

Radiation Shielding to Minimize Image Information Loss

Su-han Jang¹, Sang-Hyeun Park¹, Myeong-Sik Ju^{2,*}

¹Department of Radiology, Sooncheonhyang University bucheon Hospital

²Department of Radiological Technology, Shongho University

Received: May 17, 2023. Revised: June 15, 2023. Accepted: June 30, 2023.

ABSTRACT

Shielding for reducing exposure dose can make the diagnosis limited. The purpose of this study is to increase the efficiency of radiation protection and minimize the loss of image information by producing the shielding made of the water and the contrast medium which has different proportion and finding out the ideal proportion of them. Each shielding materials were made of water and water-soluble iodine contrast medium with the different proportion. The attenuation rate of absorbed dose was evaluated by the shielding materials in the plastic contents for measuring the efficiency of the radiation protection. As a result, the higher ratio of the contrast medium, the more efficient it is for radiation attenuation. The anatomical structure was observed most properly in case of the solution with 20 ml of the contrast medium and most difficultly in case of more than 60 ml of the contrast medium. In case of the signal intensity between skeleton and gas, the difference of average value had a significant as $p < 0.001$. Shielding with contrast medium attenuates less than the conventional shielding but in the examination for the sensitive part to radiation, it can be used to minimize the loss of the image information and reduce the exposure dose.

Keywords: Loss of image information, Water-soluble iodine contrast agent, Radiation protection, Radiation shielding, Radiation attenuation

I. INTRODUCTION

1895년 뢰트겐이 X-ray를 발견한 후 방사선은 의 료의 진단과 치료 영역에서 많은 발전을 이루었다^[1]. 방사선은 전리와 여기의 물리적 작용을 가지기 때문에 인체에 노출 시 결정적 영향과 확률적 영향 으로 유전자 변화와 같은 다양한 부작용을 일으킨 다^[2]. 방사선 노출의 피해를 줄이기 위해서 국제 방 사선 방호위원회(The International Commission on Radiological Protection, ICRP)는 방사선 방호의 기 본원칙과 권고 사항을 제정하며 많은 노력을 하고 있다. 하지만 의료 기술의 발전으로 방사선을 이용 한 검사가 더 많은 정보를 얻을 수 있게 되면서 검 사의 종류와 건수는 많아지고 그로 인한 의료 방사 선의 피폭 또한 증가하는 추세이다^[3,4].

의료계는 늘어나는 의료 방사선 피폭의 감소를 위해서 ALARA (As Low As Reasonably Achievable) 원칙에 따라 방사선 방호 연구를 활발히 이루어 가 고 있다. 방사선 방호를 위해서 방사선량을 감소시 키거나 새로운 차폐체를 개발하는 등이 그 예이다^[5-7]. 방사선 촬영에서 차폐는 환자의 생식선이나 갑 상선과 같이 생물학적 감수성이 높은 부위를 차폐 하기 위해서 주로 사용하며 방사선이 물질과의 상 호작용으로 발생하는 산란선에 의한 의료진의 피 폭을 저감할 목적으로 사용한다. 방사선 차폐를 위 해서 사용하는 차폐체는 과거 0.25mm 이상의 납 (Pb)을 주로 이용하였다^[8].

납은 차폐 효율이 좋지만 내구성이 약하고 장기 간 노출 시 인체에 축적되어 유해한 질환이 나타날 수 있어 비스무트, 텅스텐 등을 이용한 무연 소재

* Corresponding Author: Myeong-Sik Ju E-mail: schbc@naver.com Tel: +82-33-340-1129 Address: 210, Namsan-ro, Hoengseong-eup, Hoengseong-gun, Gangwon-do, Republic Korea

연구가 활발히 이루어지고 있다^{9,10}. 방사선 차폐체에 이용되는 일련의 물질들은 높은 원자번호를 가지고 있다. X선이나 감마선과 같이 투과력이 높은 방사선의 차폐는 차폐체의 원자번호가 크고 밀도가 높을수록 방사선의 감쇠가 커지기 때문이다. Fig. 1은 방사선 일반 촬영에서 방사선 감수성이 높은 부위에 차폐체를 적용 시 차폐체를 투과하는 방사선은 대부분 감쇠되어 검출기에 투영되는 영상은 상대적으로 희게 표현된다. 방사선의 감쇠로 인해 희게 표현된 부위는 영상 진단에 있어 해부학적 구조물의 정보 전달 기능은 온전히 수행하지 못한다.

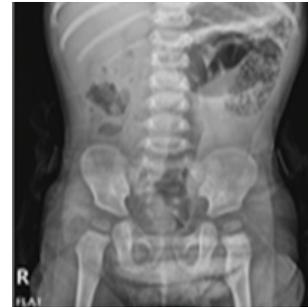
방사선 감수성이 높은 부위가 포함된 검사는 적절한 방사선 방호가 이루어져야 하지만 골반강의 장내 가스나 고관절, 엉치 엉덩 관절, 두덩 결합 등의 해부학적 구조물의 관찰이 필요한 경우 생식선 차폐체로 인한 영상 정보의 손실을 이유로 차폐가 이루어지기 어렵다.

차폐로 인해 발생하는 영상 정보 손실은 판독자가 영상을 판독할 때 제한점을 발생시키기 때문에 목적 부위의 영상 정보가 손실되는 경우 재촬영을 시행해야 한다. 검사자는 차폐체로 인한 영상 정보의 손실과 방사선 방호 활동 가운데 합리적인 선택해야 하는 것이다. 방사선 차폐체가 목적 부위의 영상 정보에 영향을 주지 않는다면 차폐 효율이 높은 차폐체를 사용하여 적극적으로 방사선 피폭을 최소화하는 방호 활동을 시행해야 한다. 하지만 차폐 부위가 조사야에 포함되어 관찰하는 목적 부위이거나 가까이 위치하여 차폐로 인한 영상 정보 손실의 영향이 있는 경우, 진단 정보 손실을 최소화하고 재촬영으로 인한 방사선의 노출을 감소시키기 위해 효율적인 새로운 차폐체 개발이 필요하다.

차폐체의 재료 효율을 분석한 ‘몬테카를로 시뮬레이션’을 이용한 차폐 효율 분석에서 요오드는 82.80%의 높은 차폐 효율을 가지고 있다¹¹. 수용성 요오드 조영제는 혈관계 검사를 위해 흔히 사용되며 물과 희석해 요오드의 농도를 조절하여 차폐 효율을 결정할 수 있다.

본 연구에서는 새로운 차폐체의 주요 재료로 수용성 요오드 조영제를 이용하여 요오드의 농도 변화에 따른 방사선 차폐체의 방사선 감쇠율을 비교

평가하여 영상 정보의 손실을 최소화하고 차폐체로서 이용 가능한 차폐 효율을 평가하고자 한다.



(a) Abdominal imaging of the child did not properly shield the gonads



(b) Loss of image information of hip joint area due to gonads shield in hip frontal image



(c) It is an image in which image information of a child's abdomen cannot be observed by a shield

Fig. 1. Image loss due to radiation shield.

(a) no shielding, (b, c) shielding.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 기기

1.1. X선 발생장치

DK 메디컬에서 제조한 진단용 X선 발생장치 (FCX RP-01A. Shimadzu, Japan)를 이용하였다.

1.2. 전신팬텀

영상 획득을 위해 전신 팬텀(PBU-60, kyoto kagaku, Japan)을 이용하였다.

1.3. 흡수선량 측정기

차폐체를 투과한 X선 흡수선량의 감약 정도를 측정하기 위해서 흡수선량 측정기(RaySafe XI, LACO, sweden)를 사용하였다.

1.4. 방사선 차폐 도구

방사선 차폐 도구 제작에는 수용성 요오드 조영제(이오메론 300(주))와 물을 혼합하여 제작하였다.

1.5. 영상분석

영상분석은 PACS system (DEJA-view, dong-eun information, Korea)을 이용하여 영상의 신호강도를 측정하고 SPSS Statistics 29.0 (SPSS for Windows, SPSS Inc., Chicago, IL)로 통계 분석하였다.

2. 실험 방법

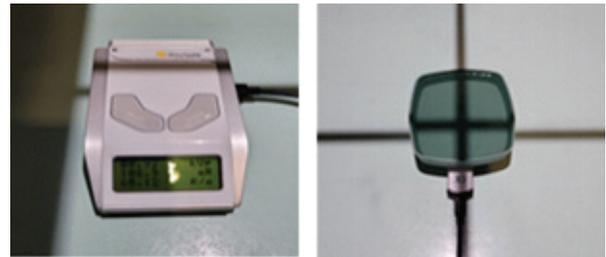
2.1. 차폐체 제작

방사선 차폐체를 제작하기 위해서 수용성 요오드 조영제 이오메론 300(주)와 요오드의 농도 조절을 위해서 물을 사용하였다. 차폐체는 수용성 요오드 조영제 100%, 물 100%을 준비하여 수용성 요오드 조영제와 물을 각각 80 : 20, 60 : 40, 40 : 60, 20 : 80 비율로 희석하여 100ml를 각각 제작하였다. 제작한 차폐 도구는 두께 약 1.5cm가 되도록 폴리에틸렌 용기에 담아 가로 9.5cm, 세로 9.5cm 크기로 제작하였고, 내용물이 액체이기에 차폐체를 적용했을 때 약간의 두께 차이가 있었다.

2.2. 차폐체 차폐 효율 측정

제작한 수용성 요오드 조영제 혼합물의 효율을 측정하기 위해서 차폐 물질을 투과한 X선의 흡수선량 감쇠율을 측정하였다. 조사 조건은 생식선을 차폐를 가정하였으며, 골반 촬영조건을 기준으로 조사야 40x40cm, 관전압 80kVp, 관전류 200mA, 조사시간 100ms, 20mAs, 거리 110cm를 기준으로 실

험 하였다. 조사야의 중심에 R/F 검출기를 두고 측정기 위에 차폐체를 가로 9.5cm, 세로 9.5cm 크기의 플라스틱 용기에 담아 조사하였다. Fig. 2와 같이 차폐체마다 각각 5회 조사를 시행하고 감쇠된 조사선량 mR을 측정하였다. 조사선량 값은 흡수선량 단위인 mGy로 환산하고 평균값을 산출하였다.



(a) R/F detector (b) Shielding settings for R/F detectors

Fig. 2. Dosimeter measurement method.

2.3. 차폐체 성분에 따른 영상 정보 획득

차폐체에 따른 영상 정보 손실 정도를 확인하기 위해서 Fig. 3과 같이 전신 팬텀의 골반강 부위를 수용성 요오드 조영제 혼합물로 차폐하고 골반 영상을 획득하였다. 획득한 영상은 영상의학과 근골격 전문의 2명과 근무 경력 10년차 이상의 방사선사 8명이 비교 평가하였다. 평가 시 영상 정보의 소실 정도만을 평가하기 위해서 방사선 감쇠에 대한 정보는 제공하지 않았다. 혼합 비율에 따른 요오드 조영제 차폐체가 적용된 영상은 골반강 내 가스, 영치 엉덩 관절, 두덩뼈 결합을 모두 관찰하기 좋은 영상을 선택하도록 하였다.

차폐 부위가 영상에서 나타내는 실제 신호 강도의 차이를 확인하기 위해서 주요 해부학적 관찰 부위에 해당하는 영치 엉덩 관절의 골격과 가스 위치의 신호 강도를 Fig. 4와 같이 30회씩 반복 측정하였다. 측정한 골격과 가스의 신호강도 평균값 차이는 차폐 부위의 대조도 차이를 나타낸다. 차폐체의 성분에 따른 신호 강도의 평균 차이가 있는지 알아보기 위해서 SPSS를 사용하여 일원 분산 분석을 시행하였다. 사후분석으로 scheffe test를 사용하여 차폐체의 성분에 따른 신호 강도 차이를 재확인하였다.

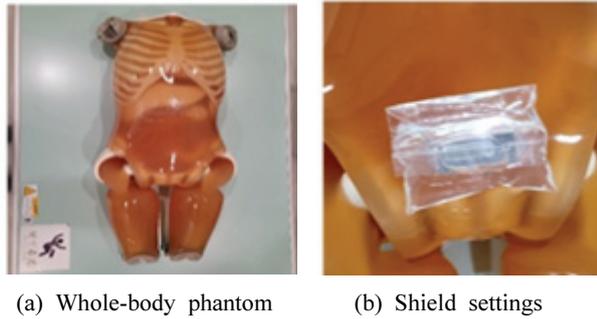


Fig. 3. This is a shield image of pelvic cavity using a whole-body phantom.

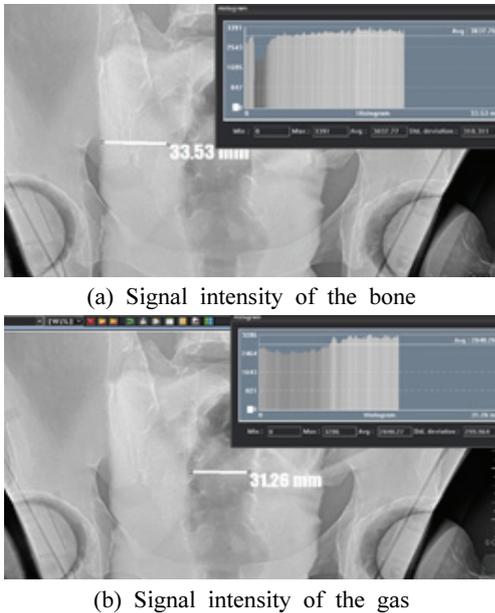


Fig. 4. Measurement of signal strength of pelvis bone and gas.

III. RESULT

1. 차폐체의 성분에 따른 흡수선량 감쇠

흡수선량 감쇠를 분석하기 위해서 골반 일반촬영 조사선량을 기준으로 차폐체 없이 용기만을 두고 5회 조사 시 평균 964mGy의 흡수선량이 R/F 검출기에 측정되었다. 이것을 기준으로 성분별로 차폐 후 5회씩 조사하였을 때 조사선량 평균 감쇠는 Table 1과 같다. 수용성 조영제 100ml 사용 시 평균 23mGy를 측정되어 Table 2에서 기준 대비 97.62%, 수용성 조영제와 물을 각각 60:40, 40:60, 20:80로

희석하여 차폐한 결과 평균 69mGy로, Table 2와 같이 차폐체의 유무에 따라 흡수선량의 감쇠율은 92.84%, 128 mGy로 86.71%, 258mGy로 73.24%의 감쇠를 보였다. 물 100ml로 차폐 시 평균 619mGy로 기준 대비 35.79%의 감쇠가 있었다.

Table 1. Absorption dose attenuation according to shield components (unit: mGy)

Division	1st	2nd	3rd	4th	5th	Avg.
Without shielding	963	968	958	963	966	964
Contrast 100ml	23	23	23	24	23	23
Contrast 60ml + water 40ml	69	71	68	67	69	69
Contrast 40ml + water 60ml	134	129	126	125	130	128
Contrast 20ml + water 80ml	266	257	255	252	263	258
water 100ml	620	614	624	617	621	619

Table 2. Absorbed dose attenuation ratio with shielding compared to without shielding

Division	Absorbed dose attenuation ratio
Contrast 100ml	97.6%
Contrast 60ml + water 40ml	92.8%
Contrast 40ml + water 60ml	86.7%
Contrast 20ml + water 80ml	73.2%
Water 100ml	35.7%

2. 차폐체의 성분에 따른 영상평가

차폐체를 사용한 골반강의 영상 Fig. 5의 평가 결과 방사선사 8명 중 2명은 수용성 요오드 조영제 40ml 혼합물 영상을 선택하였고, 6명은 20ml 혼합물 영상을 선택하였다. 영상의학과 전문의 2명은 수용성 요오드 조영제 20ml 혼합물 영상을 선택하였다. Fig. 4과 같이 평가자 10명 모두 수용성 요오드 조영제의 비율이 60ml 이상 혼합물인 경우 영상에서 영치 영덩 관절과 골반강 내의 가스 확인이 어려웠으나 20ml 혼합물의 경우 가스를 비롯한 전반적인 해부학적 구조물의 관찰이 가능하다고 평가했다. Table 3에서 차폐 부위 골격과 가스 신호강도 차이 분석에서 $F = 208.7$, $p = 0.001$ 로 유의수준 0.001을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다. 따라서 대립가설인 차폐체 성분에 따른 골격과 가스의 신

호강도 차이 평균 차이가 있다고 할 수 있다. Table 3의 scheffe test 결과 신호 강도 차이 평균은 조영제의 혼합 비율이 높아질수록 평균값의 차이가 높아지는 것을 알 수 있다. Table 4의 영치 영덩 관절의 골격 신호 강도는 수용성 요오드 조영제가 40ml 이상 혼합물일 경우 신호 강도의 증가가 감소하였다. 가스의 신호 강도는 수용성 요오드 조영제 60ml 이상에서 증가가 감소하였다. 수용성 요오드

조영제의 비율이 높을수록 밝게 나타나는 영치 영덩 관절의 골격 부위와 어둡게 나타나는 가스의 신호 강도 차이가 작게 나타났다. 신호 강도의 차이가 작게 나타나는 것은 가스와 골격의 성분에 의한 흡수선량의 차이가 나타내는 영상의 대조도가 낮아져 해부학적 구조물의 관찰이 어렵다는 것을 말한다.

Table 3. Comparison of signal intensity differences in shielding area (n=210)

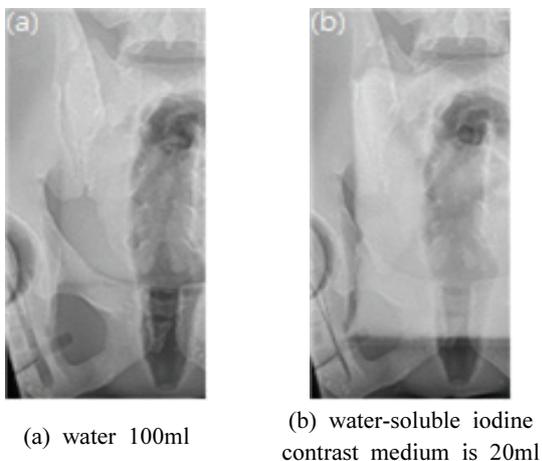
Division	Signal intensity difference					
	n	Avg	SD	F	p	scheffe
Without shielding(a)	30	726.9	75.6			
Contrast 100ml(b)	30	172.0	97.3			
Cont. 80 + water 20ml(c)	30	295.4	87.7			
S.I Cont. 60 + water 40ml(d)	30	385.3	107.6	208.7	0.001	g>a>f>e>d>c>b
Cont. 40 + water 60ml(e)	30	510.1	78.7			
Cont. 20 + water 80ml(f)	30	695.4	82.1			
Water 100ml(g)	30	747.7	71.			

(S.I = Signal intensity, Cont.=contrast , n=Number , Avg.=Average, SD=Standard deviation, p<.05, ** p<.01, *** p<.001)

Table 4. Average value of signal strength measurement at the area where the shield is applied

Division	Signal intensity		
	n	S-I Joint avg.	Gas avg.
Without shielding	30	3006.6	2277.6
Contrast 100ml	30	3520.4	3348.3
Cont. 80 + water 20ml	30	3475.5	3180.1
Cont. 60 + water 40ml	30	3445.6	3060.2
Cont. 40 + water 60ml	30	3440.4	2930.3
Cont. 20 + water 80ml	30	3300.5	2605.0
Water 100ml	30	3171.7	2424.0

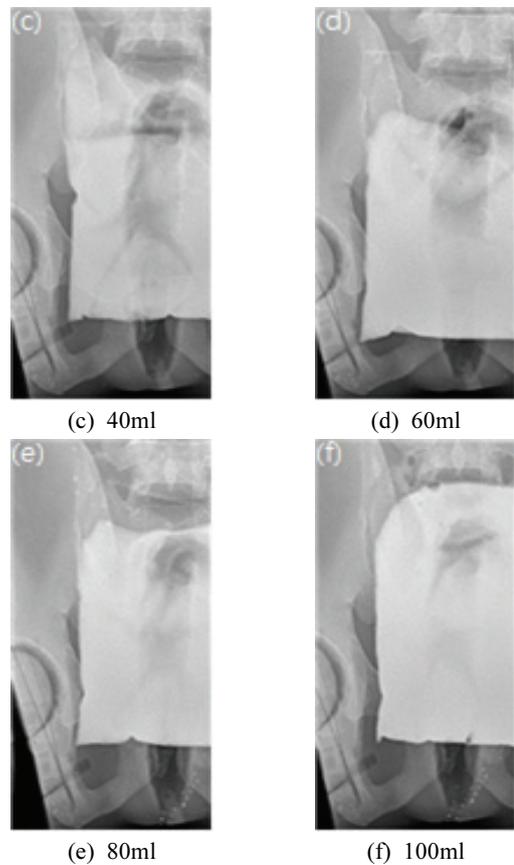
(Cont.=contrast , n=Number , Avg.=Average)



(a) water 100ml

(b) water-soluble iodine contrast medium is 20ml

Fig. 5. Image of pelvic cavity using mixed shielding.



(c) 40ml

(d) 60ml

(e) 80ml

(f) 100ml

Fig. 5. Image of pelvic cavity using mixed shielding.

IV. DISCUSSION

ICRP는 외부 방사선에 의한 피폭을 감소하기 위해서 방호의 3대 원칙으로 시간, 거리, 차폐를 이용하여 방사선 피폭을 최소화하도록 권고하고 있다. 방사선에 노출되는 시간은 최소화하고 선원으로 부터 최대한 멀리하며, 선원과의 사이에 적절한 차폐를 사용하는 것이다. 방사선 방호 활동 중 차폐는 방사선 차폐체 소재와 효율을 주제로 다양한 분야에서 활발히 연구되고 있다^[12,13]. 하지만 기존의 차폐체 연구들은 대부분 방사선을 차폐 성능을 높이는 방법에 집중되어 있다. 방사선 차폐에 사용되는 높은 원자번호의 물질들은 방사선을 이용한 영상에서 영상의 질을 저하하는 요인 중 하나이다^[14,15]. 환자의 건강과 안전을 위해서 방사선 차폐는 반드시 이루어져야 하지만 차폐가 이루어지는 부위가 관찰하는 목적 부위이거나 가까운 경우, 차폐로 인하여 영상 정보의 손실이 발생한다. 복부나 골반, 고관절 검사에서 생식기 차폐 시 발생하는 사례가 대표적이다. 또한 갑상선이나 수정체는 방사선 감수성이 높아 차폐가 필요하지만 검사에서 관찰하는 목적 부위가 목이나 머리인 경우 차폐 부위와 완전히 겹치게 되어 필요한 영상 정보를 획득하지 못하므로 차폐를 시행하지 않았다. 검사자는 방사선 차폐가 재촬영을 발생시킬 확률을 높이는 경우 적극적으로 방사선 방호 활동을 시행하지 못한다. 차폐체 사용으로 발생할 수 있는 영상 정보의 손실은 재촬영을 발생시키고 환자의 피폭 선량을 증가시키기 때문이다. 특히 소아는 방사선 감수성이 높기 때문에 불필요한 피폭선량의 감소를 위해서 움직임을 방지하는 고정장치와 방사선 노출시간의 최소화 등을 활용하여 기술적 원인으로 발생하는 재촬영을 최소화하고 있다. 하지만 여전히 움직임이나 적절하지 못한 차폐로 적지 않은 방사선에 노출되고 있다. 소아 생식선 차폐에서 성별과 나이에 따른 차폐체의 구조와 위치에 대한 정확한 차폐가 더욱 중요한 이유이다^[16].

방사선 차폐체는 대부분 방사선의 완전한 차폐를 목적으로 한다. 기존의 차폐체는 방사선 피폭을 효과적으로 감소시키지만 차폐 부위가 조사야 내

에 포함되어 있다면 영상 정보 손실이 발생한다. 본 연구에서는 일반 촬영에서 목적 부위가 조사야 안에 포함되는 경우 영상 정보의 손실을 최소화하며 방사선 피폭을 감소시키는 방안을 모색하였고 그 대상으로 수용성 요오드 조영제를 선택하였다. 수용성 요오드 조영제는 요오드 혼합물로서 요오드는 높은 원자번호를 가지며 방사선 차폐 효율이 높다^[17]. 또한 수용성의 성질을 가지므로 물을 사용하여 희석 적용할 수 있어, 방사선 차폐 효율을 쉽게 조절할 수 있는 장점이 있다. 수용성 요오드 조영제는 혈관계 조영 검사에서 많이 사용되고 있다. 사용된 조영제는 교차 감염의 위험성 때문에 사용 후 남은 조영제는 폐기하고 있으며 폐기 시 환경오염 문제가 발생한다^[18,19]. 본 연구에서 제안한 수용성 요오드 조영제 차폐체 이용 시 사용 후 폐기 예정의 조영제를 쉽게 구할 수 있을 뿐만 아니라, 조영제의 재활용 측면에서도 환경오염을 줄일 수 있어 경제적이면서 친환경적이다. 수용성 요오드 조영제를 사용한 차폐체는 조영제와 물의 희석 비율과 두께 조절을 통해서 납과 같이 투과하는 방사선의 고효율 차폐에서부터 차폐한 부위의 해부학적 구조물이 영상에서 관찰 가능한 정도로 성능 조절이 가능했다. 납 또는 알루미늄과 같이 일반적인 차폐나 필터에 사용되는 물질들도 두께 조절을 통해서 가능하지만 재형이 어렵고 너무 얇은 경우 구부러져 쉽게 파손되는 등의 단점이 있다. 수용성 요오드 조영제를 사용한 차폐체의 차폐 효율은 조영제의 농도가 높을수록 증가하지만 그와 비례하여 영상 정보의 손실이 증가한다. 적절한 영상 정보의 획득을 위해서는 낮은 농도의 수용성 요오드 조영제가 방사능 차폐에 얼마나 효과적인지가 중요했다. 영상평가에서 20 ml의 수용성 요오드 조영제와 80 ml의 물을 혼합한 차폐체는 방사선 흡수선량을 73.24% 감쇠율을 가지면서도 영치 영덩 관절, 두덩뼈 결합, 골반강 내 가스의 위치와 같은 해부학적 구조물의 관찰이 충분히 가능했다. 또한 골격과 가스의 신호강도 차이가 차폐체가 없을 때와 유사하여 충분한 대조도를 지니는 것을 알 수 있었다.

수용성 요오드 조영제 차폐체는 방사선 감수성이 높은 부위가 검사 목적 부위이거나 그 근거리에서 차폐가 필요할 때 발생할 수 있는 영상 정보 손

실에 상대적으로 자유롭다. 이에 보다 더 적극적인 방사선 방호 활동이 가능할 것으로 사료 된다.

수용성 요오드 조영제 혼합 차폐체는 방사선 감수성이 높은 목적 부위의 영상 정보 전달을 위한 차폐체로 활용하는 것을 제한한다. 방사선 방호 활동은 기존의 방사선 차폐를 목적으로 하는 차폐체의 차폐 효율에 미치지 못하는 못한다. 하지만 기존의 차폐체를 이용 시 목적 부위 또는 주위 해부학적 구조물의 영상 정보 손실로 임상 진단적 가치가 감소할 경우 기존 차폐체와 비교할 때 충분한 의미가 있다.

수용성 요오드 조영제 차폐체를 이용 시 해부학적 구조물을 관찰하기에 충분하지만, 진단 영상에서 차폐체 유무로 인한 영상 정보 손실에 대한 의료진과 충분한 협의가 필요하다. 의료영상에서 정보의 정확한 전달은 매우 중요하다. 잘못된 정보의 전달은 환자에게 진단이나 치료에 영향을 미칠 수 있다. 수용성 요오드 조영제를 활용한 차폐체는 영상 정보의 손실을 최소화하며 보다 정확한 정보를 전달할 수 있고, 방사선 방호가 필요한 감수성이 높은 부위 검사에서 적극적으로 사용할 수 있다. 수용성 요오드 조영제의 활용은 차폐체 적용 검사 증가로 매년 높아지고 있는 국민 방사선 피폭량을 실질적으로 줄이고 건강에 이바지할 수 있을 것으로 사료 된다. 다만 인체의 부위나 두께 체질량에 따라 영상 정보 손실 정도가 다르기 때문에 다양한 부위와 조건에 따른 차폐체의 용량이나 농도에 대한 추가적인 연구와 차폐체를 안정적으로 담을 수 있는 전용 용기가 필요할 것이다.

V. CONCLUSION

방사선 일반촬영에서 기존의 방사선 차폐체는 투과하는 방사선을 효과적으로 감쇠하지만 조사야에 포함될 경우 영상 정보 손실이 발생한다. 본 논문에서 사용한 수용성 요오드 조영제 차폐체는 방사선 감쇠 효율은 기존의 차폐체보다 떨어지지만 차폐체가 관찰하는 목적 부위 이거나 가까이 위치하여 차폐체를 적용하지 못하는 경우에 사용하여 영상 정보 손실을 최소화하면서 피폭선량 감소의 역할을 할 수 있다.

Reference

- [1] J. B. Boice Jr, L. T. Dauer, K. R. Kase, F. A. Mettler Jr, R. J. Vetter, "Evolution of radiation protection for medical workers", *The British Journal of Radiology*, Vol. 93, No. 1112, pp. 20200282, 2020. <http://dx.doi.org/10.1259/bjr.20200282>
- [2] M. E. Lomax, L. K. Folkes, P. O'Neill, "Biological consequences of radiation-induced DNA damage: relevance to radiotherapy", *Clinical oncology*, Vol. 25, No. 10, pp. 578-585, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.clon.2013.06.007>
- [3] K. P. Kim, "Assessment of Radiation Exposure of Korean Population by Medical Radiation", *Korea Disease Control and Prevention Agency*, Vol. 14, No. 23, pp. 1625-1632, 2021.
- [4] W. J. Kim, M. Y. Lee, I. Park, J. O. Lee, K. P. Kim, "Analysis of National Medical Radiation Exposures by General Radiography", *Journal of Radiation Industry*, Vol. 13, No. 1, pp. 61-69, 2019. <http://dx.doi.org/10.23042/radin.2019.13.1.61>
- [5] M. Y. Park, S. E. Jung, "CT radiation dose and radiation reduction strategies", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 54, No. 12, pp. 1262-1268, 2011. <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2011.54.12.1262>
- [6] W. K. Jeong, "Radiation exposure and its reduction in the fluoroscopic examination and fluoroscopy-guided interventional radiology", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 54, No. 12, pp. 1269-1276, 2011. <http://dx.doi.org/10.5124/jkma.2011.54.12.1269>
- [7] S. C. Kim, M. H. Park, "Development of radiation shielding sheet with environmentally-friendly materials; II: evaluation of Barum, Tourmaline, silicon polymers in the radiation shielding sheet", *Journal of radiological science and technology*, Vol. 34, No. 2, pp. 141-147, 2011.
- [8] K. S. Pak, J. W. Lee, C. Y. Lim, K. D. Park, S. Kim, S. Y. Lee, T. H. Lee, J. Yong, D. H. Gwak, "Ministry of Food and Drug Safety, Development of test and evaluation method for radiation protection device", *National Institute of Food and Drug Safety Evaluation*, 2019.
- [9] P. K. Cho, Y. H. Kim, I. J. Choi, J. P. hung, S. G.

- Chang, H. Lee, "Assessment of the Eye Lens Dose Reduction by Bismuth Shields in Rando Phantom Undergoing CT of the Head", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 31, No. 2, pp. 171-175, 2008.
- [10] S. C. Kim, "Prediction of shielding performance by thickness by comparing the single and laminated structures of lead-free radiation fusion shielding sheets", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 12, No. 1, pp. 105-110, 2021.
- [11] K. J. Kim, J. G. Shim, "A Study on the Shielding Element Using Monte Carlo Simulation", *Journal of Radiological Science and Technology*, Vol. 40, No. 2, pp. 269-274, 2017.
<https://doi.org/10.17946/JRST.2017.40.2.12>
- [12] Y. J. Heo, S. U. Yang, J. K. Park, "A Study on the Non-Toxic Compound-based Multi-layered Radiation Shielding Sheet and Improvement of Properties", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 14, No. 2, pp. 149-155, 2020.
<http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2020.14.2.149>
- [13] S. C. Kim, "Effects of laminated structure and fiber coating on tensile strength of radiation shielding sheet", *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 11, No. 6, pp. 83-88, 2020.
<http://dx.doi.org/10.15207/JKCS.2020.11.6.083>
- [14] H. W. Goo, "Pediatric CT: Understanding of Radiation Dose and Optimization of Imaging Techniques", *The Korean Society of Radiology*, Vol. 52, pp. 1-5, 2005.
<http://dx.doi.org/10.3348/jkrs.2005.52.1.1>
- [15] J. Rumanek, M. Kudlas, "Shielding in Medical Imaging and Radiation Therapy", *Radiologic Technology*, Vol. 89, No. 5, pp. 449-463, 2018.
- [16] S. H. Choi, J. E. Park, K. R. Dong, W. K. Chung, Y. J. Ju, N. H. Yang, "Usability Evaluation through Gonad Shielding Production of Pediatric Patients by Gender and Age Rating", *Journal of Radiation Industry*, Vol. 9, No. 2, pp. 69-75, 2015.
<http://dx.doi.org/10.23042/radin.2015.9.2.69>
- [17] S. C. Kim, "Development of Shielding using Medical Radiological Contrast Media; Comparison Analysis of Barium Sulfate Iodine Shielding ability by Monte Carlo Simulation", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 11, No. 5, pp. 329-334, 2017. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2017.11.5.329>
- [18] S. E. Jung, "Prevention of infection from contrast agents", *Journal of the Korean Medical Association*, Vol. 63, No. 3, pp. 141-144, 2020.
<https://doi.org/10.5124/jkma.2020.63.3.141>
- [19] H. S. Yoom, H. J. Son, D. C. Ryu, S. H. Jang, "Occurrence of X-ray Contrast Media (Iopromide) in the Nakdong River Basin", *The Korean Environmental Sciences Society*, Vol. 21, No. 9, pp. 1131-1138, 2012.
<http://dx.doi.org/10.5322/JES.2012.21.9.1131>

영상 정보 손실을 최소화하는 방사선 차폐체 연구

장수한¹, 박상현¹, 주명식^{2,*}

¹순천향대학교 부천병원 영상의학과

²송호대학교 방사선학과

요 약

방사선 감수성이 높은 부위의 방사선 검사 시 피폭선량 감소를 위해 사용하는 차폐체가 조사야에 포함될 경우 방사선 영상에서 밝게 표현되며 영상 정보의 손실이 발생한다. 영상 정보의 손실은 진단과 치료에 제한점을 주며 재촬영이 필요할 경우, 불필요한 방사선에 노출될 수 있다.

본 논문에서는 수용성 요오드 조영제와 물을 혼합한 다양한 농도의 차폐체를 제작하여 영상 손실을 최소화하면서 기존 차폐체와 동등한 차폐 효과를 발생하는 방사성 방호 차폐체를 연구하고자 하였다. 차폐체는 물 100 ml, 수용성 요오드 조영제 100 ml, 수용성 요오드 조영제와 물을 20 : 80, 40 : 60, 60 : 40, 80 : 20 비율로 각각 100 ml를 제작했다. 차폐 효율을 측정하기 위해서 차폐체를 가로 9.5 cm, 세로 9.5cm의 플라스틱 용기에 약 1.5 cm 높이로 담고 흡수선량 감쇠율을 평가하였다. 조사 조건은 골반 촬영 조건을 기준으로 5회 반복 측정하였고 측정된 조사선량 값을 흡수선량 값으로 변환한 뒤 평균값을 산출 비교하였다. 영상 정보 손실 정도는 팬텀의 골반강 부위를 차폐하고 획득한 영상을 근골격 전문의 2명과 방사선사 8명이 주요 해부학적 구조물의 관찰 정도를 평가 후 선택하였다. 또한 차폐한 부위의 영상에서 표현되는 골격과 가스의 신호 강도 차이를 분석한 결과 방사선 감쇠 효율성은 수용성 요오드 조영제의 비율이 높을수록 높은 차폐 효율을 나타냈다. 영상 정보의 손실 평가에서 평가자들은 수용성 요오드 조영제 20 ml 혼합물에서 해부학적 구조물의 관찰이 용이하다 평가하였으며 60 ml 이상의 혼합물에서는 구조물의 관찰이 불가능하였다. 골격과 가스의 신호강도 차이는 $p < 0.001$ 로 평균값의 차이가 유의미한 차이가 있었으며, 조영제의 농도가 높을수록 신호 강도의 차이는 적었다. 수용성 요오드 조영제 차폐체는 방사선 감쇠 효율이 기존의 차폐체 보다 떨어지지만, 차폐체가 관찰하는 목적부위 이거나 가까이 위치하여 차폐체를 적용하지 못하는 경우에 사용한다면, 영상 손실을 최소화하며 보다 더 적극적인 방사선 방호의 역할을 수행할 수 있다.

중심단어: 영상 정보 손실, 수용성 요오드 조영제, 방사선 방호, 방사선 차폐, 방사선 감쇠

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	장수한	순천향대학교 부천병원 영상의학과	방사선사
(공동저자)	박상현	순천향대학교 부천병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	주명식	송호대학교 방사선과	교수