

A Composite DorsoPlantar Axial X-ray Projection Study on the Bones of the Whole Infant's Foot

Yun Park¹, Byung-Ju Ahn^{2,*}

¹Department of Early Child Education, Nambu University

²Department of Radiology, Nambu University

Received: September 10, 2021. Revised: December 29, 2021. Accepted: December 31, 2021.

ABSTRACT

A Study that Cronbach Alpha values were Significantly higher at 0.813 in the Composite AP axial Radiography Signal to Noise Ratio(SNR) for Evaluating uniform Density and Advanced Images of the Entire Foot without overlap with the legs. The Subjective Evaluation ROC also scored a high score of 18 on Foot Calcaneus bone 10° from the Foot Metatarsal bone, and 18 on the Examination by tilting the Sharpness X-ray Tube 20° from the Foot Calcaneus bone. Results show uniform Density and images at 10° rearward of Foot Metatarsal bone and 20° forward of Foot Calcaneus bone during the Composite AP axial Radiography X-ray Examination of Infants.

Keywords: Foot Composite, Patient position, Medical Image Evaluation, X-ray tube Angle

I. INTRODUCTION

유아교육법 제정으로 인하여 유아가 유치원에 머무는 시간이 점점 더 늘어나면서 유아를 건강하고 안전하게 보호해야 하는 유치원 교사의 책무도 크게 증가하게 되었다. 아무리 좋은 교육 프로그램이라 하더라도 유아의 건강과 안전을 보장할 수 없는 경우에는 모든 교육적 노력이 허사로 돌아갈 수 있다^[1]. 특히, "2019 개정 누리교육과정"에서는 유아와 놀이 중심의 의미와 가치를 강조하고 있어서 몸을 어떻게 조절해야 넘어지지 않을지 혹은 어떻게 피해야 잡히지 않을지 등에 대한 다리 및 발전체의 중요성을 강조하고 있다^[2].

다리는 넓다리뼈, 무릎뼈, 종아리를 형성하는 정강뼈, 종아리뼈, 발뼈 및 그것들을 연결하는 엉덩관절, 개의 짧은뼈로 이루어지며 그 배열 방식은 몸쪽에서 발꿈치뼈 위에 목말뼈가 올라가고 목말뼈 앞에 주상골이 있으며 먼쪽에는 몸쪽·중간·가쪽 췌기뼈 및 입방뼈가 안에서 순서대로 나열되어

있다^[3]. 또한 유아기 때 발 앞쪽에서 통증을 일으키는 질환 중에 가장 많은 것이 엄지 발가락쪽의 휨증이다^[4]. 유아들이 발에 병변이나 상처, 골절 또는 평발검사를 위해 병원에 내원하여 발(Foot) X-ray 촬영을 하며 발 X-ray 촬영법에서 발 합성 전후측 방향 촬영을 한다. 발 합성 전후측방향 촬영은 발 뼈가 다리와 겹침이 없는 다리의 마스크효과(보이지 않게)^[5]와 발가락뼈와 발허리뼈, 발목뼈가 전체적으로 균일한 농도를 얻기 위한 촬영법이다. 그러나 유아들은 발에 발가락뼈, 발허리뼈, 발목뼈가 선명하게 확인되지 않는다. 발 전체뼈의 균일한 농도와 선명한 영상을 획득하기 위하여 환자 자세와 엑스선관 기울기 각도를 다르게 하여 촬영하여야 한다. 따라서 본 연구는 유아 발 팬텀과 방사선 촬영 장치를 이용하여 엑스선관 각도를 머리쪽과 발쪽으로 다양한 각도를 주어 촬영한 영상을 대학병원 방사선사의 주관적(Receiver Operating Characteristic; ROC)평가와 객관적평가, 신호대잡음비(Signal Noise Ratio; SNR)를 구하여 평가하였다. 본 연구에

* Corresponding Author: Byung-Ju Ahn

E-mail: anju6010@nambu.ac.kr

Tel: +82-6744-7575

서는 유아 발뼈의 골절로 인하여 병원 내원 시 엑스선 촬영에 가장 알맞은 촬영 각도에서 유아발의 선예한 영상을 얻어 정확한 진단을 하기 위함이다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험기기 및 재료

주관적 평가는 유아 발 합성 전후측방향 촬영 영상을 검사하기 위해서 Fig. 1과 같이 일반촬영장치 (DK II-525)를 이용하였으며, Foot Rando Phantom을 사용하여 46 kVp, 8 mAs 촬영조건으로 영상을 획득하였다. 엑스선관과 검출기의 촬영거리는 100 cm로 설정하였다. 영상획득장치로는 AGFA CR 85-X를 사용하였다.

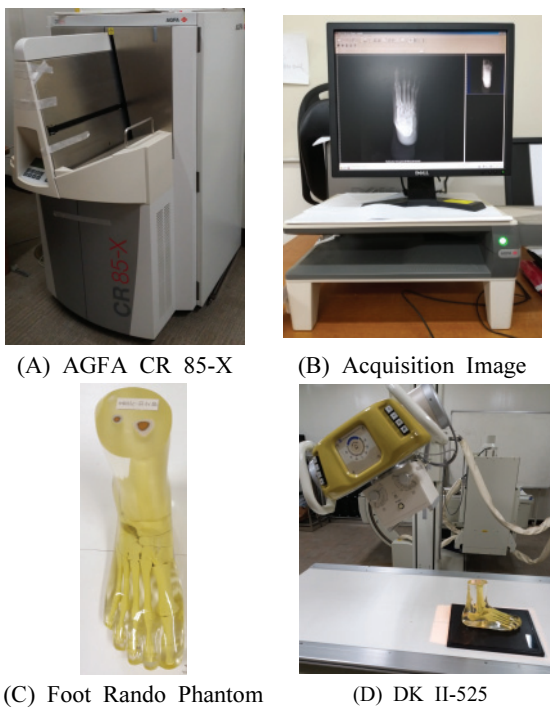


Fig. 1. Experiment Material.

객관적 평가는 획득된 영상의 신호대잡음비 (Signal to Noise Ratio; SNR)를 평가하기 위해 Fig. 2와 같이 Image J Program을 이용하였다. 통계적 분석은 주관적 평가를 통하여 수집된 데이터를 SPSS ver. 3.0을 사용하여 ICC test를 시행하였다^[3].

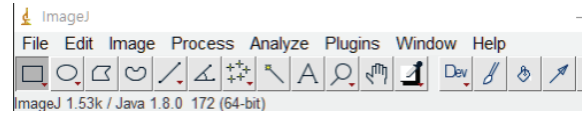


Fig. 2. Image J Program.

급내상관계수(Intraclass Correlation Coefficient; ICC)는 반복성과 재현성을 평가하는데 일반적으로 사용되는 지표이며 연속 측정법에서 신뢰도는 변수분석을 통한 Cronbach Alpha 값으로 획득된다.

Table 1. Cronbach Alpha Value

Cronbach Alpha	Internal Consistency
$a \geq 0.85$	Excellent (high-stakes Testing)
$0.68 \leq a < 0.85$	Good (low- stakes Testing)
$0.58 \leq a < 0.69$	Acceptable
$0.48 \leq a < 0.59$	Poor
$a < 0.6$	Unacceptable

2. 실험방법

2.1 주관적 평가

발 합성 전후측방향 X-ray 촬영에서 첫번째 촬영은 Foot Phantom에서 엑스선관을 발의 셋째 발허리뼈 중심선에서 발뒤꿈치뼈를 향하여 5°, 10°, 15° 촬영한 후 각각 4매씩 12매의 영상을 획득하였다.

두 번째 촬영은 엑스선관을 환자의 뒤로 이동시켜 중심선은 발꿈치뼈에서 앞쪽을 향하여 10°, 15°, 20° 촬영한 후 각각 4매씩 12매, 총 24매 영상을 획득한 후 대학병원 소속 영상의학과 5명의 방사선사가 평가하였다.

2.2 객관적 평가

정량적 화질을 평가하기 위하여 Image J Program을 이용하여 신호대잡음비(SNR)를 계산하였다. 발 합성 전후영상에서 발전체가 다리와 겹침이 없는 측방향 촬영상으로 나타나 발전체의 뼈 및 뼈관절 사이의 변형성 질환, 골절 등 발가락뼈, 발목뼈, 발배뼈, 발허리뼈, 발꿈치뼈가 균일한 농도와 선예한 영상이 나타났는지 ROI를 설정한 후 ROI 영역 내의 영상신호 평균값(Mean 값)과 표준편차(SD 값)를 측정하여 신호대잡음비(SNR)를 평가지표로 활용하였다.

3. 평가방법

3.1 주관적 평가

대학병원 소속 영상의학과에서 10년 이상 근무한 방사선사 5명이 평가하였으며 평가 기준으로는 첫 번째, 발가락마디뼈, 발허리뼈, 발허리뼈, 안쪽 쇄기뼈, 중간쇄기뼈, 가쪽쇄기뼈, 발꿈치뼈 등이 다리와 겹침이 없이 나타나야 하고 유효농도 범위 내에서 선명하게 나타나야 한다⁶⁾.

두번째, 의심되는 발가락뼈사이관절과 발허리발가락뼈관절이 잘 나타나야 한다. 세번째, 되도록 중심 엑스선의 중심선과 각도가 정확히 나타났는지, 네번째, 발가락뼈와 먼쪽 발허리뼈몸통의 오목부가 대칭으로 나타났는지, 다섯번째, 각각의 발가락은 연조직의 겹침없이 서로 분리되어 나타났는지, 여섯번째, 영상 안에 연조직의 가장자리가 섬세하게 나타나야 한다⁷⁾. 일곱번째, 종자뼈는 첫째발허리뼈머리를 통해 나타났는가의 영상을 확인하였다.

평가점수는 5점(아주 좋음), 4점(좋음), 3점(보통), 2점(나쁨), 1점(아주나쁨)으로 책정하였다.

3.2 객관적 평가

아날로그와 디지털영상에서 신호대잡음비(SNR)는 신호대잡음의 상대적인 크기를 측정하는 것으로 데시벨(dB)이라는 단위가 사용되며, Eq. (1)을 이용하여 구한다.

기준영상보다 비교영상의 신호대잡음비(SNR)가 클수록 잡음이 적고 신호량이 많아 영상의 해상력이 좋다.

$$SNR = \frac{ROI_{Mean}}{ROI_{SD}} \quad (1)$$

III. RESULT

본 연구는 전후측방향 촬영으로 발을 구성한 뼈와 발허리뼈, 발가락뼈, 발목뼈의 발전체가 다리와 겹침 없이 선명한 영상을 얻어 진단하고자 한다.

Foot Rando Phantom과 일반촬영장치(DK II-525)를 이용하여 영상을 Fig. 3, 4와 같이 획득하였다.

주관적 평가는 ROC(Receiver Operating Characteristic)를 이용하여 임상경력 10년 이상 방사선사 5명에게 평가를 요청하였으며, 평가는 엑스선관을 발허리뼈에서 발꿈치뼈를 향하여 10° 기울여 검사 시 18점을 얻어 가장 높은 점수를 받았으며 Table 2로 나타내었다. 엑스선관을 환자의 뒤쪽으로 이동시켜 발뒤꿈뼈에서 발허리뼈를 향하여 20° 기울여 검사 시에 18점으로 가장 높은 점수를 얻어 Table 3으로 나타내었다. 또한 객관적 평가를 위하여 Fig. 3, 4를 이용하여 Fig. 5, 6과 같이 신호대잡음비(SNR)를 산출했다.

영상신호평균값(Mean 값)과 표준편차(SD 값)를 획득하기 위하여 1554 mm² ROI를 설정하였다. 엑스선관을 발허리뼈에서 발꿈치뼈를 향하여 10° 기울여 검사 시 신호대잡음비(SNR)가 5.948로 가장 높았으며 Table 4로 나타내었다. 또한 엑스선관을 환자의 뒤로 이동시켜 중심선은 발꿈치뼈에서 발허리뼈를 향하여 20° 기울여 검사 시 신호대잡음비(SNR)가 6.957으로 가장 높았으며 Table 5로 나타내었다.

Table 2. Foot Metatarsals posterior Evaluation core of Radiological Technologists

Evaluation Head Projection	Evaluation score of 5 radiological technologists					Evaluation score
	a	b	c	d	e	
Foot 5°	2	3	2	2	3	12
Foot 10°	4	4	4	3	3	18
Foot 15°	3	3	3	3	2	14
Evaluation score	10	10	9	8	8	30

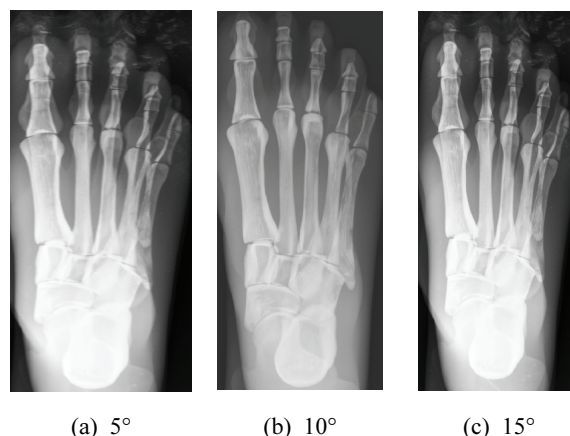
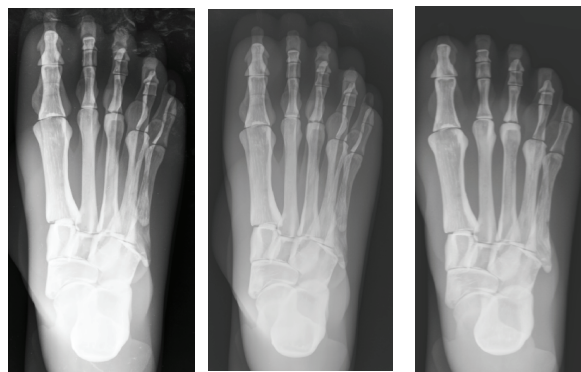


Fig. 3. Foot Metatarsals - posterior Projection

Table 3. Foot Calcaneus - anterior evaluation core of radiological technologists

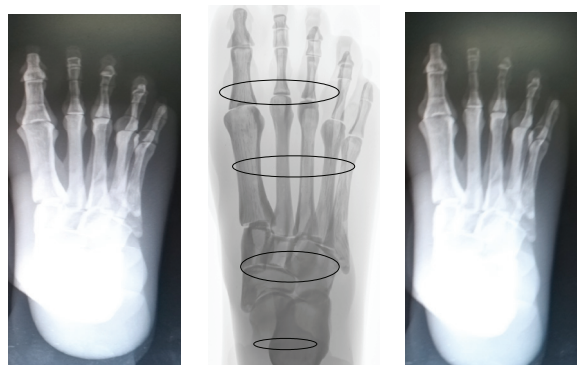
Evaluation Head Projection	Evaluation score of 5 radiological technologists					Evaluation score
	a	b	c	d	e	
Foot 10°	3	3	3	2	1	12
Foot 15°	3	3	2	3	3	14
Foot 20°	4	4	3	3	4	18
Evaluation score	10	11	8	8	8	44



(a) 10° (b) 15° (c) 20°
Fig. 4. Foot Calcaneus - Anterior Projection

Table 4. Foot Metatarsals - posterior projection Image SNR

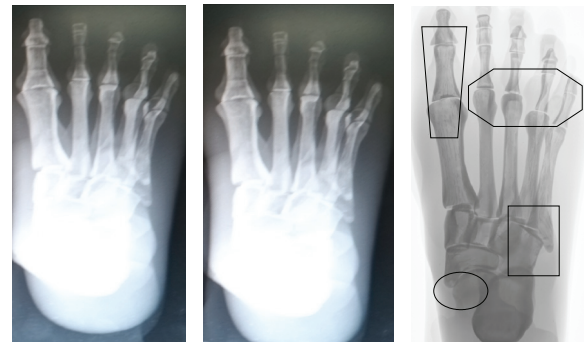
	Area	Mean	SD	SNR
Foot 5°	1554	182.964	35.214	4.386
Foot 10°	1554	163.213	28.456	5.948
Foot 15°	1554	198.214	42.524	4.722



(a) 5° (b) 10° (c) 15°
Fig. 5. Foot Metatarsals - posterior Projection Imaging ROI.

Table 5. Foot Calcaneus - anterior projection Image SNR

	Area	Mean	SD	SNR
Foot 10°	1647	172.971	42.015	4.938
Foot 15°	1647	183.240	45.346	5.420
Foot 20°	1647	203.005	52.197	6.957



(a) 10° (b) 15° (c) 20°

Fig. 6. Foot Calcaneus - Anterior Projection Imaging ROI.

통계적 분석결과 Table 6과 같이 Cronbach Alpha 값이 0.813로 산출되었다. 0.74 이상이므로 신뢰도가 매우 좋으므로 평가할 수 있다.

Table 7과 같이 유의확률(p)이 0.32로 통계적으로 유의하다.

Table 6. Reliable Statistics

Cronbach Alpha	항목수
0.813	7

Table 7. Intraclass Correlation Coefficient (ICC)

	Single Measures	Average Measures
Intraclass Correlation	0.38	0.664
95% Confidence Interval	Lower Bound	-0.032
	Upper Bound	0.855
F Test with True Value 0		3.98
		4
		7
		0.32

IV. DISCUSSION

다리에서 발을 이루는 뼈는 발가락뼈, 발허리뼈, 췌기뼈, 입방뼈, 발배뼈, 발목뼈로 이루어지며 진단을 위해 발 합성 전후측방향을 촬영한다. 발허리뼈, 발목뼈 등은 피사체 두께가 다르기 때문에 촬영목적에 따라 부위별로 적합한 촬영조건으로 촬영하는 것이 중요하다. 발의 형태 변화로써는 안쪽기형과 가쪽기형, 뼈의 위치 변화로써는 외상성 탈구, 뼈의 뼈밀도 구조 변화로써는 염증, 종양 등을 들 수 있다. 이 외에 관절에 대해서는 관절 열극의 확대, 협소화, 관절이 닿는 면의 경화, 연화의 상태, 관절내의 유리된 뼈조각 등을 관찰하고 있다. 이런 점에서 볼 때 촬영자세는 해부학적으로 바른 위치로 촬영되는 것이 바람직하며 뼈밀도와 연부조직이 관찰되기 쉽도록 높은 대조도의 영상이 바람직하다⁸⁾. 일반적인 성인의 발 합성 전후측방향 X-ray 촬영방법은 선자세에서 첫번째 촬영시 중심선은 셋째 발허리뼈 바닥을 향하여 뒤쪽으로 15°로 입사하고, 두번째 촬영은 엑스선관을 환자의 뒤로 이동시켜 중심선은 앞쪽을 향하여 25°로 발목의 뒷면에 촬영하여 영상을 얻는다⁹⁾. 일반적인 발 X-ray 전후측방향 촬영법은 환자는 앉은 자세나 바로누운 자세로 유지하고 검사쪽 다리의 무릎을 세우고 셋째 발허리뼈 발바닥이 떨어지지 않을 정도로 발목관절을 펴고, 발과 IR면의 장축이 일치하도록 조정하여 셋째 발허리뼈 바닥을 향하여 발뒤꿈치 방향으로 IR면에 대해 10°로 입사하여 영상을 얻으나 유아 발 합성 전후측방향 촬영은 발가락뼈, 발허리뼈, 발목뼈, 발꿈치뼈가 두께차이에 의하여 균일한 농도를 얻기가 어려워 세밀한 영상관찰이 어렵고 특히나 세로발바닥활 영상관찰을 위한 종족궁 측방향 촬영법과 함께 평발검사에서는 세밀한 영상이 요구된다.

유아 발은 X-ray 노출과 영상판(Image Plate; IP) 크기는 8*10인치로 가로방향으로 하거나 발이 큰 경우에 10*12인치의 낮은 증감지와 카세트를 촬영대 위에 올려놓고 사용 관전압은 46 kVp 범위로 하여, 엑스선관 초점-영상면사이의 거리(SID)는 약 100 cm로 하여 촬영한다¹⁰⁾. 연구자는 유아 발 합성 전후측방향 촬영에서 발허리뼈, 발가락뼈, 발목뼈

의 발전체가 다리와 겹침이 없는 진단에 적합한 영상을 얻고자 발 팬텀(Foot Rando Phantom)과 일반 촬영장치(DK II-525)를 이용하여 Fig. 3, 4와 같이 영상을 획득하였다. 촬영방법으로 첫번째 촬영은 엑스선관 각도를 발허리뼈에서 발꿈치뼈로 5°, 10°, 15° 각도를 주어 촬영하고 이어서 엑스선관을 뒤로 이동하여 발꿈치뼈에서 발허리뼈로 10°, 15°, 20° 각도로 입사하여 각각 총 24매를 얻었다. 주관적 평가는 ROC(Receiver Operating Characteristic)를 사용하여 평가하도록 임상경력 10년 이상 방사선사 5명에게 평가를 요청하였으며, 평가한 유아발 합성 전후측방향 촬영의 영상에서 첫번째 촬영 시 중심선은 셋째 발허리뼈 향하여 뒤쪽으로 10° 촬영시 18 점을 얻어 가장 높은 점수를 받았으며 Table 2로 나타내었다. 또한 두 번째 촬영은 엑스선관을 발뒤꿈치 뒤쪽으로 이동시켜 발목의 뒷면에서 앞쪽을 향하여 20°로 입사하여 촬영한 영상평가점수가 18 점으로 가장 높은 점수를 얻어 Table 3으로 나타내었다. 또한 단층촬영, 누공조영, CT, MRI 등의 영상검사도 진단에 도움이 된다¹¹⁾. 특히나 발허리뼈, 발목뼈 등은 피사체 두께가 다르기 때문에 각 촬영 목적 부위에 따라 가장 적합한 방사선 농도를 얻어 진단을 위한 촬영법인 발 합성 전후측방향 촬영의 연구를 위해 Foot Rando Phantom을 이용하여 다리의 마스크효과(보이지 않게)¹²⁾ 촬영하여야 한다. 특히 유아는 방사선 감수성이 성인보다 더욱 예민하기 때문에 각별한 피폭 관리가 필요하다¹³⁾. 본 논문은 Foot Rando Phantom을 이용하여 연구한 것으로 실제 임상두께의 차이가 밀접한 관계가 있기에 이를 고려하지 않고 평가한 점은 아쉬움이 많다. 향후 위의 사항들에 대하여 추가로 연구할 필요가 있을 것으로 판단된다.

V. CONCLUSION

본 연구는 유아 발의 합성 전후측방향 촬영에서 발전체가 다리와 겹침이 없는 균일한 농도와 선예한 영상을 평가하기 위하여 ROC와 SNR 분석 결과 Cronbach Alpha 값이 0.813로 유의하게 높았으며 신호대잡음비(SNR)의 연구에서는 엑스선관을 발허리뼈에서 발꿈치뼈로 향하여 10° 기울여 검사 시 5.948 높게 나타났고, 뒤꿈치뼈에서 발허리뼈를 향

하여 엑스선관을 20° 기울여 검사 시 6.957로 가장 높았다. 또한 주관적평가 ROC는 발허리뼈에서 발꿈치뼈 10° 기울려 검사 시 18점의 높은 점수를 얻었으며 발꿈치뼈에서 발허리쪽뼈를 엑스선관을 20° 기울려 검사 시 18점을 얻어 높은 평가를 얻었다.

유아 발 합성 전후축방향 검사 시 엑스선관을 발허리뼈 뒤쪽으로 10° 기울였을 경우와 발꿈치뼈에서 전방으로 20° 기울였을 때 균일한 농도와 선명한 영상을 얻을 수 있다.

Acknowledgement

이 논문은 2020년도 남부대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

Reference

- [1] M. S. Choi, Y. H. Jung, *Child health education*, pp. 10-11, 2010.
- [2] Ministry of Education, Data for understanding the Nuri course play revised in 2019, pp. 11-12. 2019.
- [3] S. S. Lee, *Anatomy Physiology*, Book publishing medical academy, pp. 102-04, 2014.
- [4] O. J. Ju, *Humens Anatomy made Incredibly Easy 1th Edition*, Academy of Books Publishing, pp. 183-186, 2020.
- [5] J. Y. Yun, *Radiographic Imaging 3th Edition*, Book Publishing College Seorim, pp ,155-157, 2014.
- [6] S. T. Lee, *Workbook Radiographic Positioning clinical diagnosis 1th Edition*, Chung-Ku Publisher, pp. 229-237, 2018.
- [7] S. T. Lee, *TEXTBOOK OF radiographic Positioning clinical diagnosis 5th Edition*, Chung-Ku Publisher, pp. 264-265, 2017.
- [8] S. T. Lee, *TEXTBOOK OF radiographic Positioning clinical diagnosis 5th Edition*, Chung-Ku Publisher, pp. 248-249, 2017.
- [9] S. T. Lee, *TEXTBOOK OF radiographic Positioning clinical diagnosis 5th Edition*, Chung-Ku Publisher, pp. 264-266, 2017.
- [10] J. Y. Yun, *Radiographic Imaging 3th Edition*, Book Publishing College Seorim, pp, 147-148, 2014
- [11] S. T. Lee, *TEXTBOOK OF radiographic Positioning clinical diagnosis 5th Edition* Chung-Ku Publisher, pp. 267-268, 2017.
- [12] J. Y. Yun, *Radiographic Imaging 3th Edition*, Book Publishing College Seorim, pp ,142-169, 2014.
- [13] Manoj Sikand, S. Stinchcombe, P. J. Livesley, "Study on the use of gonadal protection shields during paediatric pelvic X-rays", *Annals of the Royal College of Surgeons of England*, Vol. 85, No. 6, pp. 422-425, 2003.
<https://doi.org/10.1308/003588403322520852>

유아 발 전체의 뼈에 대한 합성 전후축방향 엑스선촬영법 연구

박 윤¹, 안병주^{2,*}

¹남부대학교 유아교육과

²남부대학교 방사선학과

요 약

본 연구는 유아 발의 합성 전후축방향 엑스선 촬영에서 발전체가 다리와 겹침 없이 균일한 농도와 선예한 영상을 평가하기 위하여 Receiver Operating Characteristic 와 Signal to Noise Ratio 분석 결과 Cronbach Alpha 값이 0.813로 유의하게 높았으며 신호대잡음비(SNR)의 연구에서는 발허리뼈에서 발꿈치뼈를 향하여 엑스선관을 10° 기울여 검사 시 5.948 높게 나타났으며, 발꿈치뼈에서 발허리뼈를 향하여 엑스선관을 20° 기울여 검사 시 6.957으로 가장 높았다. 또한, 주관적평가에서는 발허리뼈에서 발꿈치뼈로 10° 기울여 검사 시 18점으로 높은 점수를 얻었으며, 발꿈치뼈에서 발허리쪽뼈를 향하여 엑스선관을 20° 기울여 검사 시 18점을 얻었다. 본 연구의 결과 유아 발 합성 전후축방향 검사 시 엑스선관을 발허리뼈 뒤쪽으로 10° 기울였을 경우와 발꿈치뼈에서 전방으로 20° 기울였을 때 균일한 농도와 선예한 영상을 얻을 수 있다.

중심단어: 발합성촬영법, 환자포지션, 의료영상평가, 엑스선관 각도

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	박 윤	남부대학교 유아교육과	부교수
(교신저자)	안병주	남부대학교 방사선학과	부교수