

Effects of Changes in Collimation Size and the sub ROI on Exposure Index of Hand Radiography

Young-Cheol Joo¹, Dong-Hee Hong^{2,*}

¹Department of Radiology, Samsung Medical Center

²Department of Radiological Science, Shinhan University

Received: October 03, 2023. Revised: November 28, 2023. Accepted: November 30, 2023.

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the effect of changes in collimation size and sub ROI on exposure index(EI) in hand radiography, present collimation size and EI suitable for average hand size of Koreans, and present the effect of changes in sub ROI on EI. The subjects of this study were hand-wrist phantom, and the exposure conditions were set to 55 kVp, 125, mA, and 6.25 mAs, and source to image receptor distance was applied to 110 cm. Based on the vendor recommended sub-ROI (18.7" × 18.7", 8" × 10", 8" × 7.4", 6" × 7.4")and the textbook's recommended sub-ROI 8" × 10", each obtaining 30 images, and comparing the EI shown in the equipment. The EI according to the change in the size of the collimation were 1663.7±4.52, 8"×10" is 1489.1±4.49, 8"×7.4" is 1716.9±3.00, 6"×7.4" is 168.7±3.66 for each EI, and the average value of each value was statistically significant. The average EI according to the sub ROI change was 1489.1±4.49 for SS, LS was 1694.8±5.19 for AEC, 2052.9±5.96, VR was 1548.3±3.20, and HR was 1663.2±4.33. The appropriate field size considering the hand size of Koreans was found to be 8" × 7.4". In addition, when the field size increases based on the generally known field size (8" × 10") during hand radiography, the EI value changes from a maximum of 15% to a minimum of 11%, and the sub ROI shape based on sub ROI 'SS' Depending on the change, the EI value increased from a maximum of 37% to a minimum of 3%.

Keywords: Hand radiography, Exposure index, Collimation size, Sub ROI

I. INTRODUCTION

손(hand)은 인체에서 운동작용을 가장 많이 하는 해부학적 기관으로 많은 관절과 작은 뼈들로 구성되어 있다^[1]. 이러한 해부학적 특징은 여러 가지 질환에 대한 노출이 많아질 뿐만 아니라 현대인들의 여가 활동의 증가와 여러 방면의 필요로 인해 손 관련 영상의학과적 검사는 나날이 증가하고 있다. 또한 최근 성장판 확인을 위해 여러 가지 방법이 사용되고 있는데 방사선검사 영상을 통해 화골핵 및 골단 융합 정도를 관찰하는 방법이 증가하고 있다^[2]. 이러한 영상의학과적 검사 방법에는 일반 방사선검사(general radiography)와 전산화 단층 촬영(computed tomography; CT) 등이 이용된다. 검사 방법

중 적은 방사선량으로 단시간에 검사가 가능하다는 점에서 일반 방사선검사가 가장 기본적으로 사용된다. 현재 방사선검사 영상 획득 방법은 디지털 방사선 방식(digital radiography system; DR system)으로 아날로그 방식인 필름/증감지 방식(film/screen system; F/S system)에 비해 넓은 역동 범위(dynamic range)와 후처리 방식의 발전으로 적정 조사선량 보다 많은 조건으로 검사가 진행되고 있다. 이는 방사선 검사 시 권고하는 조사선량의 차이가 생길 수 있으며 방사선 남용의 위험이 있다. 이러한 문제점의 관리적 차원에서 객관적인 지표로 국제전기표준회의(international electrotechnical commission; IEC), 미국의학 물리학회(american association of physicists in medicine AAPM)는 노출지수(exposure index; EI) 값을 제시 이를 관리할 것을 권고하고 있다. AAPM과 국제의

* Corresponding Author: Dong-Hee Hong

E-mail:hansound@hanmail.net

Tel: +82-31-870-3415

학물리학회 공동 작업으로 EI 범위의 표준화 작업이 이루어졌고, The AAPM TG 116 report에서는 EI 지표의 방사선량률과 신호 값 추정에 대한 원칙을 제시하고 있다^[3]. EI 란 DR system에서 노출지수로 피사체 통과 후 디텍터에 들어온 광자량을 사용자에게 시각적으로 알려주는 지표이다. EI에 영향을 줄 수 있는 인자로는 이물질, 차폐, 콜리메이션 등의 검사조건과 장비 출력, 영상수용체 감도 등 다양하다^[4]. 이러한 인자 중에서도 가장 기본적인 인자인 관심영역(region of interest; ROI)EI의 기본개념인 환자를 통해 전달되는 1차선과 환자에 의한 산란선 즉 환자를 통해 전송되는 특정 입사 노출에 대해 ROI에 들어온 신호를 측정하므로 보조관심영역(sub region of interest; sub ROI)는 매우 중요한 인자이다. 교과서에서 손 검사 시 권고하던 조사야의 크기는 8"×10" 크기로 권고하고 있다^[5].

그럼에도 불구하고, 임상에서 손 검사 시 조사야 크기는 교과서에서 권고하는 크기보다 큰 조사야를 사용하는 경우와 방사선사의 개인적 검사 습관에 따라 조사야 크기가 결정하는 경향이 있다. sub ROI는 방사선사가 검사 전 조사야 크기처럼 즉각적으로 검사 중 변경할 수 있는 사항이 아니다. 이런 이유로 인해, 검사의 특성에 맞는 sub ROI의 선택이 아닌 제조사에서 권고하는 방식으로 의지하고 있는 것이 현실이며, 조사야와 sub ROI의 관계가 EI값에 미치는 영향에 대한 선행연구도 매우 미비하다.

이에 본 연구에서는 손 방사선검사 시 조사야 크기와 sub ROI 변화가 EI값에 미치는 영향을 알아보고, 한국인의 평균 손 크기에 적합한 조사야 크기에 적합한 EI값을 제시하고, 각각의 sub ROI에 따른 EI값의 변화율을 제시하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구 대상

본 연구에서는 hand wrist phantom RSD (RSD, CALIFORNIA, US)를 대상으로 하였고, X선 발생장치 XGEO-GC85(Samsung electronics, KOREA)를 사용하였다.

2. 연구 방법

2.1. 실험방법

(1) 영상 획득 방법

Phantom은 영상수용체(detector)에 후전방향(posterior anterior projection; PA)으로 정 중앙에 위치시키고, 중심X선은 셋째 손허리손가락관절을 향해 조사하였다. 조사조건은 질병관리청에서 권고한 진단참고수준 가이드라인을 통해 55 kVp, 125 mA, 6.25 mAs 로 조사하였으며^[6], 초점-영상수용체 간 거리(source to image receptor distance; SID)는 110 cm로 설정하였으며, 각 실험 방법마다 30개의 영상을 획득하였다. Fig. 1과 같다.



Fig. 1. Image acquisition method.

(2) 조사야 설정 방법

조사야 크기는 Fig. 2와 같이 총 4가지로 설정하였으며, 아래와 같이 정의 하였다. 본 연구에서 사용한 조사야 크기 중 ‘교과서 기준’의 경우 현재 정규 교과과정에서 이용되고 있는 교과서를 참고하였다^[5].

- ① 전체개방형(full open type; FC): 본 연구에서 이용한 방사선발생장치에서 최대로 개방할 수 있는 조사야 크기(18.7"×18.7") 적용(Fig. 2-(a)).
- ② 교과서형(text book type; TBC): 교과서에서 권고하는 조사야 크기(8"×10") 적용(Fig. 2-(b)).
- ③ 손 평균 형(average hand type; AC): 한국인 신체측정사이트^[7] 결과를 반영한 한국인 성인의 평

균 손 크기를 조사야 크기(8"×7.4") 적용(Fig. 2-(c)).

④ 최소 크기 형(minimum type; MC) : Hand phantom의 크기를 기준으로 손 검사 시 진단영역을 침해하지 않는 최소한의 조사야 크기(6"×7.4") 적용(Fig. 2-(d)).

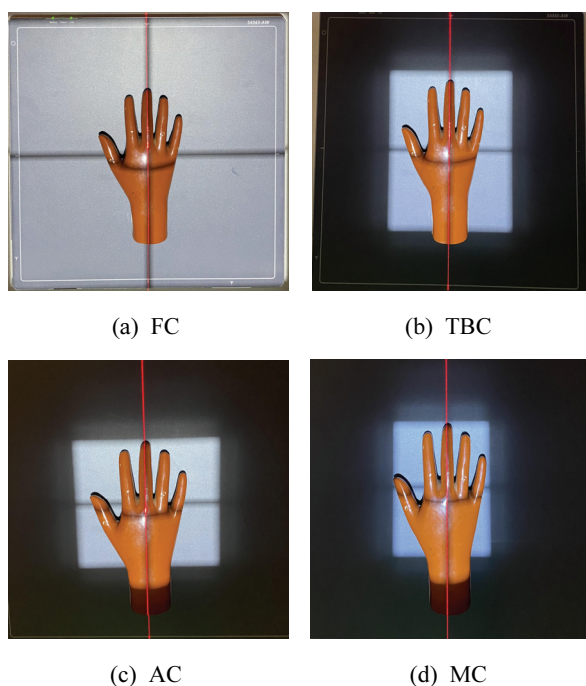


Fig. 2. Image of collimation filed size set in this study.

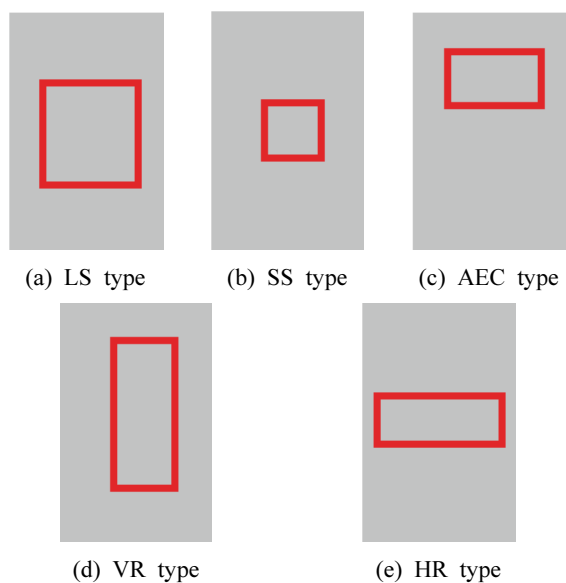


Fig. 3. sub ROI type and features.

(3) sub ROI 설정 방법

Sub ROI는 장비 제조사에서 제공하는 5가지의 sub ROI를 이용하였으며, 그 형태는 Fig 3.과 같다.

2.2. 자료수집방법

(1) 조사야에 따른 EI값에 대한 자료 수집

조사야 크기에 따른 EI 값에 대한 자료수집은 sub ROI를 장비사에서 권장하는 'SS' type으로 고정 후 본 연구에서 설정한 조사야 크기 4가지를 적용했을 때 장비에서 나타나는 EI 값을 기록하였다.

(2) sub ROI 변화에 따른 EI값에 대한 자료 수집

sub ROI변화에 따른 EI 값은 collimation type을 교과서에서 권장하는 'TBC'형태로 고정 후 장비사에서 제공하는 5가지 sub ROI type으로 변화시키며 획득했다.

2.3. 자료 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료는 Shapiro-Wilk검정을 통해 자료의 정규성을 확인하였으며($p > 0.05$), 각 그룹의 평균값의 차이는 일원배치분산분석(one-way ANOVA)를 통해 비교분석하였고, 사후분석으로 Duncan을 이용하였다. 통계프로그램은 SPSS (version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)을 활용하였고, 유의수준(α)은 0.05, 유의확률(p)은 0.05이하를 유의한 것으로 설정하였다.

III. RESULT

1. 조사야 크기 변화에 따른 EI값 비교 결과

sub ROI 'SS'에서 조사야 크기 변화에 따른 EI값은 FC의 경우 1663.7 ± 4.52 , TBC는 1489.1 ± 4.49 , AC는 1716.9 ± 3.00 , TC는 1681.7 ± 3.66 이었으며, 조사야 크기 별 EI의 평균값은 통계적으로 유의한 차이가 있었으며($p < 0.01$), 사후분석 결과 각 그룹의 EI 값은 모두 개별적인 그룹으로 나타났다. Table 1과 같다.

2. sub ROI 변화에 따른 EI값 비교 결과

교과서에서 권장하는 조사야 크기에서 sub ROI 변화에 따른 EI값의 평균은 SS의 경우 1489.1 ± 4.49

이였으며, LS는 1694.8±5.19, AEC는 2052.9±5.96, VR은 1548.3±3.20, HR은 1663.2±4.33로 나타났다. 각 그룹 별 EI의 평균값의 차이는 통계적으로 유의

한 차이가 있었으며(p<0.01), 모두 독립적인 그룹으로 나타났다. Table 2와 같다.

Table 1. Result of EI changes according to collimation field size

collimation size	n	mean ± SD	min	max	F	p
FC	20	1663.7 ± 4.52 ^b	1653.3	1672.3	13082.8	0.01
TBC		1489.1 ± 4.49 ^a	1482.8	1501.9		
AC		1716.9 ± 3.00 ^d	1712.8	1722.3		
MC		1681.7 ± 3.66 ^c	1672.8	1687.6		

1. 'FC' is the case of opening up the entire collimation. 'TBC' is the recommended collimation size in the textbook, 'AC' is the collimation size reflecting the average hand size of Korean adults on the Korean physical measurement site, and 'MC' is the minimum collimation size that does not infringe the diagnostic area during hand examination based on the size of the hand phantom.
2. 'p' value calculated by one-way ANOVA and post-hoc is Duncan.

Table 2. Result of EI changes with sub ROI

sub ROI	n	mean ± SD	min	max	F	p
SS	20	1489.1 ± 4.49 ^a	1487	1491.2	43108.1	0.01
LS		1694.8 ± 5.19 ^d	1692.4	1697.2		
AEC		2052.9 ± 5.96 ^c	2050.1	2055.7		
VR		1548.3 ± 3.20 ^b	1546.8	1549.8		
HR		1663.2 ± 4.33 ^c	1661.1	1665.2		

1. 'SS' is a narrow-range sub ROI, 'LS' is a wide-range sub ROI, 'AEC' is a sub ROI that operates in the same position as the two ion chambers above the auto exposure control of the detector, and 'VR' and 'HR' are sub ROI that detect EI in a long range with vertical and horizontal of the detector
2. 'p' value calculated by one-way ANOVA and post-hoc is Duncan

IV. DISCUSSION

현재 DR system에서는 입사된 선량을 실시간으로 평가할 수 있는 노출지수를 제공한다. 하지만, 제조사마다 노출지수의 측정 방법과 표시 방법이 상이하기에 노출지수를 이용하여 영상 수용체에 입사된 방사선량을 표시하는데 제한점이 있다⁸⁾. 이러한 부분을 개선하고자 IEC에서는 DR system에서 영상 수용체에 입사된 방사선량을 관리할 수 있도록 노출지수를 정의하고 있다⁹⁾. 노출지수에 영향을 주는 인자로는 장비의 출력과 이물질, 차폐, 조사야 크기 등 다양하다. 그 중 조사야는 1차선의 조사범위로 이는 방사선사에 의해 결정된다. 한정된 시간에 많은 환자를 정확하게 검사를 진행해야

하는 현재 임상 상황에서 X선 조사야 크기에 대한 중요도는 떨어지는 것이 현실이다. 이는 실제 선행연구에서도 알 수 있는데, 검사 시 조사야 크기를 조절하지 않거나 부분적으로 시행하는 의료기관이 38.7%로 조사되었다¹⁰⁾. 방사선검사에서 직접적이고 간단한 방법으로 피폭을 감소시킬 수 있는 조사야 크기 조절은 그 중요도가 높다고 할 수 있다. 성인 손에 대한 방사선검사 시 조사야 크기를 최적화하였을 때와 최대화하였을 때 피사체로부터 30 cm 지점에서 산란선을 측정 한 연구에서는 조사야 크기를 최적화했을 경우 산란선량은 평균 0.40 μSv 였고 최대화에서는 평균 2.78 μSv 로서 조사야 크기를 최대화할 경우 최적화할 때보다 약 5.7배 이상 더 많은 산란선량이 발생하는 것으로

나타났다^[11].

본 연구에서는 조사야의 크기를 조절했을 경우 EI의 변화를 알아보았는데, 교과서에서 권고하고 있는 조사야 크기를 적용하였을 경우(EI 663±4.49)에 비해, FC에서는 EI가 11%, AC는 15%, MC는 12% 증가하였는데, EI값은 한국인의 평균 손 크기에 적합한 조사야 크기로 조절한 경우가 가장 크게 나타났으며, EI값은 조사야를 최대로 했을 경우가 가장 적게 나타났다. 이와 같은 영향은 조사야 크기 변화로 인해 물체를 투과한 X선과 직접적으로 detector에 도달한 X선의 영향과 sub ROI 히스토그램의 영향으로 생각된다.

sub ROI 변화에 따른 평균 EI값 비교 결과는 장비사에서 권고하는 sub ROI 'SS'의 EI값(1489.1±4.49)을 기준으로 AEC에서는 EI가 37% LS는 13%, HR은 11%, VR은 3% 증가하는 결과가 나타났다. 이는 sub ROI의 위치가 원인으로 생각된다. 'AEC' type의 경우 sub ROI가 손가락 부분에 위치하게 되고, 그 부분은 직접적인 X선이 detector에 도달하는 부분이 다른 sub ROI type 보다 많기 때문에 이와 같은 결과가 나타난 것으로 사료된다. 손 방사선검사 관련 선행연구에서 손 방사선검사 시 EI 값은 1459.3-1620.3으로 나타났으며^[12], 이 같은 결과는 AEC type을 제외하고는 본 연구의 결과와도 유사하였으나, 선행연구에서는 sub ROI type에 대한 언급이 없어, 본 연구의 결과와 직접적인 비교는 불가능하였다.

현재 교과서에서 권장하는 8"×10"라는 조사야 크기는 필름을 사용하던 시기에 필름 크기를 기준으로 정해진 조사야 크기라고 할 수 있다. 그러므로 한국인 손의 평균적인 손의 크기를 기준으로 조사야를 설정하고 그에 따른 EI값을 제시했다는 점에 본 연구의 의미가 있다고 생각된다. 또한 손 방사선검사 시 EI값과 직접적인 관련이 있는 sub ROI 변화에 따라 EI가 어떻게 변화되는지를 임상적으로 제시했다는 점에 본 연구의 의의가 있다고 사료된다.

본 연구의 제한점은 다양한 방사선발생장치를 이용해 비교하지 못한 점이며, 추후 각 의료기관의 환경에 맞는 다양한 장비를 이용한 연구가 필요하리라 생각된다.

V. CONCLUSION

본 연구는 손 방사선검사 시 조사야 크기 변화와 sub ROI가 EI값에 미치는 영향을 알아보려고 진행하였으며, 본 연구의 결론은 다음과 같다.

손 방사선검사 시 일반적으로 알려진 조사야 크기(8"×10")를 기준으로 조사야 크기가 증가하면 EI값은 최대 15%에서 최소 11%까지 변화되었으며, sub ROI 'SS'를 기준으로 sub ROI 형태 변화에 따라 EI값은 최대 37%에서 최소 3%까지 증가하였다.

그러므로 한국인의 손 크기를 고려했을 때, 조사야 크기는 8"×7.4"가 적절하며, sub ROI는 'SS' type을 적용하는 것이 한국인의 손 방사선검사 시 적정 EI값을 도출하는데 도움이 될 것으로 사료된다.

Reference

- [1] S. M. Lee, "A Review of Hand Function", *Journal of Korean Physical Therapy Science*, Vol. 9, No. 4, pp.155-168, 2002.
- [2] H. J. Yun, J. M. Seo, M. S. Kang, J. H. Baek, "A Clinical Study on Growth and Development of Children Based on Their Bone Age Measured by Hand's X-ray Image and Calcaneus's Ultrasonic Image", *The Journal of Pediatrics of Korean Medicine*, Vol. 22, No. 2, pp.155-170, 2008.
- [3] S. J. Shepard, J. 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. <https://doi.org/10.1118/1.3121505>
- [4] J. Anthony Seibert, Richard L. Morin, "The standardized exposure index for digital radiography: an opportunity for optimization of radiation dose to the pediatric population", *Pediatric Radiology*, Vol. 41, No. 5, pp. 573-581, 2011. <http://dx.doi.org/10.1007/s00247-010-1954-6>
- [5] *Textbook of Radiographic Positioning and Clinical Diganosis*, Vol 4. No. 4, pp. 60-61, 2013.
- [6] Y. M. Ji "Diagnostic Reference Level DRL - general radiography", *Korea Disease Control and Prevention*

Agency, No. 28, pp. 23-30, 2023.

- [7] Size Korea, Standard Body Type, From URL;
<https://sizekorea.kr/human-info/body-shape-class/std-body-shape?measDegree=6&gender=M>
- [8] 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.
- [9] P. K. Cho, "Distribution of the Scatter Ray on Chest X-ray Examinations", The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 12, No. 7, pp. 255-260, 2012. <http://doi.org/10.5392/JKCA.2012.12.07.255>
- [10] J. H. Kim, D. K. Sung, J. W. Kim, "Nationwide Survey of the X-ray Beam Collimator Utilization in General Diagnostic Radiograph", Progress in Medical Physics, Vol. 24, No. 2, pp. 119-126, 2013. <http://dx.doi.org/10.14316/pmp.2013.24.2.119>
- [11] S. K. Choi, "Change of the Scattered Dose by Field Size in X-ray Radiography", The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 13, No. 3, pp. 198-203, 2013. <http://dx.doi.org/http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2013.13.03.198>
- [12] A. Jamil, M. I. Mohd, N. M. Zain, "The Consistency of Exposure Indicator Values in Digital Radiography systems", Radiation Protection Dosimetry, Vol. 182, No. 4, pp. 1-6, 2018. <http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncy082>

손 방사선검사에서 조사야 크기와 보조관심영역 변화가 노출지수 값에 미치는 영향

주영철¹, 홍동희^{2,*}

¹삼성서울병원 영상의학과

²신한대학교 방사선학과

요 약

본 연구는 손 방사선검사에서 조사야 크기와 sub ROI의 변화가 EI값에 미치는 영향을 알아보고, 한국인의 평균 손 크기에 적합한 조사야 크기 및 EI값 제시하고, sub ROI 변화가 EI 값에 미치는 영향을 제시하는데 목적이 있다. hand wrist phantom을 대상으로 했으며, 조사조건은 55 kVp, 125 mA, 6.25 mAs로 설정하였고, 초점-영상수용체 간 거리는 110 cm로 적용하였다. 제조사에서 권고하는 sub ROI('ss' 타입)을 기준으로 조사야 크기 4종류(18.7"×18.7", 8"×10", 8"×7.4", 6"×7.4")와 교과서에서 권고하는 조사야 크기 8"×10"에서 sub ROI 5가지를 변화 시키며, 각각 30개의 영상을 획득하였고, 이때 장비에서 나타나는 EI를 비교분석하였다. 조사야 크기 변화에 따른 EI값은 18.7"×18.7"의 경우 1663.7±4.52, 8"×10"은 1489.1±4.49, 8"×7.4"은 1716.9±3.00, 6"×7.4"은 1681.7±3.66로 나타났으며, 각 값의 평균값은 통계적으로 유의했다. sub ROI 변화에 따른 EI값의 평균은 SS의 경우 1489.1±4.49이었으며, LS는 1694.8±5.19, AEC는 2052.9±5.96, VR은 1548.3±3.20, HR은 1663.2±4.33로 나타났다. 한국인의 손 크기를 고려한 적절한 조사야 크기는 8"×7.4"로 나타났다. 또한 손 방사선검사 시 일반적으로 알려진 조사야 크기(8"×10")를 기준으로 조사야 크기가 증가하면 EI값은 최대 15%에서 최소 11%까지 변화되었으며, sub ROI 'SS'를 기준으로 sub ROI 형태 변화에 따른 EI값은 최대 37%에서 최소 3%까지 증가하였다.

중심단어: 손 방사선검사, 노출지수, 조사야 크기, 하위 조사야

연구자 정보 이력

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