

진단방사선 영역에서의 중원소 여과판 사용에 의한 피폭선량 감소 Reduction of Exposure by Use of Heavy Elements as Filters in Diagnostic Radiology

김영근 동신대학교 전기전자공학과

이경섭 동신대학교 전기전자공학과

Y.K. Kim Dept. of Electrical and Electronic Eng. Dong-shin Univ.

K.S. Lee Dept. of Electrical and Electronic Eng. Dong-shin Univ.

Abstract

This work characterized in terms of the reduction of exposure dose by use of the heavy elements filter in the diagnostic radiology. They contained heavy elements filter of Ho and X-ray beam hardening filters such as Al and Cu.

From the results of experimental evaluation, it was founded that in the case of the Ho filter, X-ray property was not changed with variety of kVp. The surface dose and absorption dose was increased in order of Cu, Ho and Al. The contrast of image showed the higher value in order of Cu, Al and Ho.

I. 서론

X선 촬영에 사용하는 선질은 화질과 피폭선량을 결정하는 중요한 인자로, 촬영관전압과 부가필터에 의해 영향을 받는다. 일반적으로 X선관에서 방출되는 X선 에너지는 연속 Spectrum으로 인체를 투과하지 못하는 저에너지에서부터 상의 Contrast를 저해하는 고에너지 성분까지 포함되어 있다.^[1] 저 에너지 성분은 화상형성에는 기여하지 못하고 피사체에서 흡수되어 피폭의 원인이 되므로 이러한 성분을 제거하기 위해서 여과판으로 알루미늄(Al), 구리(Cu) 등의 금속을 이용하여 왔다.^[2] 상대적인 X선의 실효에너지를 증가시키기 위해서 관전압을 올리는 것보다 금속의 부가필터를 삽입하는 것이 효과적이어서 각종 원소를 소재로 한 부가필터의 연구가 계속 진행중이다.

I(iodine)를 사용한 조영촬영에서는 이상적으로 33keV 이하에서는 100%흡수율, 33keV 이상에서는 100% 투과를 나타내는 필터가 유효하다.

Ho은 K흡수단이 55.59keV로 1차 X선의 저·고 에너지 영역을 흡수하고 요오드 조영제가 필요로 하는 에너지 영역을 선택적으로 투과하는 특성을 가지고 있어 지금까지 이용되던 알루미늄, 구리 필터와는 다른 효과를 가지고 있다.^[1]

본 논문에서는 중원소(Ho) 필터를 사용해서 관전압의 변화, 조사선량의 변화, 동일한 농도를 내는데 필요한 관전류량 및 선량의 변화와 여과판 물질별 대조도를 측

정하였다. 그 결과로 중원소 필터를 사용했을 때 피폭선량 경감과 영상의 질을 좌우하는 대조도의 변화에 대해서 연구 분석하였다.

II. 실험기기 및 방법

1. 실험기기

X선발생장치 : DRF - 150 - 500

형광량계 : Torex (EY-1002D)

선량계 : PMX-III (RTI, Serial No. 1058)

관전압 측정기 : Multi-Function Meter
(RMI, Model 240A)

조영제 : Iopamiro 370

여과판 : Al filter (2~9mm)

Cu filter (0.1~0.5mm)

Ho filter (0.097mm)

자동현상기 : DSP 5000

필름/증감지 : Konika AX/Okamoto DMS

농도계 : X-Rite (Model 301)

피사체 : Acryl판

(30cm×30cm, 두께 5~18cm)

2. 실험방법

1) X선 선질의 측정

Al, Cu, Ho필터 사용할 때 선질이 변화되는 것을 알기

위해서 Non-Filter, 2.0, 4.0, 9.0mm Al filter, 0.1, 0.2, 0.5mm Cu filter 그리고 0.097 mm Ho filter을 사용하고, 관전압 60~100kVp에서 Multi-function meter로 측정하였다.

2) 조사선량의 측정

각 필터를 사용할때에 조사선량이 변화되는 것을 알기 위해서 북부용 팬텀으로서 두께 18cm의 아크릴 수지판을 쓰고 초점에서 투과선량 측정점까지는 100cm, 관전압 70·80kVp, 관전류 200mA, 조사시간 0.3sec로 고정하고 표면 선량과 투과선량을 PMX-III로 측정하였다. 또한 각 필터 사용할 때 적절한 촬영조건을 산출하기 위해 관전압 80kVp에서 농도 1.0을 내는데 필요한 관전류량을 형광량계로 구한 다음 그 조건으로 촬영할 때의 표면선량과 투과선량 및 관전류량을 측정하여 그 평균치를 산출하여 측정치로 하였다.

3) 여과판 물질별 대조도 측정

대조도 비교를 위한 피사체로는 혈관성 조영제인 Iopamiro를 2배로 희석하여 사용하였고, 그 두께를 0~15mm로 변화시켜 가며 각 관전압에서 형광량을 측정하여 Da - Db / Da (Da : 피사체 없을 때의 형광량, Db : 피사체 있을때의 형광량)식에 의해 대조도를 산출하였다.

III. 실험결과 및 고찰

Al, Cu, Ho 필터 사용시 선질이 변화되는 것을 알기 위해서 측정된 결과 표 1과 같으며, 그 경향은 그림 1과 같다. 저 관전압에서는 필터에 따른 선질의 변화가 크지 않으나 관전압이 높아짐에 따라 그 효과는 현저히 크게 나타났다.

중전에 이용되고 있는 2.0mm Al 필터에서는 관전압 60kVp 에서는 변화가 별로 없으나 필터가 두꺼워지고 관전압이 70, 80, 90, 100kVp에서는 2.6~8.2kVp가 증가되고 있고, 0.1, 0.2, 0.5mm Cu 필터에서도 두께가 두꺼워지고 관전압이 증가할수록 X선질이 경화되어 평균에너지가 증가하여 허 등^[3,4,5,6]의 연구결과와 일치하였다.

그러나 Ho필터는 관전압 증가에도 X선질은 변하지 않았다.

표 1. 필터 사용시 관전압의 변화
Table 1. Variation of kVp With filters

Filter kVp	Non Filter	Al(mm)			Cu(mm)			Ho(mm)
		2	4	9	0.1	0.2	0.5	0.097
60	59.15	59.75	60.1	60.7	59.85	60.65	62.75	59.25
70	70.1	71.45	72.7	73.7	72.05	73.8	77	68.1
80	81.3	83	83.9	86.2	83.65	84.95	90.85	78.85
90	94.56	94.56	96.30	99.65	96.1	98.2	105	91.05
100	103.5	105.35	107.9	111.7	107.4	110.45	119.65	104.15

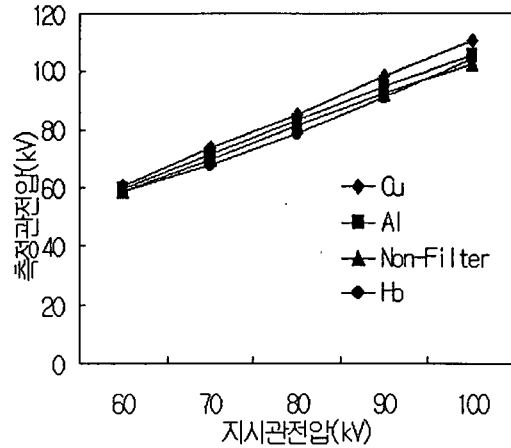


그림 1. 필터 사용시 관전압의 변화
Fig. 1. Variation of kVp With filters.

표 2는 각각 70, 80kVp에서 필터를 사용하지 않을 때, 2mmAl 필터, 0.2mm Cu필터와 0.097mm Ho필터 사용시 필터의 조사선량의 변화를 측정하고 그 평균치를 산출하여 측정치로 하였다.

부가필터가 없을 때 기준으로 하여 상대표면선량비를 보면 70, 80kVp 모두 Cu, Ho, Al 순으로 크게 나타났다. 표면선량과 투과선량은 kVp가 증가할수록 높게 나타났다. 표면선량에 대한 투과선량비는 Non-filter, Al, Ho, Cu 순으로 증가되었다.

표3은 80kVp에서 각 필터를 사용할 때에 동일한 농도를 내는데 필요한 관전류량 및 피폭선량의 변화를 측정 한 것이다. 상대적인 mAs비는 부가필터가 없을 때에 비해 Al 필터는 1.25배 Cu 필터는 1.5배 와 Ho 필터는 1.56배로 X선관의 부하는 Ho 필터가 가장 크게 나타났다.

또한, 동일 농도를 내는데 표면선량비와 환자의 피폭의 원인이 되는 피사체 내의 흡수선량도 Cu, Ho, Al 필터 순으로 크게 나타났다.

그림 2, 3, 4는 각 필터에서 조영제 계단과 kVp 변화에 따라 형광량을 측정하고 계산식을 이용하여 대조도값을 구한 결과를 나타낸 것이다.

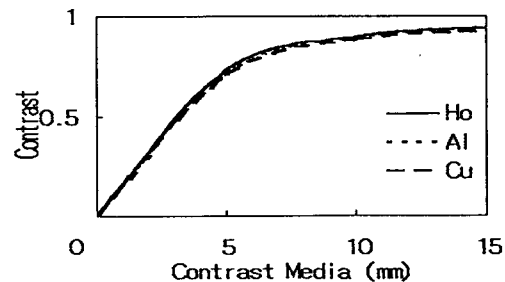


그림 2. 필터 사용시 대조도의 변화 (60kVp)
Fig. 2. Variation of contrast With filters. (60kVp)

표 2. 필터 사용시 조사선량의 변화

Table 2. Variation of exposure dose With filters.

kVp	구분 Filter	표면선량 (mGy)	투과선량 (mGy)	투과/표면 선량비(%)	표면선량비 (%)
70	Non-Filter	6.920	0.19	2.74	100.00
	Al(2mm)	4.24	0.13	3.06	61.28
	Cu(0.2mm)	1.76	0.09	5.11	25.43
	Ho(0.097mm)	3.20	0.123	3.844	46.24
80	Non-Filter	8.81	0.30	3.40	100.00
	Al(mm)	5.26	0.21	3.99	59.70
	Cu(mm)	2.51	0.15	5.98	28.49
	Ho(mm)	4.13	0.19	4.60	46.87

표 3. 필터 사용할 때에 농도 1.0을 내는데 필요한 관전류량과 피폭선량의 변화

Table 3. Variation of mAs and surface dose needed to produce a density of 1.0 at used filters

구분		kV	mAs	표면선량	흡수선량	투과선량	표면 선량비(%)	mAs비
Film	Non-filter	80	20	3.592	3.485	0.107	100.00	1
Al (mm)	2.0	80	25	2.290	2.815	0.104	63.75	1.25
Cu (mm)	0.2	80	30	1.246	1.155	0.091	34.68	1.5
Ho (mm)	0.097	80	31.2	2.155	2.052	0.103	59.59	1.56

60, 70, 80kVp에서 조영제의 두께가 두꺼워지면 대조도가 증가하고, X선질 경화 필터인 Al, Cu 필터에 비해 Ho 필터에서 대조도 값이 크게 나타났다. 이 결과는 조

영제(I)의 감약계수(흡수)는 K흡수단인 33.17keV이상에서 최대가 되고, 반대로 Ho에서는33~55.6keV에서 흡수가 감소하여 입사 X선 에너지가 많아지고, 55.6keV

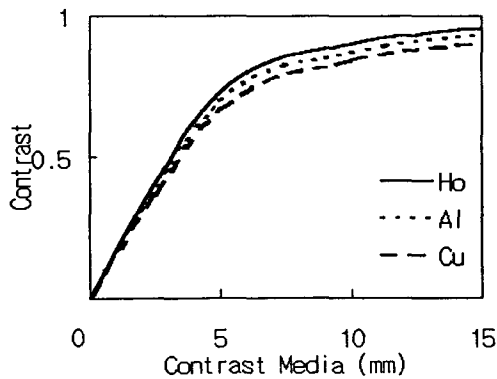


그림 3. 필터 사용시 대조도의 변화 (70kVp)
Fig. 3. Variation of contrast With filters. (70kVp)

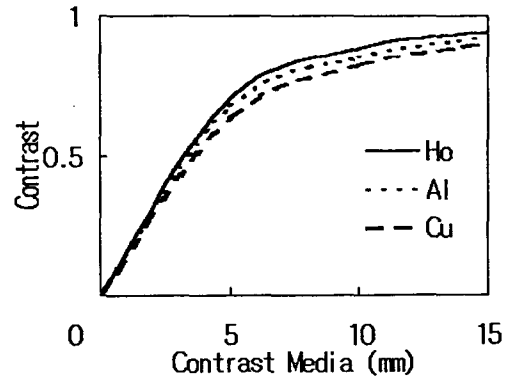


그림 4. 필터 사용시 대조도의 변화 (80kVp)
Fig. 4. Variation of contrast With filters. (80kVp)

(Ho의 K흡수단) 이상에서는 흡수가 급증하여 이 부분 이상에서 상의 대조도의 저하요인인 고 에너지가 거의 없어지기 때문이다.^[1,7,8] 이는 광전효과가 많이 발생할 때 감약이 심하고 콤프톤 반응이 많이 일어날 때는 감약이 감소하는 현상을 이용한 것이다.

IV. 결 론

중원소 필터(Ho)와 X선질 경화 필터인 Al, Cu 필터를 사용해서 진단방사선영역에서 그 특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. kVp 변화에도 중원소 필터(Ho)는 X선질의 변화가 없었다.
2. 표면선량 및 흡수선량은 Cu, Ho, Al 순으로 크게 나타났다.
3. 상의 대조도는 Cu, Al, Ho 순으로 크게 나타났다.

참 고 문 헌

- [1] S. C. Thomas, E. D. James, E. C. Edward, "Introduction to the Physics of Diagnostic Radiology", Lea & Febiger, pp. 113~121, 1984.
- [2] Heang-Ping Chan, Kunio Doi, "Energy and Angular Dependence of X-ray Absorption and its Effect on Radiographic Response in Screen-Film Systems", Phys. Med. Biol., Vol. 28, No. 5, pp. 565~579, 1983.
- [3] G. E. Giakoumakis, C. D. Nomicos and P. X. Sandilos, "Absolute efficiency of Gd₂O₂S : Tb screens under fluoroscopic conditions", phys. Med. Biol, Vol. 34, No. 6, pp. 673~678, 1989.
- [4] Stephen J. Riederer, Robert A. Kruger, Charles A. Mistretta, David L. Ergun, and Chris G. Shaw, "Three-beam K-edge imaging of iodine using differences between fluoroscopic video images : Experimental results", Med. Phys. Vol. 8, No. 4, 1981.
- [5] A. E. Burgess, G. Pate, "Voltage, energy, and material dependence of secondary radiation", Med. Phys. Vol. 8, No. 1, 1981.
- [6] S. J. Riederer and C. A. Mistretta, "Selective iodine imaging using K-edge energies in computerized x-ray tomo-graphy", Med. Phys. Vol. 4, No. 6, 1977.
- [7] 김영근, 한재진, 이경섭, "X-선 진단용 조영제의 광전흡수 특성에 관한 연구", 대한방사선기술학회지, Vol. 21, No. 1, pp. 46~51, 1998.
- [8] R. A. Kruger, S. J. Riederer, and C. A. Mistretta, "Relative properties of tomography, K-edge imaging, and K-edge tomography", Medical Physics, Vol. 4, No. 3, 1977.