

피폭선량저감 섬유의 개발과 CT 검사시 산란선 차폐 효과

김성환^{1*}, 김용진², 곽종석³

¹청주대학교 방사선학과, ²계명대학교 경주동산병원, ³(주)버팔로

Development and Radiation Shield effects of Dose Reduction Fiber for Scatter ray in CT Exams

Sunghwan Kim^{1*}, Yong Jin Kim² and Jong Suk Kwak³

¹Department of Radiologic Science, Cheongju University

²Department of Radiology, Kyungju Dongsan Hospital

³Buffalo Company Ltd

요 약 본 연구에서는 평균 입자의 크기가 1 ~ 500 μm 인 산화비스무스(Bi_2O_3)와 평균 입자의 크기가 5 ~ 50 nm인 나노 황산바륨(BaSO_4)을 사용하여 선량저감섬유(DRF; dose reduction fiber, (주)버팔로)를 개발하였다. 개발된 섬유를 시트 형태로 제작한 후 CT 검사시 발생한 산란선에 대한 차폐 특성을 조사하였다. 특성평가는 전리조와 인체 팬텀을 이용한 팬텀실험과 유리선량계를 이용한 임상실험을 병행하여 진행하였다. 임상실험에서는 3개 종합병원 60명의 환자에 대한 흉부 및 두부 CT 검사시 선량저감섬유를 사용하였을 때와 사용하지 않았을 때 안구, 흉부, 복부 및 생식선의 피부 및 심부 선량을 비교하여 차폐효과를 평가하였다. 본 연구를 통하여 개발된 선량저감섬유는 산란선에 의한 두부 및 흉부에 불필요한 피폭선량을 20~50% 정도 저감할 수 있는 것으로 확인되었으며, CT 검사시 본 섬유를 활용한다면 환자 피폭선량을 포함한 국민 총피폭선량 경감에 기여할 수 있을 것이다.

Abstract In this study, we developed and characterized the shielding properties of dose reduction fiber (DRF, Buffalo Co.) sheet during brain and chest CT examinations. The DRF sheet was composed of 1 ~ 500 μm oxide Bismuth (Bi_2O_3) and 5 ~ 50 nm nano-barium sulfate (BaSO_4). Phantom and clinical studies were performed for characterization of the DRF shielding properties. In clinical study, we measured doses of eye, chest, abdomen and reproductive system of 60 patients in 3 hospitals during brain and chest CT examinations. We could determine the shielding effect of the DRF by comparing the doses when we used the DRF sheet or not. When we used the sheet during CT examination, the scattered dose were reduced about 20 ~ 50%. So, we suggest that the fiber should be used in radiological examinations for reducing patients doses.

Key Words : CT, Dose reduction fiber, Patient dose, Scatter ray, Shield

1. 서론

1895년 뢰트겐에 의해 X선이 발견된 이래, 의료용 X선은 질병의 진단과 치료에 중요한 역할을 수행하여 왔으며, 현대 의학의 발전과 더불어 인류의 생명 보호와 의학 발전에 있어서 X선의 활용과 중요도는 더욱 증가하고 있다. 하지만 X선의 사용량이 증가함에 따라 환자나 보

호자 및 방사선 작업 종사자의 불필요한 방사선에 의한 피폭 또한 증가하고 있다. 2007년 ICRP 신권고안에서는 의료 피폭에서 방사선 방어의 원리에 대하여 규정하고 있으며, 의료 방사선을 안전하게 사용하기 위해서 의학적 검사의 정당성 확보, 의료피폭에서 방어의 최적화, 선량 한도를 정하고 있다[1]. 의료방사선은 방사선 피폭에 의한 위해보다 환자가 얻을 수 있는 이익이 더 크기 때문에

*Corresponding Author : Sunghwan Kim(Cheongju Univ.)

Tel: +82-43-229-7992 email: kimsh@cju.ac.kr

Received December 11, 2012

Revised (1st February 27, 2013, 2nd March 25, 2013)

Accepted April 11, 2013

환자 피폭에 대한 선량한도가 적용되지 않지만, 비록 의료 방사선이더라도 과다 피폭을 받게 되면 여러 가지 장애가 발생할 수 있다. 따라서 세계 여러 나라에서는 진료의 이득을 손상하지 않는 범위 내에서 가능한 피폭선량을 최소화하여 환자와 방사선 종사자들의 확률적 영향을 최소화하기 위한 여러 가지 노력들을 강구하고 있다[2-4].

현재 방사선 피폭을 줄이기 위하여 납 성분을 고무(rubber)에 분산시킨 후 압출하여 성형한 시트상의 가운을 일반적으로 많이 사용하고 있으나, 이 방법으로 제조된 차폐복은 방사선 차폐 효과는 높지만, 무게가 5~10kg 정도로 매우 무거운 착용감이 불량하며, 주 성분인 납에 의한 환경오염 등의 문제가 있다. 따라서 방사선 피폭 위험을 차단함과 동시에 간접적인 피폭 위험도 충분히 차단할 수 있으며, 착용감이 우수하고 가벼우면서 인체에 무해한 방사선 차폐용 직물을 개발하려는 연구가 지속되어 왔다.

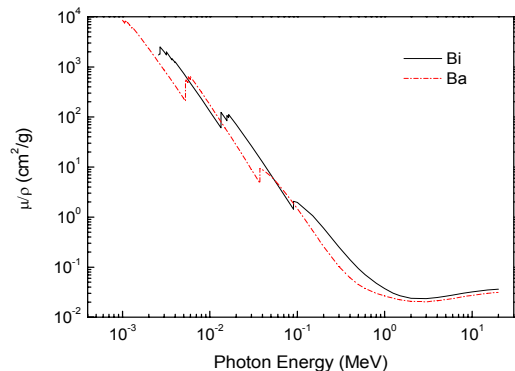
미국특허 제2004/0245484 A1호에는 방사선 차폐를 위하여 합금으로 된 와이어를 이용하여 방사선 흡수성 섬유를 제조하는 방법[5]이 개시되어 있으나, 이는 유연성 및 방사선 차폐성이 불량하다는 문제점이 있다. 또한, 러시아 특허 01020874호에는 금속입자를 분산시켜 혼합물 형태로 제조하여 섬유 표면에 결합시키는 방법[6]이 개시되어 있으나, 이 방법은 방사선 차폐효과는 우수하나 내구성이 불량하다는 단점이 있다. 그 밖에도 한전기공주식회사[7]에서는 방사선 차폐복 원단 제조 방법(특허 1019940001934) 특허를 통하여 납 50%, 비스무스 20%, 주석 30%를 섞어서 합성수지에 혼합시켜 코팅하는 방법을 제시하였으나, 이 역시 납을 사용하기 때문에 환경오염의 문제점을 가지고 있다.

본 연구에서는 방사선 진료시 환자나 보호자가 산란선 등에 의한 불필요한 방사선 피폭을 줄이기 위하여 방사선 차폐효율이 높은 바륨과 비스무스를 사용한 친환경적인 선량저감섬유(DRF; dose reduction fabric)를 개발하였으며, 개발된 섬유의 진단용 방사선에 대한 차폐 특성을 조사하였다. 개발된 섬유는 두께를 얇게 만들어 침대시트, 가운 등의 소재로 사용하여 직접선 및 2차 산란선에 의한 피폭을 저감할 수 있고, 섬유의 두께를 증가하면 방사선 차폐에 사용하는 납치마 등을 대체할 수 있으며, 납에 비하여 친환경적인 장점이 있다. 개발된 선량저감섬유의 효과를 확인하기 위하여 팬텀 및 임상실험을 실시하였다. 두부 및 흉부 CT 검사시 선량저감섬유를 사용하지 않을 때와 0.15 mm(DRF15) 및 0.25 mm(DRF25)의 선량저감섬유를 사용하였을 때 인체의 각 주요 부위에 미치는 산란 선량을 유리선량계로 측정·비교하였다.

2. 연구방법

2.1 선량저감섬유의 개발

의료용 방사선 진료시 환자나 방사선 작업 종사자의 방사선 피폭 선량을 저감하기 위한 차폐체로 원자번호와 밀도가 높은 원소 중에서 인체에 무해한 원소인 비스무스와 바륨을 선정하였다. 황산바륨은 영상의학과에서 조영검사시 환자가 복용하는 물질로 인체에 무해한 물질이며, 산화 비스무스는 화학적으로 매우 안정한 물질이기 때문에 섬유의 코팅제로 사용하였을 때 인체에 무해한 것으로 알려져 있다. 기초 실험을 통하여 코팅된 섬유에서 차폐체의 입자 밀도를 높이고, 코팅 효율을 높이기 위하여 평균 입자의 크기가 1~500 μm인 산화비스무스(Bi₂O₃)와 평균 입자의 크기가 5~50 nm인 나노 황산바륨(BaSO₄)을 사용하여 방사선 피폭 저감 섬유를 제작하였다. 황산바륨 나노 입자는 입자 크기가 큰 산화비스무스 입자의 공극을 채워줌으로써 방사선 차폐효과를 높인다. Fig. 1은 바륨과 비스무스의 X선의 에너지에 대한 질량흡수계수이다[8]. 그림에서 보는 바와 같이 비스무스는 원자번호가 83으로 바륨(Z=56)보다 높아서 진단용 X선에 대한 광전효과가 발생 확률이 훨씬 크기 때문에 진단용 방사선의 차폐효과가 훨씬 크지만, 비스무스 광전효과 K-에너지가 진단용 X선의 에너지 영역에 걸치므로, 오히려 K-에너지의 에너지에 해당 하는 X선에 대한 차폐효과가 감소한다. 그림 1에서 보는 바와 같이 첨가된 나노 바륨입자는 비스무스의 K-에너지에 해당하는 에너지의 X선에 대하여 비스무스의 차폐효과를 보완함으로써 저감 섬유의 효과를 높일 수 있었다.



[Fig. 1] Mass absorption coefficients of Barium and Bismuth[8].

나노 황산바륨과 산화비스무스를 50,000 ppm 이상 혼합 분산하여 콜로이드 용액으로 제작하고, 실리콘 베이스

고무와 콜로이드 용액의 중량비를 2 : 1 내지 1000 : 1로 혼합한 후 차폐체 코팅층을 0.15 mm 및 0.25 mm 두께인 선량저감섬유를 제작한 후 시트 형태로 제작하였으며, 이 섬유는 2011년 특허 등록하였다[9].

2.2 X선에 에너지에 따른 선량저감섬유의 방사선 차폐 특성

개발된 선량저감섬유(DRF; dose reduction fiber) 중 차폐체 코팅 두께가 각각 0.15 mm 및 0.25 mm 인 섬유에 대하여 진단용 X선의 유효에너지에 따른 차폐 효과를 조사하였다. X선 발생장치로는 MIS X선 발생장치(150 kV, 500 mA)를 사용하였으며, 선량 측정은 교정된 6 cc (10X5-6) 및 1800 cc (10X5-1800) 이온 챔버와 일렉트로미터(Mo. 5015, Radical Corp.)를 사용하였다.

2.3 선량저감 섬유의 산란선 차폐 특성 평가

영상의학과에서 1차선은 환자의 질병을 진단하기 위하여 직접 환자에게 조사되는 방사선으로서 1차선이 감소하면, 영상의 화질이 나빠져 올바른 진단을 할 수 없게 된다. 이에 비하여 2차 산란선은 진단에 전혀 불필요한 방사선으로 영상의 화질을 악화시키고, 불필요한 피폭선량을 증가시키는 요인이 된다. 본 연구에서는 개발된 선량저감섬유에 대하여 팬텀 실험과 임상실험을 통하여 2차 산란선에 대한 차폐 효과를 검증하였다.

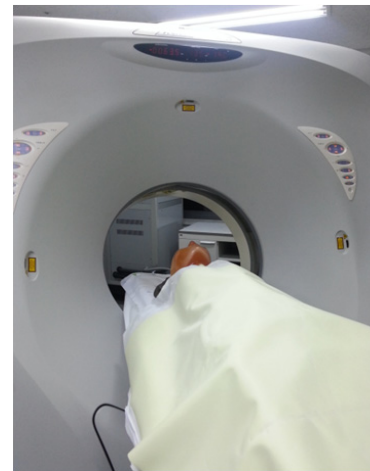
팬텀실험에서는 다중검출기전산화단층촬영장치(4-ch MDCT, Marconi Mx8000, Philips)를 사용하여 인체 팬텀(PBU-50)에 두부 및 흉부 CT 검사를 실시하였을 때, 선량저감섬유 유무에 따라 흉부, 복부, 생식선 및 안구의 피폭선량을 측정함으로써 선량저감섬유에 의해 산란선 피폭 저감 효과를 평가하였다. 선량 측정은 전리함(Ref. No-22378, Radical Co.)과 전위계(Mo. 9015 & 9060, Radical Co.)를 사용하였다. Fig. 2는 팬텀실험에서 두부 CT 검사를 시행할 때 복부에 산란 선량과 선량저감섬유의 효과를 평가하기 위하여 팬텀, 검출기, CT 및 선량저감섬유를 배치한 그림이다.

산란선량은 환자의 자세와 체형의 차이, 각 병원마다 검사 프로토콜 등에 따라 차이가 있기 때문에, CT 검사시 차폐 효과를 평가하기 위하여 임상실험을 실시하였다. 경상북도 내 3개 종합병원의 MDCT(GE Hi-Speed DXI, Siemens Emotion과 Siemens Somatom Emotion)를 사용하여 연구의 목적에 대한 설명을 듣고 자발적으로 연구 참여에 동의한 환자 60명에 대하여 두부 MDCT 및 흉부 MDCT를 실시하였고, 이때 선량저감섬유의 사용 유무에 따른 흉부, 복부, 생식선, 안구의 피폭선량을 유리선량계

(GD-450)로 측정하였다. 조사된 유리선량계는 전문 관독 기관에 의뢰하였으며, FGD 650GD 시스템으로 표면 및 심부 선량을 평가하였다.



(a)



(b)

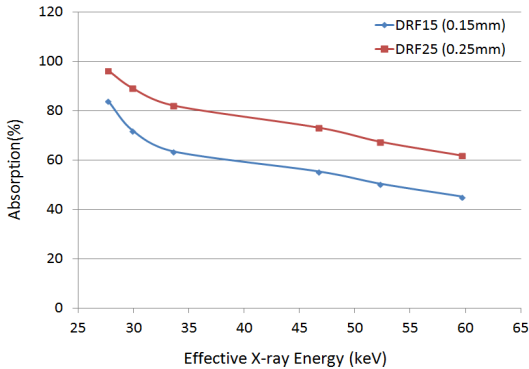
[Fig. 2] Set up of DRF fiber and measurement of abdomen dose during brain CT examination. (a) without DRF fiber (b) with DRF fiber

3. 결과 및 고찰

3.1 X선의 에너지에 따른 선량저감섬유의 방사선 차폐효과

Fig. 3은 섬유에 코팅된 차폐체의 두께가 각각 0.15 mm(DRF15), 0.25 mm(DRF25)인 선량저감섬유의 진단용 X선의 유효 에너지에 따른 방사선 차폐 효과를 측정한다

그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 X선의 유효에너지가 증가함에 따라 차폐효과가 감소함을 확인할 수 있으며, DRF25(차폐체 두께 0.25 mm)의 경우 유효 X선의 에너지가 약 60 keV일 때 약42%, 유효 에너지 27.7 keV X선에 대하여 84%의 차폐효과를 나타내었다. DRF15 (0.15mm)에 대한 방사선 차폐효과는 60 keV X선에 대하여 약 55%정도 차폐하였으며, 27.7 keV X선에 대해서는 약96%정도의 차폐특성을 보였다. 두께 0.25 mm 선량저감섬유는 종사자 옷감의 내외부의 소재로 사용하였을 때 두꺼워서 착용감이 불량하며, 직접선이 아닌 산란선에 대하여 옷감의 내외 소재로 적합한 차폐체의 두께는 0.15mm인 것으로 판단된다.



[Fig. 3] Shielding effect of DRF15 and DRF25 fibers as a function of effective energy of diagnostic X-ray units.

3.2 팬텀 실험

팬텀 실험에서 두부 CT 검사시 산란선량과 선량저감섬유의 산란선에 대한 차폐효과를 평가하기 위하여 촬영 조건을 관전압 120 kV, 관전류량을 250 mAs, 스캔 시간은 14.1초로 하였으며, 스캔 깊이는 10 mm이었다. 4ch MDCT 두부 검사시 흉부와 복부의 산란선량은 각각 6.01 μ Sv 및 23.6 μ Sv 이었으며, 선량저감섬유 0.15 mm 및 0.25 mm 사용하였을 때 복부 선량은 각각 60.1% 및 72.7% 감소하였고, 흉부선량은 각각 50.7%, 59.9% 감소하였다[Table 1].

팬텀에 대하여 흉부 CT 검사시 산란선량과 선량저감섬유의 산란선에 대한 차폐효과를 평가하기 위하여 촬영 조건을 관전압 120 kV, 관전류량을 60 mAs, 스캔 시간은 13.8초로 하였으며, 이때 스캔 깊이는 5 mm이었다. 4ch MDCT 흉부 검사시 안구와 배꼽의 산란선량은 각각 9.7 μ Sv 및 20.5 μ Sv 이었으며, 선량저감섬유 0.15 mm 및 0.25 mm 사용하였을 때 복부 선량은 각각 17.6% 및

27.6% 감소하였고, 안구선량은 각각 57.5%, 69.2% 감소하였다[Table 1].

[Table 1] Average Dose reduction effects of eye, chest and abdomen during brain and chest MDCT examinations in phantom study.

exam	body part	DRF	Average	Average
			Dose (μ Sv)	shielding (%)
Brain CT scan	chest	None	23.6	-
		0.15	11.7	50.7
		0.25	9.5	59.9
	umbilicus	None	6.0	-
		0.15	2.4	60.1
		0.25	1.64	72.7
Chest CT scan	eye	None	9.7	-
		0.15	4.1	17.6
		0.25	3.0	27.6
	umbilicus	None	20.5	-
		0.15	16.9	57.5
		0.25	14.9	69.2

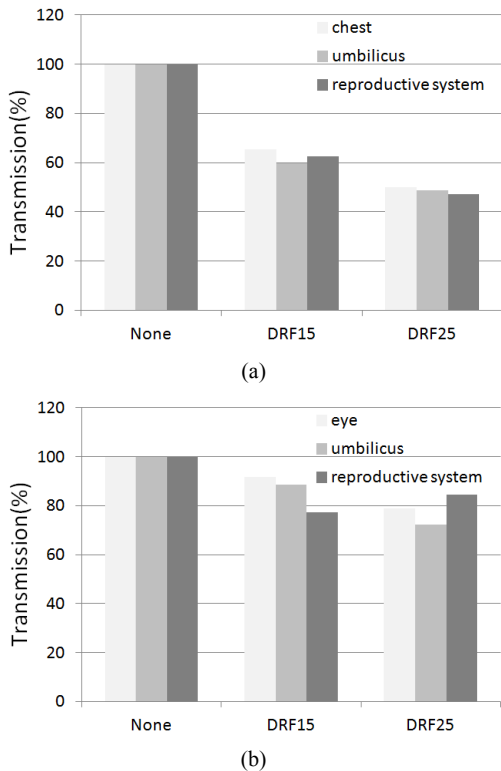
3.3 임상 실험

경북지역 3개 종합병원의 환자 60명에 대하여 두부 CT 및 흉부 CT를 실시하였다. 이때 선량저감섬유의 사용 유무에 따른 흉부, 복부, 생식선, 안구의 피폭선량을 유리선량계(GD-450)로 측정하였으며, Table 2는 60명 환자에 대하여 측정된 평균값으로 선량저감섬유의 산란선 차폐 효과를 평가하였다.

Table 2는 경북의 3개 종합병원에서 두부 검사를 실시할 때 선량저감섬유를 사용하지 않았을 때, DRF15 및 DRF25섬유를 사용하였을 때 흉부, 배꼽, 생식선에 미치는 산란선량을 유리선량계로 측정된 각 병원별 평균값이다. 표에서 보는 바와 같이 동일한 검사 부위이더라도 각 병원의 검사 프로토콜과 조건에 따라 많은 차이가 남을 확인하였다.

[Table 2] Scatter Dose in Brain CT exams each Hospitals.

Hospital	body part	Scatter Dose (μ Sv)		
		none	DRF15	DRF25
A	chest	34	29	22.5
	umbilicus	13.5	7	5
	reproductive system	6.5	4.5	1.5
B	chest	52	29	24
	umbilicus	11.5	5	5
	reproductive system	6.5	3	2.5
C	chest	104.5	66	33.5
	umbilicus	64.5	41.5	33.5
	reproductive system	54	34.5	27.5



[Fig. 4] Equivalent dose of each body parts during brain & chest CT exam (a) during brain CT scanning (b) during chest CT scanning.

[Table 3] Dose reduction effects of each body part during brain & chest CT examination (n=60).

exam	body part	DRF	Dose (μSv)		shielding (%)	
			skin	tissue	skin	tissue
Brain CT scan	chest	None	55.1	42.3	-	-
		0.15	31.4	27.6	43.0%	34.8%
		0.25	23.2	21.1	57.9%	50.1%
	umbilicus	None	39.4	19.9	-	-
		0.15	11.9	11.9	69.8%	40.2%
		0.25	9.4	9.7	76.1%	51.3%
	reproductive system	None	15.3	14.9	-	-
		0.15	8.8	9.3	42.5%	37.6%
		0.25	6.9	7.0	54.9%	53.0%
Chest CT scan	eye	None	311.2	276.8	-	-
		0.15	280.2	254.1	10.0%	8.2%
		0.25	144.6	218.6	53.5%	21.0%
	umbilicus	None	474.3	400.7	-	-
		0.15	364.6	355.6	23.1%	11.3%
		0.25	254.8	289.3	46.3%	27.8%
reproductive system	None	353.7	281.2	-	-	
	0.15	262.7	237.6	25.7%	22.8%	
	0.25	252.2	217.2	28.7%	15.5%	

Table 3은 3개 종합병원의 총60명의 환자에 두부 및 흉부 CT 검사시 산란선량과 선량저감섬유를 사용하였을 때 전량저감효과를 유리선량계로 측정된 평균값이다. 두부 CT 검사시 흉부, 복부, 생식선의 피부선량은 각각 55.1 μSv , 39.4 μSv 및 15.3 μSv 이었으며, 심부선량은 각각 42.3 μSv , 19.9 μSv 및 14.9 μSv 이었다. 선량저감섬유(DRF25, 두께 0.25 mm)를 사용하여 산란선을 차폐하였을 때, 피부선량이 각각 57.9%, 76.1% 및 55.1% 감소하였으며, 심부선량은 50.1%, 51.4% 및 53.0% 감소하였다 [Fig. 3, Table 3]. 한편 흉부 CT 검사시 안구, 복부, 생식선의 피부선량은 각각 311.2 μSv , 474.3 μSv 및 353.7 μSv 이었으며, 심부선량은 각각 276.8 μSv , 400.7 μSv 및 281.2 μSv 이었다. 선량저감섬유(DRF25, 두께 0.25 mm)를 사용하여 산란선을 차폐하였을 때, 피부선량이 각각 47.9%, 57.8% 및 28.7% 감소하였으며, 심부선량은 29.8%, 46.3% 및 22.8% 감소하였다[Fig. 4, Table 3].

현재 식품의약품안전청에서 권고하는 흉부(후전촬영/PA) 촬영시 환자선량은 340 μSv 이며[10,11], 1996년 IAEA 등 6개의 국제 기구가 공동으로 제안한 안전 기준은 흉부 전후 촬영시 400 μSv 이다[12]. 이로 볼 때 CT 검사시 직접선 이외의 산란선에 의해 상당량의 불필요한 피폭을 받고 있음을 확인하였다. 직접선은 CT 영상을 구성하는 데 사용되는 X선으로 이에 대한 정당성은 확보할 수 있으나, 산란선은 비록 직접선에 비하여 양은 적지만, 촬영 부위와 무관한 방사선 피폭으로 정당성이 없다. 팬텀과 환자의 체형 차이, CT 검사 프로토콜의 차이 등으로 인하여 팬텀 실험 결과와 임상실험결과에서 심부선량의 차이는 상당히 나타나지만, 선량저감섬유에 의해 50% 이상의 차폐 효과를 나타내었다.

2007년 국내의 CT 검사 건수는 두부검사 63만 여건, 흉부검사 13만 여건, 척추검사 32만건 등 총 130만건 이상[11]으로 직접선 이 외 산란선에 의한 방사선 피폭이 상당량으로 판단되며, CT 검사시 선량저감섬유를 사용함으로써 산란선에 의한 표면선량 및 심부선량을 저감하여 국민총피폭선량 감소에 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결론

CT 검사시 환자는 직접선과 산란선에 의해 방사선 피폭이 이루어지며, 직접선은 의료영상 형성에 기여하는 반면, 산란선은 진료에 방해만 되는 불필요한 방사선으로서 검사 부위, 환자의 체형, 검사프로토콜, CT 종류 등에 따라 차이가 있다.

본 연구에서 개발된 선량저감섬유는 CT 검사시 시트

로 사용하였을 때, 산란선에 의한 불필요한 두부 및 흉부 피폭선량을 20~50% 정도 저감할 수 있는 것으로 확인되었다. CT 검사를 포함한 방사선학적 검사에서 본 섬유를 활용하여 정상조직을 가려준다면 종사자 피폭선량과 환자 피폭선량을 포함한 국민 총피폭선량 경감에 기여할 수 있을 것으로 사려된다.

References

- [1] ICRP, *The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection*, Pub. 103, 2007.
- [2] ICRP, *Radiological Protection and Safety in Medicine*, (73), Pergamon Press, Oxford, 1996.
- [3] ICRP, *Recommendations of International Commission on Radiological Protection*, (60), Pergamon Press, Oxford, 1991.
- [4] ICRP, *Protection of the patients in Diagnostic Radiology*, Pub.34, Pergamon Press, Oxford, 1982.
- [5] Chang Shu Chen, *Radiation shield sheet*, US 2004/0245484 A1, 2004.
- [6] Igor Sepanovich, *X-ray absorbing material and variants*, 01020874, 2005.
- [7] S.C. Seo, A method manufacture shield clothing radiation, Korea Intellectual Property Office, Patent No. 1019940001934, 1998.
- [8] J. H. Hubbell and S. M. Seltzer, Tables of X-Ray Mass Attenuation Coefficients and Mass Energy-Absorption Coefficients from 1 keV to 20 MeV for Elements Z=1 to 92 and 48 Additional Substances of Dosimetric Interest, National Institute of Standards and Technology, <http://www.nist.gov/pml/data/xraycoef/index.cfm>, 2011.
- [9] J. S. Kwak, Y. J. Kim., *Manufacturing Method Of Fabric For Shielding Radiation, Fabric For Shielding Radiation And The Clothes Including The Same*, Korea Intellectual Property Office, Patent No. 1010893230000, 2011.
- [10] Korea Food and Drug Administration, *Guideline of Patients Ease in Chest X-ray Examination*, Series of Radiation Safety (17), pp.20-23, 2008.
- [11] Korea Food and Drug Administration, *Guideline of Patients Ease in CT Examination*, Series of Radiation Safety (19), pp.8-9, 2009.
- [12] IAEA, *International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources*, Safety Series, No.115, 1996.

김 성 환(Sunghwan Kim)

[정회원]



- 1993년 2월 : 경북대학교 대학원 물리학과 (핵물리학석사)
- 2003년 8월 : 경북대학교 대학원 물리학과 (핵물리학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 청주대학교 방사선학과 교수

<관심분야>
방사선물리학, 방사선치료

김 용 진(Yong Jim Kim)

[정회원]



- 1992년 2월 : 대구보건대학 방사선과 졸업
- 1997년 2월 : 계명대학교 자연과학대학 공중보건학과 졸업 (공중보건학 학사)
- 1995년 4월 ~ 현재 : 계명대학교 경주동산병원 영상의학과

<관심분야>
방사선, 보건학

곽 중 석(Jong Suk Kwak)

[정회원]



- 1984년 2월 : 영남대학교 법정대학 정치외교학과 (정치외교학학사)
- 1995년 1월 ~ 현재 : ㈜버팔로 대표이사

<관심분야>
방사선, 경영학