 평가하였다[Table 2,3].

2. 각도 별 영상에 대한 평가항목별 평균값 비교

각도별 영상의 평가항목별 평균값 비교 결과는 $50^\circ \sim 60^\circ$ 에서 대체적으로 표준 영상에 대한 평가점수에 가까운 평균값을 보였다. 특히 55° 에서 6번 항목의 값(4.9 ± 0.25)을 제외하고 모두 5.0 ± 0.00 으로 나타났고, 60° 에서도 4.8~5.0 사이의 값을 나타내어 표준 영상과 가장 유사한 평가점수로 평가되었다. 또한, 각 그룹 간의 사후분석 결과에서도 표준 영상과 동일한 그룹으로 나타났다($p < 0.01$), [Table 4]. 그리고 50° 보다 낮은 각도에서는 4번째 평가항목을 제외하고 각도가 낮아질수록 영상평가에 대한 평가점수가 낮게 나타났다.

Table 2. Descriptive statistics on image evaluation scores for each angle and reliability analysis results between raters

Question	Measure	Time	Foot oblique angle (score)										ICC	
			20	25	30W	30	35	40	45	50	55	60		65
1	a		2.0±0.00	2.8±0.44	5.0±0.00	3.8±0.44	3.6±0.54	3.8±0.44	4.6±0.54	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	.955
	b		1.0±0.00	1.2±0.44	5.0±0.00	2.2±0.83	2.6±0.54	2.6±0.54	4.2±0.44	4.8±0.44	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	
	c		1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	4.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	
2	a		1.2±0.44	2.0±0.70	4.4±0.54	2.6±1.14	2.4±0.54	2.6±0.54	4.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	4.6±0.54	4.4±0.54	.961
	b		1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	1.0±0.00	1.2±0.44	2.2±0.83	4.0±0.00	4.6±0.54	5.0±0.00	4.8±0.44	3.8±0.44	
	c		1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	
3	a		1.2±0.44	2.0±0.70	4.6±0.89	2.0±0.10	1.6±0.89	1.8±0.83	2.8±1.09	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	4.6±0.89	.963
	b		1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	3.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	4.8±0.44	
	c		1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	
4	a	5	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	1.00
	b		5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	
	c		5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	
5	a		1.0±0.00	2.6±0.89	4.6±0.54	2.0±1.00	1.4±0.54	2.0±0.70	3.8±0.44	5.0±0.00	5.0±0.00	4.8±0.44	4.6±0.54	.965
	b		1.0±0.00	1.2±0.44	5.0±0.00	1.0±0.00	1.2±0.44	1.6±0.54	3.0±0.70	3.8±0.44	5.0±0.00	5.0±0.00	4.0±0.00	
	c		1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	4.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	
6	a		1.0±0.00	2.2±0.44	5.0±0.00	1.4±0.89	1.2±0.44	2.0±0.70	2.8±0.83	3.8±0.44	4.8±0.44	4.6±0.89	4.6±0.54	.958
	b		1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	1.0±0.00	1.2±0.44	3.8±0.44	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	
	c		1.0±0.00	1.0±0.00	5.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	2.0±0.00	4.0±0.00	4.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	5.0±0.00	

1. The number of questions 1-6 is the image evaluation score, and the unit is score.
 2. In this table 'a', 'b', and 'c' mean evaluators.
 3. The foot oblique angle was changed up to $20^\circ \sim 65^\circ$, and 30W was set as the image for image evaluation as it was acquired by placing a 30° wedge under the foot phantom.
 4. All measured values were expressed as mean±SD, ICC was intra-class correlation coefficient, and p-value of all ICC was $p < 0.01$.

Table 3. Reliability analysis results between measures about nut length

Question	Measure	Time	Foot oblique angle										ICC	
			20	25	30W	30	35	40	45	50	55	60		65
7 (mm)	a	5	9.2±0.17	9.3±0.10	9.3±0.13	9.1±0.19	9.3±0.10	9.3±0.23	9.4±0.10	9.7±0.12	9.5±0.20	9.2±0.10	9.2±0.15	.629
	b		9.1±0.05	9.0±0.04	9.4±0.00	9.1±0.04	9.2±0.00	9.2±0.00	9.5±0.00	9.4±0.13	9.4±0.00	9.4±0.00	9.1±0.04	
	c		9.4±0.04	9.4±0.12	9.5±0.07	9.3±0.16	9.4±0.05	9.4±0.05	9.5±0.16	9.5±0.11	9.4±0.08	9.4±0.04	9.4±0.05	

1. The number 7 is a measure of the length of the nut, and the unit is mm.
2. In this table 'a', 'b' and 'c' mean evaluators.
3. The foot oblique angle was changed up to 20°-65°, and 30W was set as the image for image evaluation as it was acquired by placing a 30° wedge under the foot phantom.
4. All measured values were expressed as mean±SD, ICC was intra-class correlation coefficient, and p-value of all ICC was p<0.01.

Table 4. Qualitative evaluation results for images by angle

Question	Time	Foot oblique angle(score)										ρ	
		20	25	30W	30	35	40	45	50	55	60		65
1	15	1.3±0.48 ^a	1.6±0.90 ^a	5.0±0.00^d	2.6±0.97 ^b	2.7±0.79 ^b	2.8±0.86 ^b	4.2±0.45 ^c	4.9±0.25 ^d	5.0±0.00^d	5.0±0.00 ^d	5.0±0.00 ^d	0.01
2		1.0±0.25 ^a	1.3±0.61 ^a	4.8±0.41^{de}	1.8±0.91 ^b	1.8±0.64 ^b	2.2±0.59 ^b	4.3±0.48 ^c	4.8±0.35 ^c	5.0±0.00^d	4.8±0.41 ^{de}	4.4±0.63 ^{cd}	0.01
3		1.0±0.25 ^a	1.3±0.61 ^a	4.8±0.51^c	1.3±0.72 ^a	1.2±0.56 ^a	1.2±0.59 ^a	3.6±1.18 ^b	5.0±0.00 ^c	5.0±0.00^d	5.0±0.00 ^c	4.8±0.56 ^c	0.01
4		4.9±0.25 ^a	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00^a	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00^a	5.0±0.00 ^a	5.0±0.00 ^a	0.44
5		1.0±0.00 ^a	1.6±0.91 ^b	4.8±0.35^{de}	1.6±0.72 ^b	1.5±0.51 ^b	1.8±0.56 ^b	3.6±0.63 ^c	4.6±0.63 ^{de}	5.0±0.00^{de}	4.9±0.25 ^{de}	4.5±0.51 ^d	0.01
6		1.0±0.00 ^a	1.4±0.63 ^{ab}	5.0±0.00^e	1.4±0.64 ^b	1.4±0.50 ^{ab}	1.6±0.61 ^b	2.6±1.29 ^c	3.8±0.35 ^d	4.9±0.25^e	4.8±0.51 ^e	4.8±0.35 ^e	0.01

1. Among the foot oblique angles, 30W is a standard image using wedge and the difference between this image and the image according to the angle change was compared.
2. Question is the number of questions for image evaluation.
3. p is calculated by one-way ANOVA, post-hoc is used by Duncan

3. 각도 별 너트 지름 평균값 및 확대율 비교

표준 영상에서의 너트 지름의 평균 길이는 9.41±0.10 mm 이었고, 55°와 60° 변형 영상에서 평균적인 너트 지름의 길

이는 9.46±0.12 mm와 9.36±0.09 mm로 나타났으며, 표준 영상과 가장 유사한 통계적 그룹으로 확인되었다. 사후분석에서도 동일한 그룹에 속하였다(p<0.01).

Table 5. Magnification ratio comparison result for images by angle

Foot oblique angle	Time	Nut diameter(mm)				ρ	Magnification
		Mean±SD	Min	Max			
20	15	9.28±0.15 ^{ab}	9.0	9.5	0.01	0.98	
25		9.26±0.16 ^{ab}	9.0	9.5		0.98	
30W		9.41±0.10^{cd}	9.2	9.6		1.00	
30		9.20±0.16 ^a	9.0	9.6		0.97	
35		9.34±0.12 ^{bc}	9.2	9.5		0.99	
40		9.34±0.16 ^{bc}	9.2	9.7		0.99	
45		9.54±0.11 ^c	9.3	9.7		1.01	
50		9.56±0.15 ^c	9.2	9.8		1.01	
55		9.46±0.12^{de}	9.2	9.7		1.00	
60		9.36±0.09^{bcd}	9.2	9.5		0.99	
65		9.29±0.15 ^{ab}	9.1	9.5		0.98	

1. Among the foot oblique angles, 30W is a standard image using wedge and the difference between this image and the image according to the angle change was compared.
2. Magnification is the degree of magnification of the nut diameter based on 30W.
3. p is calculated by one-way ANOVA, post-hoc is used by Duncan.

너트의 확대율을 비교한 결과에서는 표준 영상과 55° 변형 영상이 확대율 1.0으로 동일하게 나타났다[Table 5].

IV. 고 찰

편평족은 일명 ‘평발’이라고 알고 있는 매우 흔한 질환으로 족저부의 내측 종족궁(longitudinal arch)이 소실되어 족저부가 편평하게 되는 변형을 총괄하여 지칭하며 발뒤꿈치가 외반, 거골하 관절의 아탈구, 종족골 관절(metatarsal joint)의 외반 등의 변형을 동반할 수 있다[7]. 인체가 정상적으로 발육하는 과정 중, 종족궁은 유아에게 나타나지 않으며, 대부분 5~6세가 되어서 나타난다. 이 변형은 소아뿐만 아니라 성인에서도 흔히 발견되며 편평족의 분류는 보통 종족궁의 유연성에 의해 분류하는데, 체중부하 시 족저부가 편평해지고 체중부하를 없애면 궁이 나타나는 유연성 편평족(flexible flatfoot)과 체중을 부하하는 것과 상관없이 종족궁이 나타나지 않는 강직성 편평족(rigid flatfoot)으로 나눌 수 있다. 그러나 초기에는 유연성 편평족이었던 것도 시간이 경과되면 조기 퇴행성 변화로 인하여 점차 강직성 편평족으로 변하는 경우가 많다[8].

선천성 기형에 의한 강직성 편평족은 족근골 결합(tarsal coalition)에 의해 발생하는 경우가 있다[9-13]. 뼈와 뼈 사이의 관절은 서로가 분리되어 발의 형태를 이루고 체중을 지탱하며, 관절 사이의 연골에 의해 부드럽게 정상적인 걸음걸이를 형성하는데 중요한 역할을 한다. 그러나 관절 사이에 뼈와 뼈가 결합(bony fusion)되거나 섬유 또는 연골 융합으로 인해 두 뼈가 융합되어 관절의 움직임이 제한되고 통증을 유발하는 족근골 결합이 발생하게 되는 것이다[14,15].

편평족의 진단은 유연성 편평족과 강직성 편평족의 구분을 위해서 족부의 침강도를 확인할 수 있는 체중부하 검사(weight-bearing projection)를 원칙으로 하며 특히 강직성 편평족의 진단을 위해서는 족근골 사이의 관계 및 연부조직의 구조적 변화 유무를 평가하기 위해 체중부하 검사뿐만 아니라 비체중부하 검사인 anteroposterior와 lateral 그리고 oblique projection이 반드시 필요하다. 이렇게 체중부하 검사와 비체중부하 검사가 동반되어 검사가 시행되는 경우 발이 불편하고 움직임에 의한 통증이 있는 환자나 수술을 받은 환자들은 검사를 위해 이동하는 것이 매우 불편할 수밖에 없다. 또한, 이동에 따른 낙상과 장비 부딪힘 사고가 발생할 우려가 있으며, 검사소요 시간도 늘어나면서 검사의 효율성이 저하된다.

이에 본 연구에서는 선 자세에서 여러 체중부하 검사 후

발 안쪽 사방향 검사(foot oblique view)를 장소 이동 없이 선 자세에서 그대로 검사가 가능한 새로운 검사법을 고안해 보고, 적정 기울기를 제시하여 그 유용성을 증명하고자 하였다.

본 연구 결과, 각도별 영상의 정성적 및 정량적 평가에 대한 측정자 간의 신뢰도는 정성적 평가의 ICC는 0.95~1.0으로 높은 신뢰도를 보였고, 통계적으로도 유의하였으며, 모든 영상에서 5번째 종족골의 결절이 중첩 없이 보인다는 결과를 얻을 수 있었다. 6개의 평가항목에서 각도별 영상평가에 대한 평균점수는 55°와 60° 영상에서 4.8~5.0점으로 나타났으며, 이는 표준 영상의 점수와 유사한 결과로 나타났으나, 55°에서 획득한 영상에서 표준 영상과 가장 유사한 영상으로 평가되었다. 하지만, 발의 각도가 50°에서 낮은 각도로 변화할수록 표준 영상과 크게 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. 각도 변화에 따른 영상 변화에 대한 정량적 평가방법으로 너트 길이를 측정하여 그 평균값을 비교분석 하였는데, 표준 영상의 너트 길이는 9.41 ± 0.10 mm, 발의 각도 55° 영상에서 9.46 ± 0.12 mm, 60°의 경우에는 9.36 ± 0.09 mm이었으며, 두 각도의 평균값은 표준 영상의 평균값과 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으며, 사후분석에서도 표준 영상과 55°와 60°의 영상에서 측정된 너트의 길이는 동일한 그룹으로 나타났다.

본 연구의 결과를 통해 표준 영상에서 요구하는 영상평가 기준을 충족시키면서 발의 해부학적 구조의 왜곡을 최소화시킬 수 있는 선 자세 발 사방향 영상 획득을 위한 발바닥의 기울기는 55°~60°임을 알 수 있었다. 본 연구의 의의는 기존에 시행되지 않았던 선 자세에서 발 사방향 영상을 획득하는 방법을 새롭게 제시하고자 진행한 연구로서 정성적, 정량적 평가를 통해 표준 영상과 유사한 영상 구현을 위한 발바닥의 적정 기울기(55°~60°) 및 새로운 검사법의 유용성을 제안하였다는 점이다.

본 연구는 대상을 인체모형 팬텀으로 진행하였기 때문에 추후 실제 사람을 대상으로 진행한다면 더 임상적으로 큰 도움이 될 수 있을 것으로 사료되며, 본 연구 결과를 임상에 적용 시 검사의 재현성 향상을 위해 55°~60°의 wedge나 블록을 적용할 것을 권고한다[16]. 단, 임상적 적용에 대해서는 보다 임상 사례분석과 충분한 자료를 바탕으로 한 추가적인 연구를 통해 임상 적용이 되어야 할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 편평족 환자의 진단을 위한 체중부하 검사 시

환자의 이동 없이 선 자세에서 검사가 가능한 새로운 선 자세 발 사방향 검사법을 새롭게 고안해보고자 시행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

정성적 평가 결과 표준 영상은 4.8~5.0점, 변형 영상 중 55°~60°은 4.8~5.0점으로 통계적으로 유의하게 나타났다. 정량적 평가 결과 너트의 길이는 표준 영상은 9.41±0.10 mm이었고, 55°~60°의 변형 영상은 9.46±0.12 mm, 9.36±0.09 mm로 나타났다.

위의 결과로 보았을 때, 선 자세 발 사방향 검사법 적용 시 발바닥 각도 55°~60°로 검사하는 것이 영상 왜곡이 가장 적으면서, 이 검사법은 임상적 적용 시 환자의 안전과 검사 효율 향상에 도움을 줄 수 있을 것으로 사료 된다.

REFERENCES

- [1] Newman JS, Newberg AH. Congenital Tarsal Coalition: Multimodality Evaluation with Emphasis on CT and MR Imaging. *RadioGraphics*. 2000; 20:321-32.
- [2] Choi YS, Chun TJ. Foot and ankle. *Musculoskeletal radiology*. Seoul: Bummun Education; 2013:745-98.
- [3] Lee TH, Chay SW, Kim HJ. Diagnosis of Flatfoot Deformity. *J Korean Foot Ankle Soc*. 2016;20:1-5.
- [4] Go YR, Joo YC, Lee SK. Radiographic Study of Cobey Method and Modified Cobey Method. *Journal of Radiological Science and Technology* 2019;42(3): 167-73.
- [5] Newman JS, Newberg AH. Congenital tarsal coalition: Multimodality evaluation with emphasis on CT and MR imaging. *Radiographies*. 2000;20:321-32.
- [6] Harris RI, Beath T. Etiology of Peroneal Spastic Flat Foot. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 1948; 30B(4):624-34.
- [7] Kim TK, Park SB, Kang M. A Study on Assessment of Medial Longitudinal Arch by Foot Printing. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 1995;19(1):49-54.
- [8] Park GY, Lee WC. Prevalence of the Flatfoot and Its Relation with the Practice of Wearing Footwear of Primary School Children in Korea. *J. of Korean Acad. of Rehab. Med*. 2001;25(5):867-76.
- [9] Rose GK, Welton EA, Marshall T. The diagnosis of flat foot in the child. *J Bone Joint Surg Br*. 1985; 61:71-8.
- [10] Harris EJ, Vanore JV, Thomas JL, Kravitz SR, Mendelson SA, Mendicino RW, Silvani SH, Gassen SC. Clinical Practice Guideline Pediatric Flatfoot Panel of the American College of Foot and Ankle Surgeons. *Diagnosis and treatment of pediatric flatfoot*. *J Foot Ankle Surg*. 2004;43(6):341-73.
- [11] Miller M, Dobbs MB. Congenital vertical talus: Etiology and management. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23:604-11.
- [12] Lee MS, Vanore JV, Thomas JL, Catanzariti AR, Kogler G, Kravitz SR, et al. Clinical Practice Guideline Adult Flatfoot Panel. *Diagnosis and treatment of adult flatfoot*. *J Foot Ankle Surg*. 2005;44:78-113.
- [13] Kim SJ, Lee BG, Sung IH. Adult flatfoot. *Journal of the Korean Medical Association* 2014;57(3): 243-52.
- [14] Leonard MA. The inheritance of tarsal coalition and its relationship to spastic flatfoot. *J Bone Joint Surg Br*. 1974;56:520-26.
- [15] Wray JB, Herndon CN. Hereditary transmission of congenital coalition of the calcaneus to the navicular. *J Bone Joint Surg Am*. 1962;45:365-72.
- [16] Kim HG, Yoon JH, Choi SD. Study on 3D printer production of auxiliary device for upper limb for medical imaging test. *J Radiol Sci Technol*. 2015; 38:389-94.

구분	성명	소속	직위
제1저자	김민석	삼성서울병원 영상의학과	방사선사
교신저자	주영철	삼성서울병원 영상의학과	방사선사/박사
공동저자	이승근	삼성서울병원 영상의학과	방사선사