

## &lt;원저&gt;

## 조리개형 X선 콜리메이터의 개발에 따른 유용성 평가

강인석<sup>1,2)</sup>·박재윤<sup>2)</sup>·임청환<sup>1)</sup>·최재호<sup>3)</sup>·정홍량<sup>1)</sup><sup>1)</sup>한서대학교 보건의료학과·<sup>2)</sup>인천기독병원 영상의학과·<sup>3)</sup>안산대학교 방사선과

## Usability Evaluation by Development of IRIS Type X-ray Collimator

In-Seog Kang<sup>1,2)</sup>·Jae-Yoon Park<sup>2)</sup>·Jae-Ho Choi<sup>3)</sup>·Cheong-Hwan Lim<sup>1)</sup>·Hong-Ryang Jung<sup>1)</sup><sup>1)</sup>Department of Health Care, Hanseo University<sup>2)</sup>Department of Radiology, Incheon Christian Hospital<sup>3)</sup>Department of Radiological Technology, Ansan University

**Abstract** In this study, we evaluated the DAP(Dose Area Product) reduction effect of the newly developed IRIS collimator by measuring the DAP of the Rectangle collimator and the IRIS collimator depending on the field, SID(Source to Image receptor Distance) change, and AEC mode use. The results were as follows.

The IRIS collimator decreased DAP by 34.91, 29.33, and 29.04%, respectively, compared to the Rectangle collimator when the field was increased to 8×8, 12×12, 16×16 inch. And also, when the SID was increased to 100, 120 and 140 cm, the IRIS collimator decreased DAP by 10.73, 33.68 and 46.22%, respectively, compared to the Rectangle collimator.

In AEC mode and none-AEC mode, DAP in IRIS collimator was reduced by 32.71 and 21.69%, respectively, compared with the Rectangle type. The IRIS collimator can reduce DAP by 29.62% on average compared to Rectangle type, which is statistically significant.

These results suggest that the newly developed IRIS collimator can be used in medical field to alleviate radiation exposure.

**Key Words:** Collimator, IRIS, DAP, Radiation field Size, SID

**중심 단어:** 콜리메이터, 조리개, 면적선량, 조사야, 선원 검출기간 거리

## I. 서 론

환자 피폭선량의 감소를 위한 가장 기본적인 방법 중의 하나는 조사야의 크기를 줄이는 방법이다. 조사야의 크기가 줄어들면 표면입사선량(Entrance Surface Dose; ESD)이 감소할 뿐 아니라 산란선의 감소에 따른 대조도가 증가되는 장점이 있다[1]. 따라서 X선 조사야는 검사영역에 의해 항상 제한되어야하며[2] 방사선 촬영 시 발생하는 산란선을 차단하거나 최소화시키기 위한 적절한 대책이 요구되고 있다[3].

검사 부위가 작은 부비강 촬영에 가장 효율적인 조사야는

이론적으로는 원형이 적합하지만 검사 부위가 넓은 경우 Cone과 같은 원형 조사야를 선택하게 된다면 필요 없는 부위까지 피폭되므로 사각형의 조사야가 일반적이다[4].

그러나 산란선의 발생을 줄여주는 Cone의 유용성과 중요성에도 불구하고 매번 교체나 조절해야 하는 사용의 번거로움과 불편함이 있고 원하는 크기의 조절이 불가능하다는 점과 무겁기 때문에 교체가 신속하게 이루어지지 못하는 점으로 인해 Cone의 사용이 점차 줄어들고 있는 추세이다. 이에 불필요한 산란선을 제거하고 Cone의 불편함을 개선하기 위하여 고안된 카메라의 렌즈 조리개 형식으로 내경을 조절하는 부착이 가능한 조리개형 콜리메이터를 개발 및 제작하였다.

Corresponding author: Hong-Ryang Jung, Hanseo University Health and Medical No. 423, 46 Hanseo 1-ro Haemi-myun Sedasan-si, Chungchengnam-do, Korea(31962) / Tel: +82-10-6292-0433 / E-mail: hrjung@hanseo.ac.kr

Received 05 April 2018; Revised 11 May 2018; Accepted 05 June 2018

Copyright ©2018 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

현재 사용되고 있는 사각 콜리메이터(Rectangle Collimator)와 조리개형 콜리메이터(IRIS Collimator)를 사용했을 때 방사선 조사야의 크기 변화와 선원검출기간 거리(Source to Image receptor Distance; SID)의 변화, 자동노출조정장치(Auto Exposure Control; AEC)의 사용 여부에 따른 사각 콜리메이터와 개발된 조리개형 콜리메이터의 면적선량(Dose Area Product; DAP)을 측정하여 조리개형 콜리메이터의 면적선량의 저감 효과와 유용성을 알아보고 실제 임상에 유용하게 활용할 수 있는지 평가하고자 한다.

## II. 대상 및 방법

### 1. 실험 장비

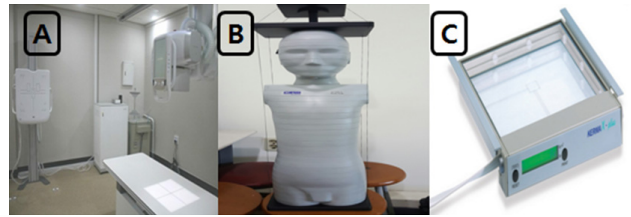
본 연구에 사용된 장비는 Ceiling Digital X-ray GC70 (Samsung, Korea)을 사용하였으며, 팬텀(Phantom)은 소아 10세 팬텀(Model 706-G, CIRS, Norfolk, Virginia)이 사용되었으며, 이는 조직등가물질의 성분으로 이루어져 있는 인체와 동일 구조로 최적화된 팬텀이다. 또한 면적선량의 측정을 위하여 DAP Meter-Kerma X plus IDP(IBA Dosimetry, Germany)를 사용하였다[Fig. 1].

개발한 조리개형 콜리메이터의 구성은 4개의 날개로 구성된 조리개를 2개 만들고 이를 서로 포개어 원형의 방사선 조사야가 나올 수 있도록 설계하였다. 조리개의 날개는 2mm의 납의 앞면과 뒷면을 1mm의 알루미늄으로 덧대어 한 개의 날개의 두께는 총 4mm로 설계되었다. 조리개의 날개에 사용한 납 2mm를 제외한 부분은 60계열의 알루미늄으로 제작하고 불필요한 구조물은 절삭하여 소형화와 경량화 하였다 [Fig. 2].

### 2. 연구방법

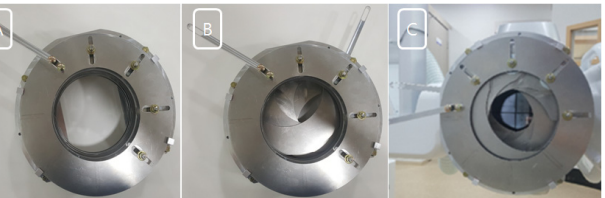
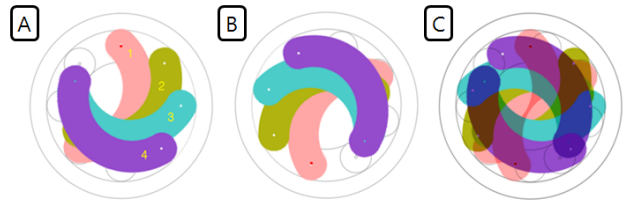
#### 1) 촬영 조건

식품의약품안전처에서 권고하는 두개부 촬영 조건인 72 kVp와 20 mAs를 None AEC 조건으로 선택하였으며, AEC



[A] X-ray equipment [B] Pediatric Phantom [C] DAP Meter

Fig. 1 Experiment equipment



[A] Below aperture structure [B] Upper aperture structure [C] Finished iris structure

Fig. 2 IRIS collimator structure

조건으로는 72 kVp로 고정하고, 중앙 Chamber를 활성화하여 사용하였다[5], <Table 1>.

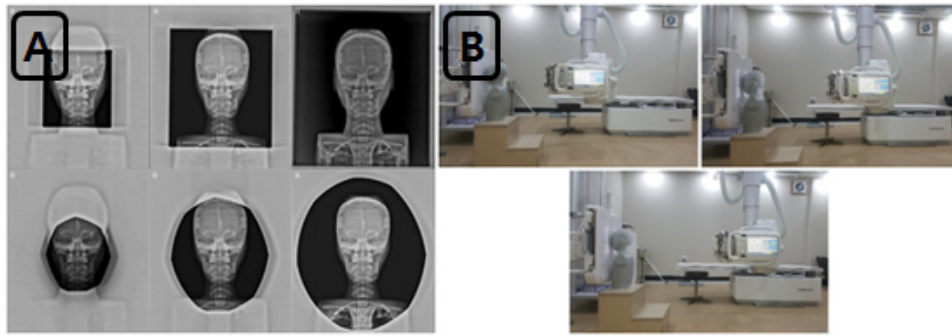
#### 2) 면적선량 변화에 대한 실험

SID의 변화와 방사선 조사야의 크기 변화, AEC 사용 여부로 인한 콜리메이터 종류에 따른 면적선량을 측정하기 위하여 기존의 사각 콜리메이터에 개발된 조리개형 콜리메이터를 결합한 뒤 그 앞에 DAP meter를 장착하여 면적선량을 측정하였다.

Table 1의 촬영조건과 같이 AEC와 None AEC 조건으로 기존의 사각 콜리메이터의 정사각형 조사야(8×8, 12×12, 16×16 inch)와 개발된 조리개형 콜리메이터의 원형 조사야(8×8, 12×12, 16×16 inch)로 변화시켜가며 100, 120, 140

Table 1 X-ray parameters & Locations used for ESD measurements

Parameter	AEC	None AEC
kVp	72	72
mAs	AEC	20
SID (cm)	100, 120, 140 cm	100, 120, 140 cm
Collimator Type	Rectangle, Circle	Rectangle, Circle
Radiation Field Size (inch)	8×8, 12×12, 16×16	8×8, 12×12, 16×16



[A] Combined radiation field size, [B] SID experiment Image

Fig. 3 Experiment Image

Table 2 DAP change according to Radiation field size

unit : mGy · cm<sup>2</sup>

Feld size (inch)	Collimator Type	mean	Reduction rate (%)	F	p
8 × 8	Rectangle	19.42±7.99	34.91	22.023	.000*
	IRIS	12.64±5.14			
12 × 12	Rectangle	39.04±20.48	29.33		
	IRIS	27.59±15.34			
16 × 16	Rectangle	63.08±36.13	29.04		
	IRIS	44.76±26.87			

\*p<0.05

cm의 SID에서 각각 5회씩 촬영하여 면적선량을 얻었다 [Fig. 3].

### 3) 통계분석

통계분석은 프로그램인 SPSS ver. 23. 0(IBM Co, Chicago, USA)을 이용하였으며 사각 콜리메이터와 개발한 조리개형 콜리메이터의 조사야의 크기와 SID의 변화에 따른 면적선량의 변화는 일원배치 분산분석(One-way Analysis of variance)을 이용하였다.

또한 콜리메이터 종류와 AEC 사용 여부에 따른 면적선량의 변화는 독립표본 t 검정(Independent two sample T test)을 이용하여 유의성 검증하였으며, 신뢰구간을 95%로 정하여 p-value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판정하였다.

## III. 결 과

### 1. 조사야 변화에 따른 면적선량의 변화

조사야가 8×8, 12×12, 16×16 inch로 증가될 때 사각 콜리메이터의 면적선량은 각각 19.42, 39.04, 63.08mGy·cm<sup>2</sup>

로 측정되었으며 조리개형 콜리메이터의 면적선량은 12.64, 27.59, 44.76mGy·cm<sup>2</sup>로 측정되었으며, 이는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05), <Table 2>.

### 2. 선원검출기간 거리에 따른 면적선량의 변화

SID가 100, 120, 140 cm로 증가될 때 사각 콜리메이터에서의 면적선량은 각각 40.93, 40.65, 39.96mGy·cm<sup>2</sup>로 측정되었고, 조리개형 콜리메이터에서의 면적선량은 각각 36.54, 26.96, 21.49mGy·cm<sup>2</sup>로 나타났으며, 이는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05), <Table 3>.

### 3. 자동노출조정장치 사용 여부에 따른 면적선량의 변화

AEC 조건과 None AEC 조건에서 사각 콜리메이터에서의 면적선량은 각각 61.67, 19.36mGy·cm<sup>2</sup>로 측정되었고, 조리개형 콜리메이터에서의 면적선량은 각각 41.50, 15.16 mGy·cm<sup>2</sup>로 측정되었으며, 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05), <Table 4>.

### 4. 콜리메이터 종류에 따른 면적선량(DAP)의 변화

콜리메이터 종류에 따른 사각 콜리메이터와 조리개형 콜

**Table 3** DAP change according to SID

unit : mGy · cm<sup>2</sup>

SID (cm)	Collimator Type	mean	Reduction rate (%)	F	p
100	Rectangle	40.93±30.15	10.73	2,924	.015*
	IRIS	36.54±28.91			
120	Rectangle	40.65±30.39	33.68		
	IRIS	26.96±19.45			
140	Rectangle	39.96±30.75	46.22		
	IRIS	21.49±13.56			

\*p<0.05

**Table 4** DAP change according to AEC Availability

unit : mGy · cm<sup>2</sup>

AEC	Collimator Type	mean	Reduction rate (%)	F	p
None	Rectangle	61.67±29.51	32.71	53.464	.000*
	IRIS	41.50±24.84			
Used	Rectangle	19.36±6.67	21.69		
	IRIS	15.16±5.36			

\*p<0.05

**Table 5** DAP change according to Collimator Type

unit : mGy · cm<sup>2</sup>

Collimator Type	mean	Reduction rate (%)	t	p
Rectangle	40.51±30.09	29.62	3.089	.002*
IRIS	28.33±22.24			

\*p<0.05

리메이터의 면적선량은 각각 40.51, 28.33mGy·cm<sup>2</sup>로 측정되었으며, 이는 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05), <Table 5>.

#### IV. 고 찰

콜리메이터에서 나오는 불필요한 산란선을 제거하기 위하여 Cone을 사용해 왔지만 기존의 Cone은 불편하고 검사의 신속성을 저해하는 요소로 작용하여 점차 사용이 감소하는 추세이다. 이러한 문제점을 개선하도록 고안된 조리개형 콜리메이터를 개발하고 제작하여 유용성을 평가하였다.

본 연구결과, 조사야의 크기가 작아질수록 면적선량의 감소 효과가 높았으며, 사각 콜리메이터에 비하여 조리개형 콜리메이터에서 면적선량의 감소 효과가 높은 것으로 나타났다. 요추검사에서 최대 조사야로 검사하였을 때에 최적화된 조사야로 검사하였을 때와 비교하여 중요기관에 미치는 흡수선량이 45~80% 이상 증가된다고 보고되었으며[6], 이

러한 이유로 방사선 투시분야에서 환자의 피폭선량을 줄일 수 있는 중요한 요인으로써 조사야의 적절한 조절을 강력히 권고하고 있다[7].

또한 AEC를 사용했을 때 조리개형 콜리메이터와 사각 콜리메이터 모두 면적선량이 감소되었으며, 특히 조리개형 콜리메이터에서 면적선량 감소효과가 더 높은 것을 확인할 수 있었다. AEC는 서로 다른 영상들 사이에서 질적인 변화를 감소시키고, 영상의 질을 일정하게 유지하여 촬영조건의 적정화를 통해 선량을 감소시키고자 사용한다[8]. 그러나 선행 연구에서는 고정된 조건으로 안면골(Facial bone) 검사를 하는 경우는 갑상선, 수정체가 받는 방사선 선량은 조사야를 작게 할수록 피폭도 적어지나, AEC를 이용하여 검사하는 경우 조사야를 작게 하면 갑상선이 받는 선량은 감소하나 반대로 수정체가 받는 선량은 증가된다고 보고되었다[9].

본 연구에서 SID가 증가할수록 사각 콜리메이터에서는 면적선량의 감소가 미미하였으나 조리개형 콜리메이터에서는 감소폭이 뚜렷하게 측정되었다. 김유현 등은 SID의 증가에 따라서 해상력과 투과도 모두 증가되고 영상의 확대율

또한 감소된다고 보고하였다[10].

모든 결과를 종합 했을 때, 사각 콜리메이터에 비하여 조리개형 콜리메이터에서 면적선량의 감소효과가 높은 것으로 나타났다. 이러한 방사선 조사야 조절을 위한 기구를 개발한 선행 연구는 과거에 많이 진행되었으며, Granger WE 는 투시 촬영 장치에 적합한 조사야 제한 기구를 제작하여 환자의 피폭선량을 경감시켰고[11], 또 다른 연구에서는 유방촬영장치의 콜리메이터를 유방의 크기와 모양에 따라 조사야를 최적화 할 수 있는 다엽 콜리메이터를 제작하여 적용한 결과, 기존의 콜리메이터에 비하여 면적선량이 50.72% 감소되었다고 보고하였다[12].

방사선 촬영은 반드시 최대의 진단정보를 얻고 환자에게 피폭되는 방사선의 위험을 최소화하는 방향으로 결정 되어져야 하고[13], 조사야의 크기는 검사영역에 의해 항상 제한 되어야 하기 때문에[2] 기존의 사각 콜리메이터에 개발한 조리개형 콜리메이터를 부착하여 검사에 불필요하고 방사선에 민감한 부위에 대한 원형 조사야의 선택과 조절은 반드시 이루어져야 할 것이라고 사료된다.

개발된 조리개형 콜리메이터를 병원에서 활용할 경우, 미골(Coccyx)과 척추(Spine) 등의 방사선 촬영 시 환자의 피폭선량을 최대한으로 경감할 수 있으며, 산란선이 적어지게 되므로 방사선 종사자의 피폭도 줄어들게 된다. 이와 같이 기존에 사용하고 있는 사각의 조사야가 아닌 개발한 조리개형 콜리메이터의 원형 조사야의 피폭선량 저감에 대한 유용성을 증명하였다고 사료된다.

본 연구의 제한점으로는 AEC의 중앙 Chamber만 활성화 하여 면적선량을 평가하였으므로 조리개형 콜리메이터를 사용했을 때 가장 좋은 Chamber 조합을 찾는 연구가 시행 되어야 하며[14], 두개부 촬영으로 국한하여 유용성을 평가 하였다는 제한점이 있다[15]. 또한 면적선량이 낮아짐에 따라 발생하는 화질의 변화에 대한 연구가 향후 시행되어야 할 것으로 사료된다[16].

## V. 결 론

본 연구에서는 개발한 조리개형 콜리메이터의 유용성을 알아보고자 기존의 사각 콜리메이터와 조리개형 콜리메이터의 조사야와 선원검출기간 거리(Source to Image receptor Distance; SID)의 변화, 자동노출조정장치(Auto Exposure Control; AEC)의 사용 여부에 따른 DAP와 콜리메이터의 종류에 따른 면적선량을 측정한 결과는 다음과 같이 나타났다.

첫째, 조사야와 SID 변화에서 면적선량은 조사야 면적과

선원검출기와의 거리가 증가할수록 사각 콜리메이터보다 조리개형 콜리메이터에서 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

둘째, 자동노출조정장치의 사용 여부와 콜리메이터 종류에 따른 면적선량은 사각 콜리메이터보다 조리개형 콜리메이터에서 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

이상의 결과에서 기존의 사각 콜리메이터에 비해 개발한 조리개형 콜리메이터를 사용한 경우 면적선량이 감소되어 피폭선량의 저감효과가 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서 향후에는 검사에 불필요하고, 방사선에 민감한 부위에 대한 조사야의 적절한 선택과 조절은 반드시 이루어져야 할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- [1] An SM, Oh JH, Choi JH, Shin KS, Kim SC. Dose Change according to Diameter Change of the Cone for Dental X-ray Apparatus. The Journal of the Korea Contents Association, 2010;10(3):266-70.
- [2] Carlton, RR, Adler AM. Principles of Radiographic Imaging, . 4th ed; 2006.
- [3] Choi SK. Change of the Scattered Dose by Field Size in X-ray Radiography. The Journal of the Korea Contents Association, 2013;13(13): 198-203
- [4] Kwon DM, Kim SS, Kim YK, Kim YL, Kim HK, Kim HT, et al. Analog & Digital PACS Medical Imaging Informatics. Daihaks bookstore; 2001
- [5] Kim HS. Development of the diagnostic reference level of pediatric skull radiography. Ministry of Food and Drug Safety; 2012
- [6] Journy N, Sinno-Tellier S, Maccia C, et al. Main clinical, therapeutic and technical factors related to patient's maximum skin dose in interventional cardiology procedures. BJR, 2012;85(1012): 433-42
- [7] Yoo MK, Kim MS, Lee KJ, Lee J, Beak JM. The optimization method and absorbed dose of L-spine AP by collimation. In Seoul Radiological Technologists Association, 2009; 118-9
- [8] Lee JS, Ko SJ, Kang SS, Kim JH, Park HH, Kim D, et al. "Evaluation of image quality for diagnostic digital chest image using ion chamber in the total

- mastectomy." The Journal of the Korea Contents Association, 2013;13(3): 204-10
- [9] Powys R, Robinson J, Kench PL, Ryan J, Brennan PC. Strict X-ray beam collimation for facial bones examination can increase lens exposure. *Br J Radiol*. 2012;85(1016): e497-e505
- [10] Kim YH, Kwon SI. Effects on Patient Exposure Dose and Image Quality by Increasing Focal Film Distance in Abdominal Radiography. *Journal of Korean Society of radiological technology*. 1998; 21(1): 52-58
- [11] Kang EJ, Yoo BG. The Study on the Protection and Actual Condition of Using the Dental X-ray Unit. *Journal of Korean Society of radiological technology*. 2000;23(2): 43-54.
- [12] Granger WE, Bednarek DR, Rudin S. Primary beam exposure outside the fluoroscopic field of view. *Med Phys*. 1997;24(5): 703-7
- [13] Kwon SM, Kim BS, Park HJ, Kang YH. Variation of Image Quality and Dose by Applying Multi-Leaf Collimator for Digital Mammography. *J. Korean Soc. Radiol.*, 2015;9(7): 535-40.
- [14] Chon KH, Hwang MS, Choi MW, Lee SY, Kim MJ, Yang DI, Lee Gwi-Yeol. A Study of x-ray tube voltage, tube current and dose rate depending on temperature. *The Korea Navigation Institute* 2011;15(2): 264-72.
- [15] Kang AR, Lee IJ, Ahn SM. Comparison of ESD and Major Organ Absorbed Doses of 5-Year-Old Standard Guidelines and Clinical Exposure Conditions. *Journal of Radiological Science and Technology*, 2017;40(3): 355-61
- [16] Joyce, M, McEntee, M, Brennan, P. C, O'Leary, D. Reducing dose for digital cranial radiography: The increased source to the image-receptor distance approach. *Journal of Medical Imaging and Radiation Sciences*. 2013;44(4): 180-7.