

## Effects of The Sub ROI Changes on Exposure Index

Young-Cheol Joo<sup>1</sup>, Dong-Hee Hong<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiology, Samsung Medical Center

<sup>2</sup>Department of Radiological Science, Shinhan University

Received: December 01, 2023. Revised: December 29, 2023. Accepted: December 31, 2023.

### ABSTRACT

This study aims to investigate the effect of changes in the Sub ROI on exposure index(EI) and to present indicators of changes in EI values that may occur when changing Sub ROI in clinical practice. This study was conducted on a subject of 20 cm of acrylic for a setting similar to abdominal radiography, and the specifications of one acrylic sheet is 20 × 20 × 5 cm. The survey conditions were the same as 80 kVp , 320 mA, 25 ms, SID 110 cm and the Sub ROI obtained 30 images for each type using five types provided by the equipment company. The EI value provided by the equipment and entrance skin exposure(ESE) were compared and analyzed. The mean value of EI according to the change in Sub ROI was 101.18±0.27 for LS, 106.57±0.31 for AEC, 107.74±0.39 for VR, 107.90±0.38 for HR, and 109.72±0.32 for SS (p<0.01). The average value of ESE by sub ROI type (LS, AEC, VR, HR, SS) was measured to be 476.45±1.71 μ Gy, 476.92±1.48 μ Gy, 476.14±2.30 μ Gy, 475.61±1.96 μ Gy, and 477.14±1.46 μ Gy, with statistically significant differences (p<0.01). As a result of this study, the EI according to the sub ROI type is based on LS(109.72), which represents the minimum value. AEC increased 5.3%, VR increased 6.4%, HR increased 6.6%, SS increased 8.4%, and overall, increased by about 5.3%. As for the average value of ESE, HR(475.61 μ Gy)type showed the minimum value, and based on this, AEC increased 0.27%, VR increased 0.11%, LS increased 0.17%, SS increased 0.32%, and overall, increased by about 0.17%.

Keywords: Exposure Index, Sub ROI, Entry Skin Exposure, Target Exposure Index, Deviation Index

### I. INTRODUCTION

X선 검사의 영상 획득 방법은 아날로그방식에서 디지털방식으로 크게 발전해왔다<sup>[1]</sup>. 특히, 디지털방사선 시스템(digital radiography system; DR system)은 넓은 역동 범위(dynamic range)와 후처리방식의 발전으로 일반적인 방사선 조사 조건보다 높은 조건을 이용해도 영상의 진단적 가치에는 큰 영향을 주지 않게 되었으며<sup>[2]</sup>, 방사선사 입장에서 조사 조건에 대한 의존도를 상대적으로 낮추는 결과로 이어지고 있다<sup>[3,4]</sup>. 하지만, 미국의학물리학회(The American Association of Physicists in Medicine; AAPM)에서는 DR system의 이와 같은 장점으로 인

해 방사선사들이 적정한 X선 조사조건보다 과한 조사조건으로 검사하려는 경향을 만들었다고 지적하고 있다<sup>[5]</sup>.

의료 영상의 진단적 가치는 의료진의 정성적 판단으로 결정되지만, 의료 영상의 영상 품질은 방사선사의 임상 경력과 환자에 대한 경험 및 영상 품질에 대한 개인적 의견 등에 따라 달라질 수 있어, 이와 관련된 표준화에 대한 논의가 진행되었고, 국제전기표준회의(International Electrotechnical Commission; IEC)와 AAPM은 노출지수(exposure index; EI) 값을 제시하고 있다<sup>[6,7]</sup>.

EI란 디지털 영상에서 검사 시 영상수용체(detector)

\* Corresponding Author: Dong-Hee Hong

E-mail: hansound2@hanmail.net

Tel: +82-031-870-3415

면에 조사된 X선 양을 사용자에게 시각적으로 알려주는 지표이다. EI값의 활용도와 그 역할은 많은 선행연구를 통해 그 중요도를 인정받고 있다<sup>8)</sup>. EI는 마치 자동노출조정장치(auto exposure control; AEC)의 챔버(chamber)에서 선량을 조절하는 것과 같은 역할을 하는 영상수용체에 있는 선택된 보조 관심영역 (sub region of interest; sub ROI)에서 측정되며, 본 연구에서 이용한 방사선발생장치에서는 이를 ‘Sub ROI’라 정의하고 있으며, 총 다섯 가지의 Sub ROI를 선택할 수 있다.

EI값의 영향 인자는 환자의 성별, 나이, 체형, 부위별 두께, 검사방법, Sub ROI의 선택 등이 있다. 대부분 임상에서는 제조사에서 제공하는 검사 부위별 Sub ROI를 적용하고 있다. 그러나 의료기관별로 검사방법이 상이하고, 검사하는 방사선사에 따라 적용하는 검사방법이 차이가 있을 수 있다. 그렇기 때문에 의료기관의 환경에 따라 Sub ROI 형태를 변경해 사용할 것을 제조사는 권고하고 있다. 앞에서 언급한 여러 인자 중 대부분은 방사선사가 실시간으로 검사 환경에 적합하게 변경이 가능하지만, Sub ROI는 검사 시 EI에 영향을 줄 수 있는 가장 기본적인 인자임에도 불구하고<sup>9)</sup>, 즉각적인 변화가 제한적이다. 특히, 임상에서는 EI의 중요성을 인식하고 있지만, 제조사가 권고하는 설정 값에 대한 의존도가 높아 검사에 적합한 EI값 산출 및 활용에 어려움이 있다. 또한 검사 시 발생하는 EI값에 대한 여러 선행연구는 진행되었으나, Sub ROI 변화가 실제 EI수치에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다.

이에, 본 연구에서는 Sub ROI의 변화가 EI에 미치는 영향을 알아보고, 임상에서 Sub ROI 변경 시 발생할 수 있는 EI값의 변화에 대한 지표를 제시하고자 한다.

## II. MATERIAL AND METHODS

### 1. 연구 대상

본 연구에서 이용한 방사선발생장치는 GC85A (Samsung Electronics, Korea)이었으며, 실험 대상은 아크릴로 설정하였고, 아크릴 한 장의 제원은 20 ×

20 × 5 cm이다.

### 2. 연구 방법

#### 2.1. 실험방법

실험방법은 복부를 가정하여 아크릴 팬텀 4장을 겹쳐 20 cm의 복부와 유사한 두께의 피사체를 만들어 검사테이블의 중앙에 위치시켰다. X선 조사 시 주변 산란선의 영향이 영상 품질에 미치는 영향을 최소화하기 위해 팬텀 주변을 납 가운데로 차폐하였다. Fig. 1-(a)와 같다. 본 연구에서는 17 × 17”의 영상수용체를 이용하였으나, 팬텀을 영상수용체의 정중앙에 위치한 뒤에 7 × 7”의 조사야로 고정하였다. (Fig. 1-(b)와 같다. 조사조건은 80 kVp, 320 mA, 25 ms, 선원 영상수용체간 거리(source to image receptor distance; SID)는 110 cm, 초점(focal spot)은 대초점(large focus), 격자(grid)는 R: 100 C: 110로 동일하게 설정하였다. Fig. 1-(c)와 같다.

Sub ROI는 장비사에서 제공하는 5가지 모드 (AEC, Large Square, Small Square, Horizontal Rectangle, Vertical Rectangle)를 적용하였다. Fig. 2와 같다.

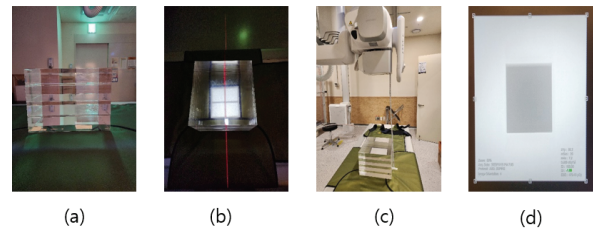


Fig. 1. Experimental setup and acquired image using acrylic phantom.

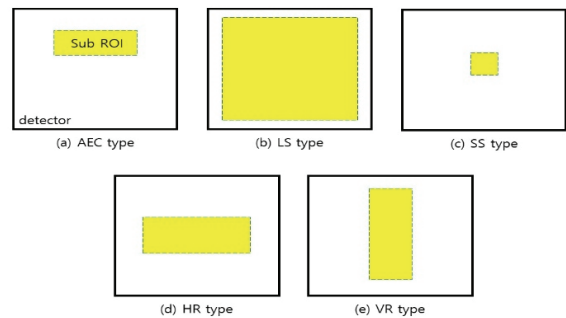


Fig. 2. Example of Sub ROI type.

2.2. 자료수집 방법

본 연구에서 이용한 자료는 각 Sub-ROI모드에서 30회 조사하여, 장비에서 제공하는 EI값과 환자입사선량(entrance skin exposure; ESE)을 획득했다. EI는 조사야 부위(7 × 7")만의 값을 이용하였고, ESE는 영상 획득 시 EI 값과 함께 영상에 표출되는 수치를 이용하였다. (Fig. 1-(d)와 같다. 참고로, 본 연구에서 이용한 방사선발생장치에서는 면적선량(dose area product; DAP)을 이용하여 ESE를 제공한다.

2.3. 지표분석 방법

위의 연구방법을 통해 획득한 EI와 ESE 평균값은 Shapiro-Wilk를 통해 정규성 검정을 진행했으며, 그 결과 EI에 대한 자료는 정규성에 위배되었고 (p<0.01), ESE의 그룹별 평균값은 정규성이 나타났다(p>0.05). 이를 근거로 EI의 평균비교는 Kruskal-Wallis 검정을 진행하였고, ESE는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)과 사후분석으로 Duncan을 이용하여 평균값의 차이를 비교 분석했다.

통계프로그램은 SPSS(version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하였고, 유의수준(α)은 0.05, 유의확률(p)은 0.05 이하를 유의한 것으로 설정하였다.

III. RESULT

1. Sub ROI 변화에 따른 EI 평균값의 비교 분석 결과

Sub ROI 변화에 따른 EI의 평균값은 LS의 경우 101.18±0.27 이었으며, AEC는 106.57±0.31, VR은 107.74±0.39, HR은 107.90±0.38, SS는 109.72±0.32로 측정되었다.

각 그룹별 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(p<0.01), 사후분석 결과 VR과 HR은 동일한 그룹으로 분리되었고, 나머지 그룹들은 개별적인 그룹으로 나타났다. Table 1과 같다.

2. Sub ROI 변화에 따른 ESE 평균값의 비교 분석 결과

각 Sub ROI 타입 별(LS, AEC, VR, HR, SS) ESE 평균값은 476.45 ± 1.71 μGy, 476.92 ± 1.48 μGy, 476.14 ± 2.30 μGy, 475.61 ± 1.96 μGy, 477.14 ± 1.46 μGy이었고, 각 Sub ROI 별 ESE 평균값의 차이는 통계적으로 유의하였으나(p<0.01), 사후분석 결과 HR이 독립적인 그룹으로 나타났고, AEC와 SS는 같은 그룹으로 분류되었다. Table 2와 같다.

Table 1. Mean value comparison of EI by Sub ROI

| Sub ROI type | N  | Mean ± SD     | Min    | Max    | χ <sup>2</sup> | p    | Post-hoc                |
|--------------|----|---------------|--------|--------|----------------|------|-------------------------|
| LS           |    | 101.18 ± 0.27 | 100.95 | 101.90 |                |      |                         |
| AEC          |    | 106.57 ± 0.31 | 105.71 | 107.14 |                |      |                         |
| VR           | 30 | 107.74 ± 0.39 | 106.67 | 108.10 | 137.089        | 0.01 | LS < AEC < VR = HR < SS |
| HR           |    | 107.90 ± 0.38 | 106.6  | 108.57 |                |      |                         |
| SS           |    | 109.72 ± 0.32 | 109.05 | 110.48 |                |      |                         |

1. mean±SD is the mean value, SD is standard deviation. min is the minimum value and max is the maximum value  
 2. 'p' is calculated by Kruskal-Wallis test

Table 2. Mean value comparison of ESE by Sub ROI

| Sub ROI type | N  | Mean ± SD (μGy)             | Min    | Max    | F     | p    |
|--------------|----|-----------------------------|--------|--------|-------|------|
| LS           |    | 476.45 ± 1.71 <sup>ab</sup> | 472.78 | 479.43 |       |      |
| AEC          |    | 476.92 ± 1.48 <sup>b</sup>  | 474.11 | 479.43 |       |      |
| VR           | 30 | 476.14 ± 2.30 <sup>ab</sup> | 469.45 | 479.43 | 3.402 | 0.01 |
| HR           |    | 475.61 ± 1.96 <sup>a</sup>  | 470.78 | 480.09 |       |      |
| SS           |    | 477.14 ± 1.46 <sup>b</sup>  | 473.44 | 479.43 |       |      |

1. mean±SD is the mean value, SD is standard deviation. min is the minimum value and max is the maximum value  
 2. 'p' is calculated by Kruskal-Wallis test

#### IV. DISCUSSION

X선 발생장치는 아날로그에서 디지털로 진화하고 있지만, 방사선사는 영상의 진단적 가치 유무를 육안을 통해 확인하고 있고, 이러한 판단기준은 개인의 성향 및 임상 경력의 차이에 따라 다를 수 있다. 그래서 조사 조건의 부족 또는 과잉의 판단을 개인의 정성적 판단이 아닌 객관적이고 설득력 있는 지표로 판단이 필요하게 되었다. 현재 디지털 방사선발생장치에서는 이러한 지표의 필요성이 언급되었고, 그 결과 EI라는 값이 국제표준기구에 의해 제시되었다<sup>[10]</sup>.

일반적으로 EI의 측정방법은 영상의 전체 범위를 대상으로 하는 방법과 특정 범위만 지정하여 계산하는 방법이 있으며, 특정 범위 중 일부 부분만을 측정하는 방법이 있다<sup>[11]</sup>. 특정 범위를 지정하는 방법은 관심 범위만을 지정하여 하는 EI를 산출하는 방법이다. 예를 들어, 흉부영상에서 폐 영역만 선택하여 계산하는 방법이 있고, 정해진 위치의 값을 계산하는 방법이 있다. 관심 부위만 계산하는 방법이 가장 정확한 값을 나타내겠지만, 현재 대부분의 제조사에서는 정해진 위치의 범위만 계산하는 방법이 이용되고 있다<sup>[12]</sup>.

본 연구에서 이용한 방사선발생장치도 검사부위에서 정해진 범위를 지정하여 계산하는 방법을 사용하며, 이를 'Sub ROI'로 명명하고 있다. Sub ROI 타입 별 특징을 살펴보면, AEC 타입은 흉부 방사선검사 시 주로 이용되는 AEC chamber와 동일한 부위로 설정되어 있는 형태이다. LS 타입은 Abdomen, Pelvis와 같은 영상수용체의 전체 면적을 포함하여 검사하는 경우에 적용되며, Standing spine 검사는 VR 타입, Supine spine검사는 HR 타입, Extremity 검사는 SS 타입으로 그 형태와 위치에 따라 이름이 정해져 있었다. 이처럼 Sub ROI는 제조사에서 제공하는 검사 부위별로 적용되어 있지만 의료진의 요구와 검사 환경에 따라 검사 부위 별 방사선 검사방법은 매우 상이 할 수 있어, 제조사에서는 Sub ROI형태를 변경해 사용해야할 것을 권고하고 있다.

EI와 관련된 선행연구는 의료영상 품질관리를 목

적으로 EI를 활용하고자 노력하는 연구가 대부분이었으며, 목표노출지수(target exposure index; EIT)를 선정하고 이를 기준으로 편차지수(deviation index; DI)값을 정하여 활용한다면 안정적인 의료영상관리가 가능하다고 주장하였다<sup>[10]</sup>.

또 다른 연구에서는 EI와 EIT, DI값을 활용하여 환자 선량의 최적화를 추구한다면, 각 기관 및 국가에서 권고하는 진단참고준위(diagnostic reference level: DRL)를 바탕으로 EIT를 관리해야 한다는 연구결과를 발표하였다<sup>[12]</sup>. 앞선 선행연구들은 인체모형팬텀을 이용하여 임상 조건과 비슷한 상태에서 연구를 진행하였고, EIT와 DI를 기반으로 EI의 임상적 활용에 도움을 줄 수 있는 연구였으나, EI값 측정에 기본이 되는 Sub ROI에 관해서는 언급하지 않고 있다.

본 연구는 Sub ROI의 적절한 선택이 EI값에 영향을 줄 수 있을 것이라 가설을 전제로 진행하였으며, EI 측정 시 산란선 등의 영향을 배제하고자 조사야를 조절하여 실험을 진행하였다. 인체 팬텀이 아닌 아크릴 팬텀을 이용한 것은 해부학적 구조물이 EI값에 영향을 주는 인자로 작용하는 것을 차단하고, Sub ROI 변화에 따른 EI값의 순수한 변화를 비교분석하기 위함이었다.

본 연구결과, Sub ROI 타입에 따른 EI값의 차이는 최소값을 나타낸 LS (109.72)를 기준으로 했을 때, AEC는 5.3%, VR은 6.4%, HR은 6.6%, SS는 8.4% 증가하였다. Sub ROI별 EI 평균값의 최대 차이는 SS(109.72)과 LS (101.18)로 차이를 보였는데, 그 원인은 두 Sub ROI간의 차이는 EI값을 계산하는 ROI 크기의 차이 때문으로 사료된다. 또한 HR(107.90)과 VR (107.74)의 평균값 차이가 최소로 나타난 이유는 Sub ROI의 크기는 동일한 상태에서 형태적 차이가 있기 때문으로 생각된다.

ESE의 평균값 차이는 Sub ROI 타입에 따라 HR(475.61  $\mu$ Gy)타입이 가장 작은 선량 값으로 나타났다고, HR 타입에 비해 AEC는 0.27%, VR은 0.11%, LS는 0.17%, SS는 0.32% 증가하였다.

위의 결과를 통해, 동일 조건으로 검사를 하였음에도 Sub ROI의 변경만으로도 EI값의 결과가 달라지는 것을 확인 할 수 있었다. 다양한 영향 인자가

EI값에 영향을 줄 수 있지만, 사용자의 검사 환경에 따라 적절하게 Sub ROI 형태를 변경하여 사용하는 것이 신뢰도 있는 EI값 산출에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구 결과에서는 Sub ROI 변화에 따라 ESE 값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었으나, 고압발생장치의 평가기준을 고려했을 때 이 값의 차이는 임상적으로 큰 영향을 줄 만큼의 차이는 아니라고 사료된다.

본 연구의 제한점은 한 종류의 방사선발생장치를 이용한 점이다. 추후 다양한 장비에서 유사한 연구를 진행한다면, 장비를 운용하는 방사선사의 입장에서 더 정확한 EI를 임상에 적용하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

## V. CONCLUSION

본 연구는 디지털 방사선발생장치에서 Sub ROI의 변화가 EI와 ESE에 미치는 영향을 알아보고, Sub ROI 변경에 따른 EI값과 ESE에 대한 임상적 지표를 제시하고자 진행하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

EI 값은 Sub ROI 크기가 작아질수록 EI값이 증가하였으며(SS>HR=VR>AEC>LS), Sub-ROI의 방향과 위치도 EI값에 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 하지만, ESE는 수치적인 차이는 통계적으로 유의하였으나, 임상적으로 큰 의미는 없을 것으로 사료된다. 본 연구를 통해 임상적으로 EI를 이용하는 경우, 검사부위의 해부학적 구조와 검사 방법의 특징을 고려한 Sub ROI 설정이 중요할 것으로 생각된다.

## Reference

[1] B. J. An, "A comparative study for resolution and density of chest imaging using film/screen, CR and DR", *Journal of Radiation and Research*, Vol. 4, No. 1, 2010.

[2] W. Huda, A. M. Sajewicz, K. M. Ogden, D. R. Dance, "Experimental investigation of the dose and image quality characteristics of a digital mammography imaging system", *Medical Physics*, Vol. 30, No. 3, pp. 442-448, 2003.

<http://dx.doi.org/10.1118/1.1543572>

[3] ICRP, ICRP Publication 93, 2004.

[4] U. Martin, S. P. Cornelia, "Digital radiography: The balance between image quality and required radiation dose", *European Journal of Radiology*, Vol. 72, No. 2, pp. 202-208, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2009.05.060>

[5] J. Anthony Seibert, D. K. Shelton, E. H. Moore, "Computed radiography x-ray exposure trends", *Academic Radiology*, Vol. 3, No. 4, pp. 313-318, 1996. [http://dx.doi.org/10.1016/s1076-6332\(96\)80247-9](http://dx.doi.org/10.1016/s1076-6332(96)80247-9)

[6] S. J. Shepard, J. H. Wang, M. Flynn, E. Gingold, L. Goldman, K. Krugh, D. L. Leong, E. Mah, K. Ogden, D. Peck, E. Samei, J. Wang, C. E. Willis, "An exposure indicator for digital radiography: AAPM Task Group 116 (Executive Summary)", *Medical Physics*, Vol. 36, No. 7, pp. 2898-2914, 2009. <http://dx.doi.org/10.1118/1.3121505>

[7] IEC 62494-1, Ed 1.0. "Medical electrical equipment—Exposure index of digital X ray imaging systems. Part 1: Definition and requirements for general radiography", *International Electrotechnical Commission*, 2008.

[8] S. Yang, J. B. Han, N. G. Choi, S. G. Lee, "The Review of Exposure Index in Digital Radiography and Image Quality", *Journal of Radiation and Research*, Vol. 38, No. 1, pp. 29-36, 2013. <https://doi.org/10.14407/jrp.2013.38.1.029>

[9] J. A. Rowlands. "The physics of computed radiography", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 47, No. 23, pp. R123-166, 2002. <https://doi.org/10.1088/0031-9155/47/23/201>

[10] H. W. Jeong, J. W. Min, "A Study on Quality Control for Medical Image by Using Deviation Index of Digital Radiology", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 43, No. 2, pp. 115-121, 2020. <https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.2.115>

[11] S. Yang, J. B. Han, N. G. Choi, S. G. Lee, "The Review of Exposure Index in Digital Radiography and Image Quality", *Journal of Radiation Protection*, Vol. 38, No. 1, pp. 29-36, 2013. <https://doi.org/10.14407/jrp.2013.38.1.029>

[12] Ulrich Neitzel, "The Exposure Index and Its

Standardization", Philips Medical Systems, From  
URL;  
<https://docplayer.net/21572281-The-exposure-index-and-its-standardization.html>

- [13] H. M. Park, Y. S. Yoon, E. H. Kim, H. W. Jeong, J. S. Kim, "A Study on Establishment of the Optimal Target Exposure Index for Skull Radiography Based on Diagnostic Reference Level", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 44, No. 6, pp. 599-605, 2021.  
<http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2021.44.6.599>

## Sub ROI 변화가 노출지수에 미치는 영향

주영철<sup>1</sup>, 홍동희<sup>2,\*</sup>

<sup>1</sup>삼성서울병원 영상의학과

<sup>2</sup>신한대학교 방사선학과

### 요 약

본 연구에서는 Sub ROI의 변화가 노출지수(exposure index; EI)에 미치는 영향을 알아보고, 임상에서 Sub ROI 변경 시 발생할 수 있는 EI값의 변화에 대한 지표를 제시하고자 한다. 본 연구는 복부 방사선검사와 유사한 설정을 위해, 아크릴 20 cm의 피사체를 대상으로 진행하였고, 아크릴 한 장의 제원은 20×20×5 cm이다. 조사조건은 80 kVp, 320 mA, 25 ms, SID 110 cm로 동일하게 적용하였으며, Sub ROI는 장비사에서 제공하는 5가지 type을 이용하여 각 type별 30개의 영상을 획득하였고, 장비에서 제공하는 EI값과 환자입사선량(entrance skin exposure; ESE)를 비교분석 하였다. Sub ROI 변화에 따른 EI의 평균값은 LS의 경우 101.18±0.27 이었으며, AEC는 106.57±0.31, VR은 107.74±0.39, HR은 107.90±0.38, SS는 109.72±0.32로 나타났다(p<0.01). Sub ROI 타입 별(LS, AEC, VR, HR, SS) ESE 평균값은 476.45±1.71 μGy, 476.92±1.48 μGy, 476.14±2.30 μGy, 475.61±1.96 μGy, 477.14±1.46 μGy로 측정되었고, 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.01). 본 연구 결과 Sub ROI 타입에 따른 EI는 최소값을 나타낸 LS(109.72)를 기준으로, AEC는 5.3%, VR은 6.4%, HR은 6.6%, SS는 8.4% 증가하였으며, 평균적으로 5.3% 증가하였다. ESE의 평균값은 HR(475.61 μGy)타입이 최소값을 나타냈으며, 이를 기준으로 AEC는 0.27%, VR은 0.11%, LS는 0.17%, SS는 0.32% 증가하였고, 전체적으로 약 0.17% 높아졌다.

중심단어 : 노출지수, Sub ROI, 환자입사선량, 목표노출지수, 편차지수

### 연구자 정보 이력

|        | 성명  | 소속           | 직위   |
|--------|-----|--------------|------|
| (제1저자) | 주영철 | 삼성서울병원 영상의학과 | 방사선사 |
| (교신저자) | 홍동희 | 신한대학교 방사선학과  | 교수   |