

## Contemplation on Usefulness of Plane Cone for Taking Image of Intercondyloid Fossa

WoonJae Shin

Department of Radiological Technology, Dong-Eui Institute of Technology

### 무릎 과간와(Intercondyloid fossa) 촬영용 평면 Cone의 유용성에 대한 고찰

#### Abstract

There are various Intercondyloid fossa X-ray taking methods. The methods carried out in clinics are Holmblad method, Camp-Coventry method, and Beclere method. Taking image of Intercondyloid fossa is carried a lot as basic examination for diagnosis related to simple fracture and cruciate ligament. Considering the condition and pains of patients, safe method is chosen but because Holmblad method can cause pains to knee part adhering to cassette, it is not easily used. In this study self-produced plane circular cone was attached to a cassette and in the posture for Holmblad method questionnaires of 100 applicants were analyzed to understand cognition on alleviation of pains, and the concentration of image quality by scattering rays was measured with densitometer by taking human body phantom with X-ray. As a result, in the posture for Holmblad method, cognition on pains was alleviated by average 99%, and the change of concentration of X-ray film taken using phantom by scattering rays decreased statistically significantly compared to the cassette which did not use self-produced plane cone, therefore it is thought that the method can be valuably used in clinics.

Keyword : Scatter ray, Knee Intercondyloid fossa, Cone cassette, Densitometry

#### 요 약

무릎 과간와 X선 촬영법은 Holmblad법, Camp-Coventry법, Beclere법의 다양한 방법들이 임상에서 시행되고 있다. 무릎관절의 과간와 촬영은 단순 골절과 십자인대와 관련한 진단에 기본검사로 많이 시행되고 있으며 환자의 상태와 통증을 고려하여 안전한 방법을 선택하게 되는데, Holmblad법은 카세트에 밀착되는 무릎 부위에서 통증을 유발할 수 있으므로 쉽게 사용하지 않고 있다. 본 연구에서는 자체 제작한 평면 원형 cone을 카세트에 부착하여 Holmblad법 자세에서 통증 경감에 대한 인식을 파악하기 위해 100명의 자원자의 설문지를 비교 분석하였고, 산란선에 의한 영상화질의 농도는 인체 팬텀을 X선으로 촬영하여 농도계로 측정 하였다. 그 결과 Holmblad법 자세에서 통증에 대한 인식은 평균

99% 경감되었으며, 팬텀을 이용하여 촬영한 X선 필름에 대한 농도는 자체 제작한 평면 원형 cone을 사용하지 않은 카세트에 비교하여 산란선에 의한 농도변화가 통계적으로 유의하게 감소되어 임상에서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

중심단어: 산란선, 무릎 과간와, Cone 카세트, 농도계

## I. INTRODUCTION

과학의 진보와 국민들의 소득수준이 향상됨에 건강에 관심이 날로 증대되어 진단을 목적으로 시행하는 방사선 촬영 장비가 건강보험심사평가원의 2013년 자료에서 전산화단층촬영 장치를 비롯하여 자기공명영상촬영장치와 양전자방출단층촬영장치가 해마다 증가하고 있다. 영상의학과 장치도 아날로그 촬영에서 디지털 촬영 장치로 변화되어 전체적인 피폭선량 증가를 예상할 수 있다<sup>[1]-[3]</sup>. 의료방사선피폭은 환자가 방사선피폭을 감수하고 얻는 이익이 방사선피폭으로 인한 손실보다 클 경우 X선 촬영의 피폭을 허용하지만 확실적 영향과 비확률적 영향의 발생을 감소시켜야 한다. 국제원자력기구(IAEA) 및 국제방사선방호위원회(ICRP) 등 국외에서 진단방사선 영역에서의 의료 피폭에 대한 권고 선량 및 진단 참고 준위를 제시하고 있다<sup>[4],[5]</sup>. 방사선 검사 시 방사선 촬영장비의 조건, 기기의 노후 정도와 방사선 종사자의 기술적인 방법에 따라 환자가 받는 피폭 선량은 매우 다를 뿐만 아니라 X선 영상의 화질에 대한 연구가 같이 있어야 한다.

X선 영상의 전체 농도는 1차선과 산란선에 의해 형성되고 산란선은 영상의 질적 저하를 초래하므로 영상에 함유되어 있는 산란선에 의한 농도가 어느 정도 포함되었는지, 진단에 미치는 영향이 얼마나 되는지를 아날로그의 필름과 디지털의 영상에서 연구가 있어야 한다. X선 산란선량은 관전압, 조사시간, 조사야 크기, 피사체의 물리적 성질, 피사체 주변 물체 등에 영향을 받아 결정되어 진다<sup>[6]</sup>. 특히 피사체 주변의 카세트와 촬영대에서 발생하는 요인에 대해서는 촬영 시 콜리메이터 조작을 통해 조사야 크기를 검사목적 부위로 최적화시켜 피폭을 감소하는 연구도 있다<sup>[7]</sup>. 하지만 촬영실 내 공간에서는 산란 X선이 존재하고 있다<sup>[8]</sup>는 인식은 관계 종사자들이 가지고 있지만 촬영검사 시 환자의 불편함을 해소하면서 피폭을 저감하는 연구는 미흡하여 이에 대한 적극적인 대처방안이 요구되고

있다.

병원에서 많이 촬영되고 근·골격계 중에서 무릎관절은 운동 시 단순 골절 뿐만 아니라 관절의 중앙에 있는 십자인대 손상을 동반하는 경우가 자주 발생하게 된다. 대체로 인대를 진단할 때는 정밀한 자기공명영상을 이용하지만 특히 십자인대가 연결되는 부위의 뼈 손상은 무릎관절 과간와(Intercondyloid fossa) 측방향 촬영으로 뼈와 관절 상태를 진단하는 목적으로 필수적으로 일반 X선 촬영을 하게 된다. 이 검사법에는 과간와 후전측방향 촬영의 Holmblad 법, Camp-Coventry 법이 있고, 전후 측방향 촬영으로 Beclere 법이 있다.

이에 본 연구에서는 Holmblad 법 촬영에서 환자의 자세가 무릎을 꿇어 엎드린 자세에서 무릎관절 전면 부위가 딱딱한 필름카세트나 테이블에 놓이게 되므로 발생하는 환자의 통증 감소와 더불어 정밀한 진단을 위한 X선 사진과 디지털 영상을 제공하기 위하여 불필요한 산란선을 제거하면서 대조도가 높은 무릎 과간와 촬영용 cone을 자체 제작하여 임상에 유용하게 활용할 수 있는지 평가하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHOD

### 1. 실험 장치

X선 촬영장치는 LISTEM(한국) 회사의 X선 진단용 발생장치(REX-650R)를 사용하였으며, 자동현상기 대성 PRO16(한국), 증감지 KONICA KR-II, 필름은 FUJI HR-A 8×10 inch를 사용하였다.

### 2. 실험 대상

#### 1.1 설문조사

무릎 과간와 후전측방향 촬영의 Holmblad 법으로 건강한 자원자 100명(평균연령 28.62세, 남자 68명, 여자 32명)을 대상으로 무릎을 꿇어 엎드린 자세로 대퇴

골의 중심선에 대해  $70^\circ$ 가 되도록 자세를 조절하였다 [Fig. 1].

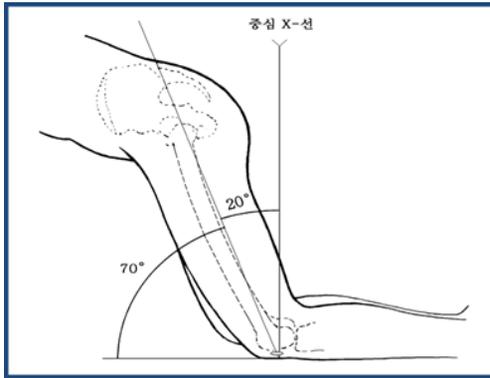


Fig. 1. A schematic diagram of Holmblad method.

일반 X선 필름 카세트와 자체 제작한 스펀지 부착한 무릎 과간와 평면 원형 cone을 X선 필름 카세트 위에 놓고 자세를 취하여 비교 평가하였다[Fig. 2].

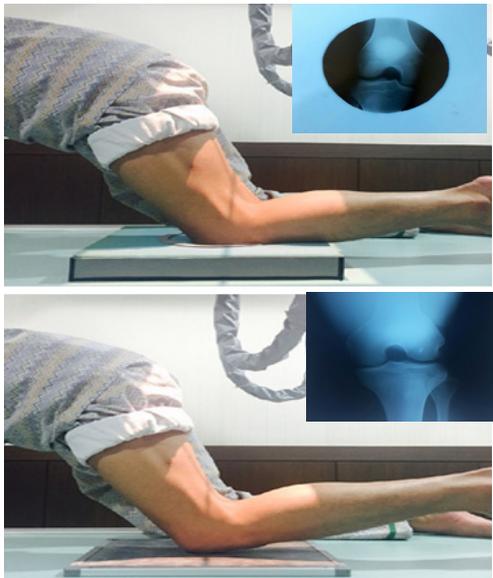


Fig. 2. Patient position of Holmblad. method with cone(upper), without cone(bottom).

## 1.2 전신팬텀

X선 조사에 사용한 인체 전신팬텀은 X선 조사 피사체로서 KYOTO KAGUAKU PBU-50(일본) 모델의 발목부위를 사용하였다. 무릎 부위는 대퇴부와 분리되

는 구조로 인하여 무릎 과간와 자세가 곤란하여 발목 부위에서 무릎 조사조건으로 촬영하였다. 본 실험에서 사용한 촬영조건은 발목부터 무릎 과간와 촬영조건까지 충분히 포함하고 있으므로 자세를 취할 수 없는 팬텀 무릎 과간와 자세의 촬영조건을 대체할 수 있었다. 임상에서 사용되고 있는 발목관절과 무릎관절 촬영조건은 두께에 따라 변화되는 관전압과 관전류량(mA-sec)을 예측하여 설정하였다.

## 3. 실험 방법

무릎 과간와 X선 촬영용은 10×12인치 규격의 0.3mm 두께의 납판을 원형으로 오려내어 4cm 두께의 스펀지를 부착하여 자체 제작하였다[Fig. 3]. 검사조건은 관전압 40 kVp, 45 kVp, 50 kVp, 55 kVp, 60 kVp로 설정하였으며 관전류량은 1.6 mAs, 2.5 mAs, 3.2 mAs로 동일한 거리에서 조사하였다. 조사야는 10×12인치로 일반 필름 카세트와 자체 제작한 무릎 과간와 X선 촬영용 평면 원형 cone을 부착한 필름 카세트에 각 5회씩 총 150매의 필름을 자동현상기를 통하여 현상하여 피사체 주변의 background 두 곳에서 측정하였다.

X선 사진의 농도측정은 Hand-Held Deluxe Digital Densitometer 07-443(FLUKE, USA)를 사용하였다.

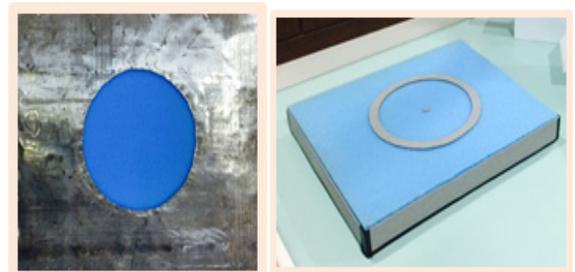


Fig. 3. Self-produced Patient position of Holmblad Method cone.

## 4. 통계분석

설문조사 방법은 일반 X선 필름 카세트와 스펀지 부착한 무릎 과간와 X선 촬영용 평면 원형 cone을 사용한 X선 필름 카세트에 자세를 취한 후 수집된 자료는 5점 척도로 분석하여 평균을 구하였다. Densitometer로 측정된 X선 사진의 농도는 일반 X선 필름 카세트와 평면 원형 cone을 부착한 X선 필름 카세트의 농도

차이를 SPSS(Package for the Social Sciences) PC Package 12.0을 이용하였으며, 독립표본 t-test와 비모수 통계로는 Mann-whitney test로 검정하였다.

### III. RESULTS

#### 1. 설문 조사

X선 촬영대에서 무릎 과간와 후전축방향 촬영의 Holmblad 법의 자세로 건강한 지원자 100명을 대상으로 일반 X선 필름 카세트에서 매우 불편하였다고 응답한 사람이 64%, 불편하였다 31%, 보통이다 5%, 편안하였다, 매우 편안하였다는 한명도 없다. 스펀지 부착한 무릎 과간와 X선 촬영용 평면 원형 cone을 사용한 경우에는 매우 불편하였다고 응답한 사람이 0%, 불편하였다 0%, 보통이다 1%, 편안하였다 12%, 매우 편안하였다 87%로 cone 사용 유무에 따라 차이가 있었다[Table 1].

Table 1. Results for the satisfaction survey of cones used and unused

Cone		Cone	
0	0%	64	64%
0	0%	31	31%
1	1%	5	5%
12	12%	0	0%
87	87%	0	0%

#### 2. 스펀지 부착한 평면 원형 Cone X선 사진

무릎관절의 무릎뼈가 딱딱한 일반 X선 카세트에 닿으면 통증이 유발되어 자세를 유지하기가 어려울 뿐만 아니라 피사체 주변에 산란선에 의한 농도가 증가되어 무릎뼈의 대조도가 낮아지게 된다. 하지만 스펀지 부착한 무릎 과간와 X선 촬영용 평면 원형 cone을 사용한 경우에는 환자에게 통증을 감소시키므로 편안한 자세를 잡기가 쉬울 뿐만 아니라 평면 원형의 cone을 제외한 부분의 납으로 인하여 X선의 1차선과 테이블과 딱딱한 카세트에 의한 2차선 즉 산란선이 제거되어 필름 농도에 영향을 주게 된다. 무릎이나 발목의

해부학 구조 주변 background에 나타나는 농도는 감소되어 무릎 과간와 X선 촬영용 평면 원형 cone을 사용하지 않는 경우와 비교하여 대조도가 증가된 X선 무릎 과간와 사진을 얻을 수 있다[Fig. 4].

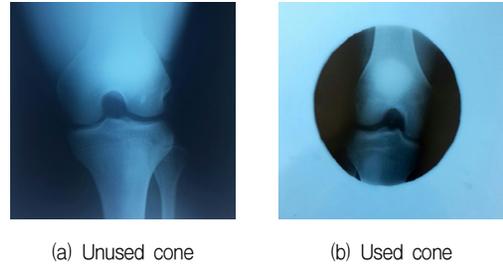


Fig. 4. Knee intercondyloid fossa X ray films.

#### 3. 인체 전신팬텀을 통한 농도 측정

인체 전신팬텀의 KYOTO KAGUAKU PBU-50 모델에서 무릎 부위는 대퇴부와 분리되는 구조로 인하여 무릎 과간와를 보기위한 과간와 후전축방향 Holmblad 법 자세가 곤란하여 발목부위를 사용하여 무릎 촬영 조건으로 사진을 획득하였다[Fig. 5].

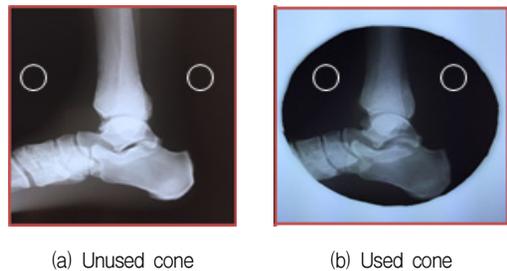


Fig. 5. Ankle X ray films of Phantom.

##### 1.1 일반 카세트의 X선 사진

일반 X선 필름 카세트에서 관전류량이 1.6 mAs에서 관전압이 40 kVp에서 60 kVp까지 5 kVp씩 증가하면서 측정된 사진 농도가 점차적으로 높게 나타났으며, 2.5 mAs와 3.2 mAs에서도 관전압이 높아지면서 사진 농도가 일정하게 증가하였다[Table 2].

Table 2. The result of density base on unused cone in the x ray film

background	40 (kVp)	45 (kVp)	50 (kVp)	55 (kVp)	60 (kVp)
1.6mAs	1.93	2.338	2.644	2.772	2.844
2.5mAs	2.568	2.752	2.84	2.888	2.908
3.2mAs	2.736	2.812	2.876	2.908	2.958

관전류량이 1.6 mAs, 40 kVp에서 사진 농도가 1.93으로 가장 낮게 측정되었으며, 5 kVp씩 증가함에 따라 일정하게 증가하여 60 kVp에서 2.844로 가장 높게 측정되었다. 관전류량 2.5 mAs에서는 40 kVp가 가장 낮게 측정되었으며, 관전압이 증가함에 따라 사진 농도가 증가하였으나 50 kVp부터는 증가폭이 감소하였다. 3.2 mAs에서도 40 kVp가 가장 낮게 측정되었지만, 45 kVp부터 60 kVp까지 측정된 농도가 2.5 mAs와 거의 일치하였고, 60 kVp에서 관전류량에 관계없이 거의 일치되는 그래프로 나타났다[Fig. 6].

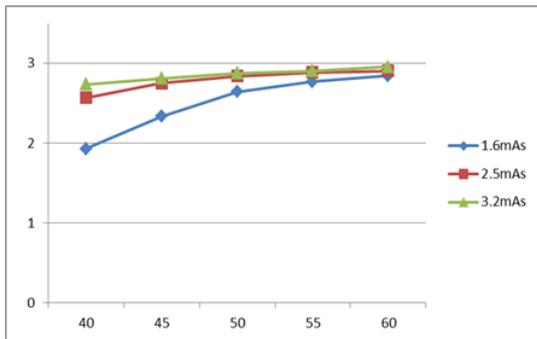


Fig. 6. Comparison of the density of the kVp and mAs on unused cone.

### 1.2 자체 제작한 평면 원형 cone의 X선 사진

스폰지 부착한 무릎 과간과 X선 촬영용 평면 cone에서도 1.6 mAs, 2.5 mAs, 3.2 mAs의 관전류량에서 40 kVp에서 60 kVp까지 5 kVp씩 증가하면서 측정하였다 [Table 3].

Table 3. The result of density base on used cone in the x ray film

background	40 (kVp)	45 (kVp)	50 (kVp)	55 (kVp)	60 (kVp)
1.6mAs	1.948	2.282	2.496	2.574	2.64
2.5mAs	2.442	2.552	2.644	2.654	2.678
3.2mAs	2.574	2.618	2.646	2.884	2.934

관전류량이 1.6 mAs의 40 kVp에서 사진 농도가 1.948로 가장 낮게 측정되었고, 5 kVp씩 증가함에 따라 일정하게 증가하여 60 kVp에서 2.64로 가장 높게 측정되었다. 관전류량 2.5 mAs에서는 40 kVp가 가장 낮게 측정되었으며, 관전압이 증가함에 따라 사진 농도가 다소 증가하였으나 50 kVp부터 증가폭이 감소되었고, 60 kVp에서는 1.6 mAs의 60 kVp와 비슷하게 일치되게 측정되었다. 관전류량 3.2 mAs에서는 40 kVp가 가장 낮게 측정되어 50 kVp까지 2.5 mAs와 거의 일치하였으나 50 kVp부터 60 kVp까지는 1.6 mAs와 2.5 mAs와 다르게 증가하는 그래프로 나타났다[Fig. 7].

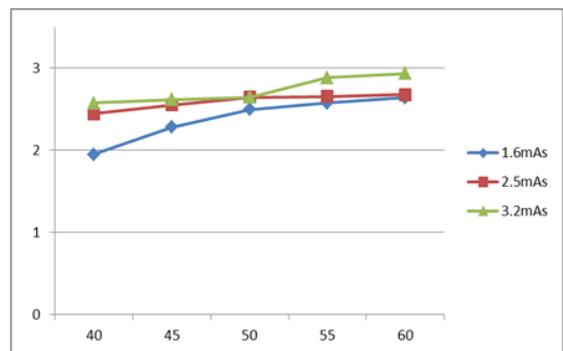


Fig. 7. Comparison of the density of the kVp and mAs on used cone.

### 4. 자체 제작한 평면 원형 Cone 사용과 미사용 시 모수적 검정과 비모수적 검정

스펀지를 부착하여 자체 제작한 무릎 과간과 X선 촬영용 평면 원형 cone을 사용하여 일반 X선 카세트에서 측정한 농도의 차이를 검정하기 위하여 독립표본 t-test를 이용하였으며, 도출된 검정통계량은 아래 표와 같다[Table 4].

Table 4. Comparison of the density of the kVp and mAs on used cone.

	1.6 mAs		2.5 mAs		3.2 mAs	
	cone	cone	cone	cone	cone	cone
40kVp	1.94±0.01	1.95±0.02 <sup>***</sup>	2.43±0.02	2.56±0.010 <sup>***</sup>	2.57±0.01	2.73±0.01 <sup>***</sup>
45kVp	2.28±0.02	2.34±0.02 <sup>***</sup>	2.55±0.01	2.75±0.012 <sup>***</sup>	2.62±0.01	2.81±0.05 <sup>***</sup>
50kVp	2.49±0.02	2.63±0.02 <sup>***</sup>	2.64±0.00	2.84±0.01 <sup>***</sup>	2.65±0.02	2.88±0.03 <sup>***</sup>
55kVp	2.57±0.00	2.78±0.00 <sup>***</sup>	2.65±0.01	2.89±0.01 <sup>***</sup>	2.89±0.03	2.90±0.01 <sup>***</sup>
60kVp	2.64±0.01	2.84±0.01 <sup>***</sup>	2.68±0.01	2.91±0.01 <sup>***</sup>	2.93±0.01	2.96±0.00 <sup>***</sup>

Values are mean±SD  
Statistical difference is shown as \*\*: p<0.01, \*\*\*: p<0.001

두께가 일정한 팬텀에서 관전류량이 낮은 1.6 mAs, 40, 45, 50, 55, 60 kVp 에서 모수적 검정과 비모수적 검정에서 cone을 미사용한 군이 cone 사용군에 비해 각각 0.02, 0.06, 0.14, 0.21, 0.2씩 유의하게 높았다(p<0.001). 2.5 mAs에서는 cone을 미사용한 군이 cone 사용군에 비해 각각 0.13, 0.26, 0.20, 0.24, 0.23씩 유의하게 높았으며(p<0.001), 3.2 mAs에서는 cone을 미사용한 군이 cone 사용군에 비해 각각 0.16, 0.19, 0.23, 0.01, 0.03씩 유의하게 높았다(p<0.001). 다만 55 kVp에서만 모수적 검정과 비모수적 검정에서 통계적으로 차이가 없는 것으로 나타났다.

#### IV. CONCLUSION AND DISCUSSION

방사선에 의한 의료피폭은 인위적으로 만들어진 방사선 피폭 중 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 진단용 발생장치의 안전관리에 관한 규칙에서 방사선 방어시설의 검사기준에 누설선량 및 산란선량에 관하여 규정하고 있으며<sup>[9]</sup>, 영상 의학적 검사의 경우 환자의 진단 및 치료에 따른 이득이 손해보다 크다고 간주하여 의료 피폭에 대한 선량 제한을 적용할 수 없다고 하였다<sup>[10]</sup>. 현대의학의 발전과 더불어 방사선을 이용한 디지털 의료장비가 질병 진단과 치료에 활용되면서 아날로그 시대보다 촬영횟수의 증가와 촬영조건의 변화로 방사선에 의한 피폭이 증가하고 있다. X선 촬영 시에 피사체와 주변의 테이블, 카세트 등에서 발생하는 산란선이 X선 필름이나 디지털 장비 영상의 농도에 기여하여 화질저하를 초래하고 있다. X선 투시촬영 시 촬영실 내 산란선 분포에 대한 연구와 흉부 X선 촬영

시 산란선 분포 연구 등이 이루어지고 있다<sup>[11]</sup>. 본 실험과 마찬가지로 산란선을 감소하고자 가열장치를 구비한 탄소발열체의 부착형 X선 촬영대를 고안하여 CR에서 산란선이 감소하였고, DR에서도 광자량의 흡수와 동반되어 산란선이 감소된다고 하였다<sup>[12]</sup>. 전산화단층촬영의 검사조건에서 관전압을 감소함에 따라 피폭 방사선량은 56.8%까지 감소시킬 수 있으며 영상의 질을 저하시키지 않으면서 주변 대조도를 증가시킬 수 있다고 하였다<sup>[13]</sup>. 이러한 의료방사선에 의한 피폭은 확률적 영향에 대한 위험에 문턱선량이 없지만 피폭을 감소시키는 연구는 활발하게 이루어지고 있으나 Cone을 제작하여 산란선을 제거하여 화질을 개선하는 연구는 미흡한 상태이다.

무릎 과간와 촬영의 Holmblad 법은 무릎 과간와 후전축방향 촬영으로 환자가 엎드린 자세에서 X선의 중심선이 수직으로 입사되어 검사하기에 용의하지만, 무릎이 닿는 부위의 통증으로 인한 불편함으로 동일한 검사법의 후전축방향 촬영의 Camp-Coventry 법이 주로 사용되고 있는 추세이다. 하지만 축방향 촬영의 Camp-Coventry 법과 전후 축방향 촬영의 Beclere 법은 수직으로 입사하는 Holmblad 법에 비교하여 정확한 중심 X선을 조사하기가 어려워 재촬영을 하는 경우가 발생하게 된다.

X선 촬영 시 관전압 증가에 따라 전방산란선율은 66~68%로 증가하였으나 높은 관전압에서 팬텀의 선감약계수 감소둔화 및 산란선 발생을 감소, 산란선 에너지 증가 등의 이유로 전방산란율이 점차 포화상태에 이른다고 하였다<sup>[6]</sup>. 조사야 크기는 산란선 발생에 주요 인자가 되므로 콜리메터 조작을 통하여 조사야 크기를 검사 목적부위 만으로 최적화시켜주는 일은 매우 중요한 요인이 될 것이다. X선 촬영에서 조사야 크기를 최적화할 때와 최대화할 때에 피사체 주변에서 발생하는 촬영실 내의 방사선에 의한 산란선량이 약 6~7배 정도 차이가 발생한다고 하였다<sup>[14]</sup>. 사각형으로 조작되는 콜리메터 보다 자체 원형으로 제작한 도구는 노이즈의 공간을 최소화 하여 산란선을 보다 효과적으로 억제할 수 있게 된다. 촬영거리는 디지털 가슴촬영에서 300 cm까지 증가시킴으로 화질의 저하 없이 환자선량을 감소시킬 수 가 있다<sup>[15]</sup>.

자체 제작한 스펀지를 부착한 무릎 과간와 X선 촬

영용 평면 cone은 후전측방향 촬영의 Holmblad 법의 엷드린 자세에서 무릎 부위의 고통을 감소하면서 산란선을 감소시켜 X선 사진과 디지털 영상의 화질을 향상할 수 있다. Holmblad 법의 엷드린 자세를 취한 후 설문조사에서 일반 필름 카세트에서는 편안하다고 응답한 사람은 한명도 없었으며, 보통이다 5명으로 5%, 불편하다 31명의 31%, 매우 불편하다 64명의 64%로 나타났다. 반면에 자체 제작한 스펀지를 부착한 무릎 과간와 X선 촬영용 평면 원형 cone에서는 불편하였다고 응답한 사람은 한명도 없었고, 보통이다 1명의 1%, 편안하다 12명의 12%, 매우 편안하다가 87명의 87%로 전체의 약 99%가 긍정적으로 변화된 것으로 나타났다.

관전압 증가에 의하여 발생하는 산란선이 화질에 미치는 영향과 더불어 관전류량에 의한 영향을 분석하고자 임상에서 사용하고 있는 일반적인 방법과 검사 조건으로 비교하였다. X선 조사야를 10×12인치로 최적화시켜 일반 필름 카세트에 인체 팬텀으로 임상에서 사용하는 무릎 두께의 검사조건으로 촬영한 X선 사진의 농도가 1.6 mAs의 40 kVp에서 5 kVp씩 증가하여 60 kVp까지 1.96, 2.338, 2.644, 2.772, 2.844로 점차적으로 증가되어 나타났으며, 자체 제작한 스펀지를 부착한 무릎 과간와 X선 촬영용 평면 원형 cone에서는 40 kVp에서 1.948로 일반 필름 카세트 보다 높게 나타났으나, 45 kVp에서 60 kVp까지 2.282, 2.496, 2.574, 2.64로 통계적으로 유의하게 낮게 나타났다( $p < 0.001$ ). 이는 자체 제작한 평면 원형 cone 내부에 있는 납에서 산란선이 흡수되어 농도가 감소되어 나타난 것으로 판단된다. 2.5 mAs의 일반 필름 카세트의 40 kVp에서 5 kVp씩 변화하여 60 kVp까지 촬영한 사진 농도는 2.568, 2.752, 2.84, 2.888, 2.908로 1.6 mAs보다는 높게 나타났으며, 자체 제작한 평면 원형 cone의 2.442, 2.552, 2.644, 2.654, 2.678로 관전압이 증가하면서 농도가 증가되었고, 일반 필름 카세트 보다 감소되어 나타났다( $p < 0.001$ ). 3.2 mAs의 일반 필름 카세트의 40 kVp에서 45 kVp, 50 kVp와 60 kVp의 사진 농도는 2.736, 2.812, 2.876로 자체 제작한 평면 원형 cone의 사진 농도가 2.574, 2.618, 2.646, 2.934로 감소되어 유의한 차이를 보였으나 ( $p < 0.001$ ), 50 kVp에서는 2.884로 감소되었지만 통계적으로는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다( $p > 0.130$ ).

제한점으로 자체 제작한 평면 원형 cone을 X선 필름의 사진 농도로만 측정되어 최근 많이 이용되고 있는 디지털 영상으로는 측정하지 않았다.

결론적으로 무릎의 십자인대가 연결되는 기시부의 과간와 골절 및 관절면을 관찰하는 목적으로 검사하는 X선 무릎 과간와 Holmblad 촬영에서 일반 X선 필름 카세트 위에 스펀지를 부착하여 자체 제작한 평면 원형 cone을 사용함으로써 환자에게 고통과 불편함을 경감하면서 편안하게 검사할 수 있는 것으로 확인하였고, 자체 제작한 도구는 조사야 감소와 스펀지 cone 내부의 납에서 산란선이 흡수되어 X선 필름 사진의 피사체 주변 background의 농도가 감소되어 상대적으로 X선 사진의 대조도가 증가되므로 질병을 진단하는 임상에서 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

## Reference

- [1] W. Huda, A. M. Sagewicz, and K. M. Ogedn, "Experimental investigation of the dose and image quality characteristics of a digital mammography imaging system," *Med Phys.*, Vol. 30, pp.442-448, 2003.
- [2] N. A. Gkanatsios, W. Huda, and K. R. Peters, "Effect of radiographic techniques (kVp and mAs) on image quality and patient doses in digital subtraction angiography," *Med Phys.*, Vol. No. 29, pp.1643-1650, 2002.
- [3] A. A. Bankier, C. chaefer-Prokop, and De Maertelaer V, "Air Trapping: Comparison of Standard-Dose and Simulate Low-Dose Thin-Section CT Techniques," *Radiology.*, Vol. 242, pp.898-906, 2007.
- [4] IAEA, "International basic safety standards for protection against Ionizing radiation and for the safety of radiation sources," IAEA safety series., No. 115, 1996.
- [5] ICRP, "Supporting Guidance 2, Diagnostic reference levels in medical imaging : Review and additional advice", ICRP committee., No. 3, 2002.
- [6] Soo-Kyeong Na, Sang-Hyo Han, "A Study on the Factors of Spatial Scattered Ray Occurrence in the X-ray Radiography Room", *Korean Society of Radiological Science.*, Vol. 32, No. 3, pp.393-399, 2009.
- [7] Seong-Kwang Choi, "Change of the Scattered Dose by Field Size in X-ray Radiography", *The Korea Contents Society.*, Vol. 13 No. 3, pp.198-203, 2013.
- [8] D. F. Regulla and Heinrich Eder, *Patient Exposure in Medical*

- X-ray Imaging in Europe, Radiation Protection Dosimetry., Vol. 114, No. 1, pp.11-25, 2005.
- [9] National Institute of Food and Drug Safety Evaluation Medical radiation safety managements Manual, Radiation Safety Management Series No. 23, 2010.
- [10] International Commission on Radiological protection, 2007 recommendations of the International Commission on Radiological protection. ICRP publication., No. 103, 2007.
- [11] Pyong-Kon Cho, "Distribution of the Scatter Ray on Chest X-ray Examinations", The Korea Contents Society., Vol. 12, No. 7, pp.255-260, 2012.
- [12] Jongnam Song, EungKon Kim, "Evaluation of Image Quality according to the Use of Attachable X-ray Table Equipped with Heating Device" Journal of the Korean society of Radiology., Vol. 9, No. 4, pp.219-225, 2015.
- [13] Nakayama Y, Funama M, Hetemura M, Imuta M, Nakaura T, et al, "Abdominal CT with low tube voltage; preliminary observations about radiation dose, contrast enhancement, image quality and noise", Radiology., Vol. 237, pp.945-951, 2005.
- [14] Seong-Kwan Choi, "Change of the Scattered Dose by Field Size in X-ray Radiography" The Korea Contents Society., Vol. 13, No. 3, pp.198-203. 2013.
- [15] Soonmu Kwon, Changhee Park, Jeongkyu Park, Woonheung Song, Jaeun Jung, "The Effect of source to Image-Receptor Distance(SID) on Radiation Dose for Digital Chest Radiography", Journal of the Korean society of Radiology., Vol. 8, No. 4, pp.203-210, 2014.