

희토류 증감지를 이용한 여과판의 효과

고려대학교 보건전문대학 방사선과
허 준 · 김창균 · 이인자 · 신화수

인천간호보건전문대학 방사선과
박준철 · 강홍석

대전보건전문대학 방사선과
안 봉 선

Abstract

A Study on the Effect of Rare Earth Screen Filter

Joon Huh, Chang Kyun Kim, In Ja Lee, Wha Soo Shin
*Dept. of Radiotechnology, Junior College of Public Health and
Medical Technology, Korea University*

Jun Chul Park, Hong Seok Kang
*Dept of Radiotechnology, Incheon Junior Nursing College and
Allied Health Science*

Bong Seon Ahn
Dept. of Radiotechnology, Dae Jon Health Junior College.

As the reutilizing method of exhausted screen, authors used it as a filter and compared with the aluminium filtration.

The results are as followed;

1. One sheet of gadolinium front screen has the same radiation absorption as 2.8 ~ 3.3 mm Al equivalent and regular tungsten screen 2.3 ~ 2.7mm Al.
2. HVL after Gd-screen filtration was less than the values after aluminium and tungsten-screen filtration. And, image definition with Gd-screen filtration was better than other two cases. And surface dose to produce a same film density was more than other two cases.

It will be very useful to apply, Gd-screen filter in clinics as it has no deficiency of image quality.

I. 서 론

알루미늄과 구리는 X선촬영에 부가 여과판으로 이용되고 있으며 적절하게 활용하면 피폭선량의 경감과 함께 좋은 화질을 묘사할 수 있다.

최근에는 Tungsten, Ytterbium, Gadolinium, Samarium 등 원자번호가 큰 원소와 그것을 주로 한 회토류증감지를 여과판으로 사용하기 위해서 X선 에너지 스펙트럼의 측정, 피폭선량 경감, 화질의 향상 등에 관해서 많은 연구가 되어 입상에 응용되고 있다.¹⁻³⁾ 이에 저자 등은 노화된 회토류증감지를 여과판으로 이용하는 데 대해서 검토하였다.

회토류증감지의 형광물질인 Gadolinium은 K흡수단이 50.23KeV로 1차 X선의 고에너지 영역을 흡수하고 저에너지 영역의 흡수는 극히 작은 특성을 가지고 있어 지금까지 이용되던 알루미늄, 구리여과판과는 다른 효과를 가지고 있다.⁴⁾ 즉, 피폭선량의 경감과 사진대조도 향상 등이 있다.

본 실험에서는 그 이용성에 대해서 선질과 대조도, 피폭선량 등 몇 가지 부분에 관해서 기초실험을 하여 알루미늄 여과판과 비교하여 좋은 성적을 얻어 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험기재 및 방법

1. 실험기재

X선발생장치 : Toshiba DC 15KB 500mA

형광량계 : Yokogawa type model F-11

선량계 : Pocket dosimeter

조영제 : 60% conray

여과판 : Al filter : 0~20mm

Gd filter : 0~6매

W filter : 0~8매

자동현상기 : Doosan Parker 2000

X ray film : Fuji New RX

Grid : 8 : 1

피사체 : Acryl 판 : 30cmW×30cmL, 두께 16cm

2. 실험방법

1) 여과판 물질별 흡수 비교

진단용 에너지 범위에서 여과판 물질로 많이 사용되고 있는 알루미늄과 텅스텐 형광체를 사용한 일반

증감지, 회토류 형광체 가돌리늄을 사용한 회토류 증감지를 각각 여과판으로 사용하고, 관전압 60, 70, 80 kVp에서 각각의 두께 증가에 따라 형광량을 측정하여 감약곡선을 작성하였다. 이때 사용된 각 물질의 두께는 알루미늄이 0~20mm, 텅스텐 증감지 0~8매, 가돌리늄 증감지 0~6매 이었고, 작성된 감약곡선상에서 알루미늄 여과판을 기준으로 하여 알루미늄 5, 10, 15mm와 같은 감약을 가지는 각 증감지의 매수를 산출하였다.

2) 여과판 물질별 반가층 비교

각 종류별로 여과판의 두께를 변화시켜 가며, 관전압 70, 80kVp에서 알루미늄 반가층을 측정했다. 이때 두께 변화는 알루미늄 0~15mm, 텅스텐 증감지 0~7매, 가돌리늄 증감지 0~5매 이었고, 측정된 반가층의 수치를 graph로 작성하여, 앞의 과정에서 산출된 각 두께의 알루미늄 당량에 해당하는 증감지 매수에서의 반가층치를 찾았다.

3) 여과판 물질별 대조도 비교

대조도 비교를 위한 피사체로는 혈관성 조영제인 60% conray를 2배로 희석하여 사용하였고, 그 두께를 0~15mm로 변화시켜 가며 각 관전압에서 각 여과판 두께별로 투과되는 형광량을 측정하여 $I_a - I_b / I_a + I_b$ (I_a : 피사체 없을 때의 형광량, I_b : 두께별 피사체 투과 후의 형광량)식에 의해 대조도를 산출하였다.

4) 여과판 물질별 표면선량 비교

촬영거리 100cm에서 8 : 1 격자를 사용하고, I.V. P나 Skull 촬영에서의 비슷한 흡수를 가지는 피사체로서 16cm두께의 Acryl을 선택하고, 사진농도 1.0을 낼 수 있는 촬영조건으로 조사를 하여 표면선량을 pocket dosimeter로 측정했다. 이때 사용한 여과판의 두께는 알루미늄은 3mm, 가돌리늄 증감지와 텅스텐 증감지는 이와 비슷한 흡수를 나타낼 수 있도록 1)에서 얻은 결과에 따라 각각 1매씩을 부착하였다. 또한 이상의 조건으로 각 부위별 촬영을 실시하여 화질을 비교하였다.

III. 실험결과

1. 물질별 흡수

표 1과 그림 1에서와 같이, 텅스텐 증감지 여과판의 매수는 관전압 60kVp에서 1.88~5.90매, 70

Table 1. HVL at various filters

(unit : mm)

Filter kVp	Aluminium		Gd screen		W screen	
	mm	HVL	Sheets	HVL	Sheets	HVL
70	0	2.79	0	2.79	0	2.79
	5	3.95	1.71	4.00	1.92	4.36
	10	4.70	3.31	4.50	4.00	5.17
	15	5.55	5.00	4.63	6.27	5.50
80	0	3.08	0	3.08	0	3.08
	5	4.85	1.51	4.20	2.00	5.00
	10	5.85	3.18	4.90	4.22	6.12
	15	6.13	4.82	5.10	6.54	6.75

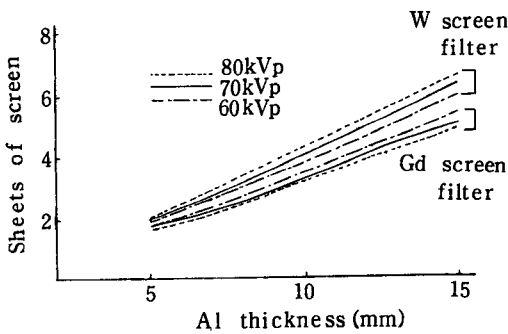


Fig. 1. Thickness of screen filters for same absorption with variable aluminium filtration.

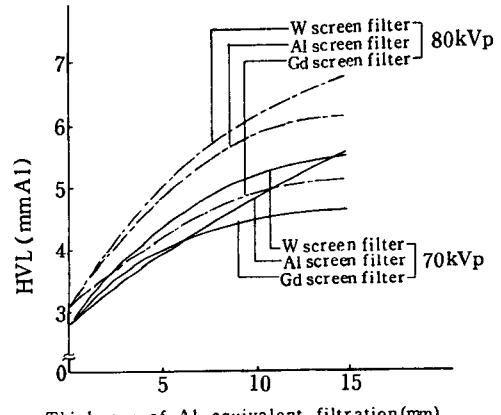


Fig. 2. HVL at various filters

kVp에서 1.92~6.27매, 80 kVp에서 2.00~6.54매가 되어 관전압 상승에 따라 알루미늄 여과판과 동일한 감약을 가지는 텅스텐 증감지 여과판의 매수가 증가 되고 있다.

반면에 가돌리늄 증감지는 관전압 60 kVp에서 1.71~5.35매, 70 kVp에서 1.71~5.00매, 80 kVp에서 1.51~4.82매로서 관전압 상승에 따라 가돌리늄 증감지 여과판 매수의 감소를 보이고 있어, 텅스텐 증감지 여과판에 상반되는 결과를 나타내었다.

또한 전체적으로는 가돌리늄 증감지가 텅스텐 증감지에 비해 흡수가 증가되어, 알루미늄 여과판과 같은 흡수를 나타내는 증감지 여과판의 매수는 텅스텐 증감지를 쓴 여과판에서 더욱 큰 치를 보이고 있다.

2. 반가층

표 1 과 그림 2에서와 같이, 알루미늄 5~15mm 두께에 해당하는 각 증감지 여과판에서의 알루미늄 반가층은, 관전압 70 kVp에서 알루미늄 여과판 사용시 3.95~5.55mm, 텅스텐 증감지를 이용한 여과판 투과 후 4.36~5.50mm, 가돌리늄 증감지를 이용한 여과판 투과 후 4.00~4.63mm를 나타내고 있다. 또한 관전압 80 kVp에서는 알루미늄 여과판 투과 후 4.85~6.13mm, 텅스텐 투과 후 5.00~6.75mm, 가돌리늄 투과 후 4.20~5.10mm를 나타내어, 대체적으로 각 관전압에서 텅스텐 증감지를 이용한 여과판 투과 후의 반가층이 가장 크고, 알루미늄 여과판, 가돌리늄 증감지를 이용한 여과판의 순으로 작아지고 있으며 이 경향은 관전압 80kVp일 때 더 뚜렷하였다.

Table 2. Contrast at various filter

kVp	thickness of contrast media (mm)		2	4	6	10	15
	Filter						
60	No		0.267	0.443	0.562	0.781	0.884
	Al (mm)	5	0.315	0.421	0.546	0.778	0.878
		10	0.244	0.416	0.558	0.783	0.885
		15	0.245	0.396	0.555	0.762	0.873
	Gd screen (sheet)	2	0.269	0.432	0.553	0.780	0.818
		4	0.258	0.440	0.553	0.782	0.891
		6	0.226	0.394	0.522	0.768	0.877
	W screen (sheet)	2	0.262	0.443	0.558	0.783	0.882
		4	0.252	0.426	0.536	0.771	0.886
		6	0.226	0.401	0.513	0.735	0.858
70	No		0.236	0.405	0.532	0.748	0.873
	Al (mm)	5	0.223	0.393	0.507	0.744	0.851
		10	0.215	0.364	0.483	0.718	0.848
		15	0.217	0.361	0.463	0.707	0.832
	Gd screen (sheet)	2	0.244	0.402	0.524	0.751	0.872
		4	0.231	0.406	0.544	0.774	0.874
		6	0.220	0.412	0.532	0.800	0.895
	W screen (sheet)	2	0.213	0.376	0.488	0.742	0.846
		4	0.198	0.349	0.465	0.698	0.824
		6	0.182	0.331	0.444	0.677	0.814
80	No		0.227	0.382	0.500	0.727	0.832
	Al (mm)	5	0.201	0.357	0.451	0.690	0.812
		10	0.185	0.316	0.429	0.656	0.773
		15	0.174	0.315	0.406	0.623	0.753
	Gd screen (sheet)	2	0.245	0.407	0.521	0.749	0.846
		4	0.223	0.379	0.504	0.744	0.858
		6	0.219	0.381	0.515	0.753	0.857
	W screen (sheet)	2	0.193	0.346	0.452	0.691	0.805
		4	0.189	0.326	0.416	0.658	0.775
		6	0.157	0.267	0.374	0.455	0.727

3. 대조도

표 2, 그림 3에서와 같이 여과판 물질별로 두께 증가에 따르는 대조도의 변화는 각 관전압에서 대체로 여과판 두께가 증가함에 따라 대조도치가 약간씩 저하되는 경향을 보이고 있다. 또한 여과판 물질별 대조도의 크기는 가돌리늄 증감지, 알루미늄, 텅스텐 증감지순으로 작아지며 이 경향은 관전압 60 kVp에 비하여 70 kVp와 80 kVp에서 뚜렷하고, 특히 관전압 상승에 따라 다른 두 종류 여과판에 비하여 가돌리늄 증감지를 이용한 여과판이 대조도 우세의 폭이 커지

고 있다.

그림 4는 알루미늄 여과판 15mm에 해당되는 각 종류 여과판에서의 대조도를 조영제 두께별로 비교한 것이다. 조영제 두께 증가에 따라 대조도가 커지고, 관전압 상승에 따라서는 대조도치가 저하되고 있으며, 여과판 물질별 비교는, 관전압 60 kVp에서 조영제 두께가 2~6mm일 때는 그 순서가 일정치 않으나, 두께가 큰 10mm, 15mm일 때와 관전압 70, 80 kVp에서는 모두 전과 동일하게 대조도의 순서가 가돌리늄, 알루미늄, 텅스텐 여과판의 순서로 작아지고 있다.

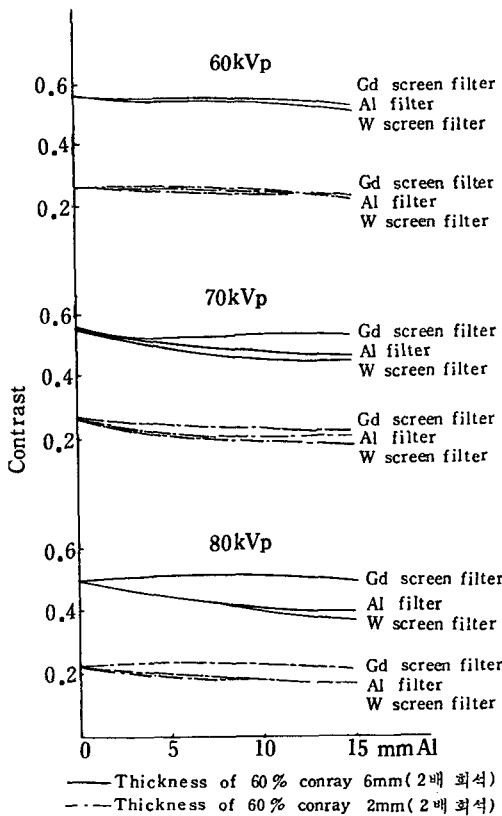


Fig. 3. Contrast at various filters

또한 각 물질별 대조도의 차이도 관전압 상승에 따라 커지고 있다.

4. 표면선량

여과판 물질별 각 관전압에서의 표면선량은 표 3에 서와 같다. 동일한 사진 농도를 얻기 위한 노광조건 으로 촬영하여 얻은 표면선량의 차는 각 관전압에서 모두 가돌리늄 증감지를 이용한 여과판이 다소 높 고, 텅스텐 증감지 여과판은 알루미늄 여과판에 비해 근소한 차로 높았다. 또한 관전압 70kVp에서의 표 면선량이 80kVp에 비해 대체적으로 높은 치를 나타 내고 있다.

일상에

신우촬영시 가돌리늄 증감지 여과판 사용 유무에 따 르는 X선 사진으로 촬영조건은 약 60%로 많지나, 피폭선량은 약 70%로 경감되고 나타난 사진은 측복 부의 농도가 저하되어 2중의 지방층이 잘 판별되므로

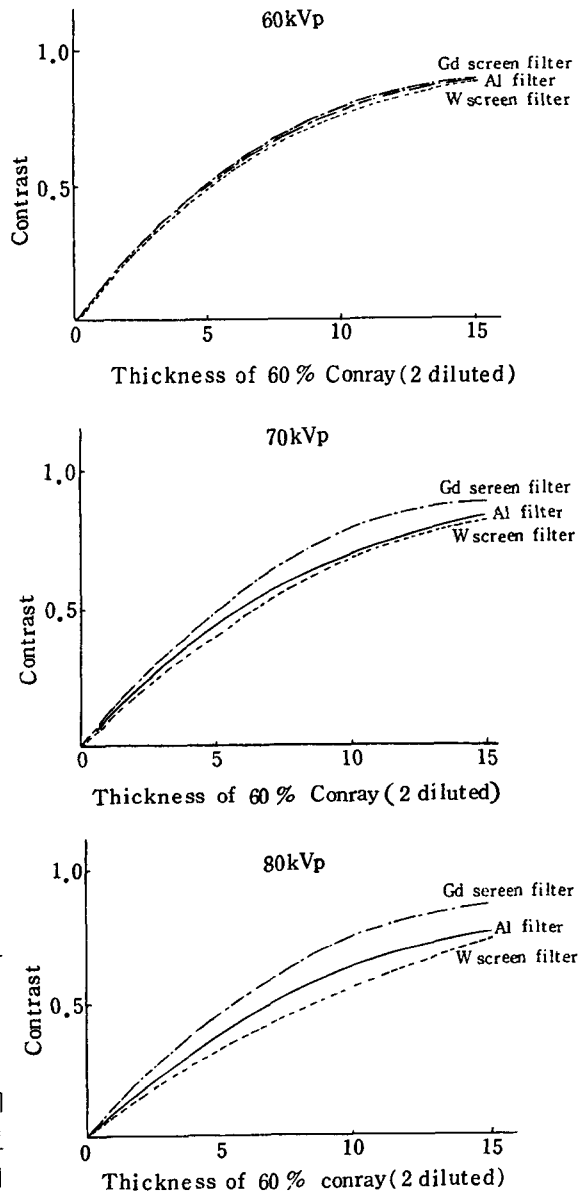
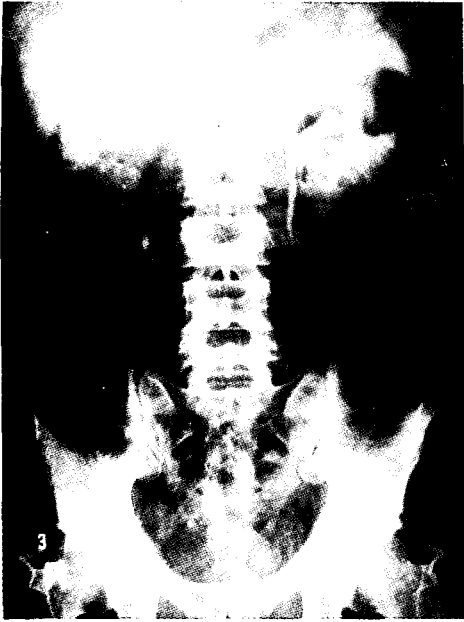


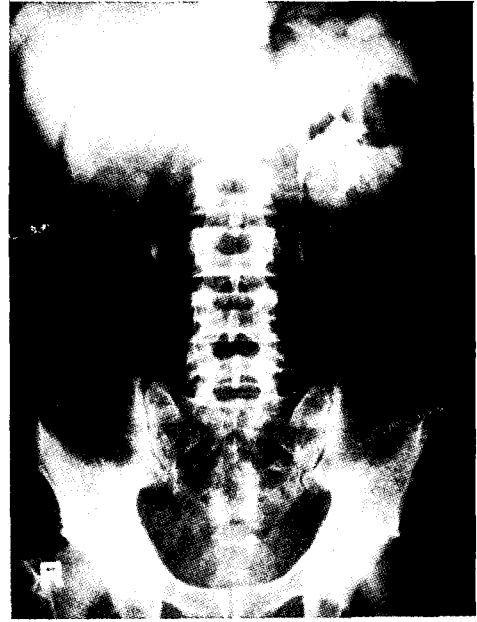
Fig. 4. Contrast at various filter by variable thickness of conray

Table 3, Surface dose needed to produce a density of 1.0 (unit : mR)

Filtration kVp	no filter	3mmAl	Gd sereen (1 sheet)	W screen (1 sheet)
70 (I. V. P)	522	345	387	354
80 (Skull)	437	262	307	268



No filter



with Gd filter

Fig. 5. Radiograph of intravenous pyelography

식별영역은 확대되고 있으나 조영상에 대해서는 사용 전에 비해서 큰 차이를 찾아 볼 수는 없었다.

IV. 고 찰

여과판의 재질로서는 납, 주석, 구리, 알루미늄 등이 사용되고 있다. 납은 K흡수단이 88KeV에 있으므로 필요로 하는 고에너지에서 흡수가 많아서 바람직하지 못하며 주석은 흡수단이 29KeV에 있어서 thoraeus filter로서 사용되고 있다. 구리와 알루미늄은 그 흡수단이 9KeV와 1,56KeV로 저에너지 부분을 효과적으로 흡수, 제거할 수 있어 많이 이용되고 있다.⁹⁾

최근에 여과판은 농도 보상용으로 알루미늄, 그리고 각종 금속판을 위시하여 지점토, 텅스텐산칼슘을 이용한 증감지, 희토류 증감지를 응용하여 좋은 성과를 내고 있다.⁷⁻¹¹⁾

희토류 증감지의 여과효과는 진단용 X선장치에서 발생하는 X선에너지 스펙트럼을 변화시켜 Al 물질과는 다른 여과효과를 나타내고 있다.

본 실험에서는 X선에너지 스펙트럼을 실제 측정할 수는 없으나 澤田¹²⁾는 Yb, Gd, Er 등 세 종류에 대

한 보고에서 관전압이 90 kV 이상이 되면 X선이 흡수되는 범위는 넓어지나 금속 여과판 자체의 2차 X선의 발생이 증대되어 소기의 목적을 기할 수 없어 70 kV~80 kV 전후의 관전압 범위에서 최적효과를 기대할 수 있다고 하였다. 이에 따라 본 실험에서는 관전압 60 kV, 70 kV, 80 kV의 세 종류로 한정하였으며 그 결과는 東儀¹³⁾와 같이 Al 여과판의 두께에 대해서 Gd 증감지 여과판은 W 증감지 여과판에 비해서 흡수차는 별로 변화가 없어 이용할 수 있으며 contrast 또한 Al 여과판에 비해 좋아져서 화질이 향상되고 있었다. 촬영관전압은 70~80 kV로 제약이 되고 있으나 조영촬영 중에서 특히 대조도가 저하되는 신우조영 등에 적합하며 화질의 향상을 볼 수 있다.

그외에 두개부, 고관절 등 골격계의 단순촬영에서 이용가치가 있으며 앞으로 이용범위로서는 X선 촬영에 의한 dual energy subtraction법의 저에너지측의 filter 재료로서도 유익하다.

Gd 증감지를 이용한 여과판 투과 후의 X선에너지 스펙트럼의 변화에 대해서는 많은 보고가 있으며¹⁻⁵⁾ 반가층은 0.25mm 두께의 Yb, Gd, Er 등 금속 여과판은 2mmAl 여과판에 비교하여 1차 X선 흡

수는 1.7배, 반가층은 2mmAl로 두꺼워 졌으나 본 실험에서는 각 증감지의 매수로 측정된 관계로 동일 매수의 경우 W, Al, Gd의 순으로 나타났으며, 이는 앞으로 두께별로 실험 할 과제라 하겠다.

여과판 사용에 따르는 촬영조건과 피폭선량을 비교하면 촬영조건은 증가되나 Gd 증감지 여과판 1매를 사용함으로써 표면선량의 대폭적인 경감이 있어 앞으로 그 이용은 기대되어 연구할 과제라 하겠다.

V. 결 론

수명이 다 되어 폐기 처분하는 증감지의 재활용 방안으로서, 이것을 여과판으로 사용하여, 진단용 에너지 범위에서 주로 사용되고 있는 알루미늄 여과판과 관전압 60~80 kVp 사이에서 여러 가지 특성을 비교한 이상의 실험결과, 희토류 물질인 가돌리늄 증감지의 전면 1매는 알루미늄 2.8~3.3mm에 해당하는 흡수를 보이고 있으며, 일반적인 텅스텐 증감지는 2.3~2.7mm 알루미늄에 해당 되었다.

또한, 각 종류별 여과판 투과 후의 반가층의 두께는 알루미늄과 텅스텐 증감지가 비슷하고, 가돌리늄 증감지는 다소 적은 치를 보이고 있었다. 사진 상의 명확도를 좌우하는 주요소인 대조도는 가돌리늄 증감지가 다른 두 종류에 비해 우수하며, 관전압이 증가됨에 따라 그 폭이 커지고 있었다.

동일한 사진농도를 얻는데 필요한 표면선량은 텅스텐 증감지와 알루미늄 여과판에서 거의 비슷하고, 가돌리늄 증감지에서 다소 증가되고 있었다.

이상의 결과에 의거하여 임상사진을 촬영한 결과, 희토류증감지를 여과판으로 이용한 사진은 화질의 저하가 없었으므로 그 유용성이 클 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Robert G. Waggener, Louis B. Levy, Lee F. Rogers, Peter Zanca: Measured X-ray

spectra from 25 to 110 kVp for a typical diagnostic unit, Radiology 105:169, 1972.

2. Harold L. Atkins, Ralph G. Fairchild, James S. Robertson, Dennis Greenberg: Effect of absorption edge filters on diagnostic X-ray spectra, Radiology 115:431, 1975.
3. T.M. H. Chakera, R.F. Fleay, P.W. Henson, S.M. Cole: Dose reduction in radiology using heavy metal foils, British Journal of Radiology, 55:853, 1983.
4. 澤田武司・立木秀一・木下一男・百石悟: Yb, Gd Er Filter 等による X線エネルギー スペクトルについて, 日本放射線技術學會雜誌, 31(1): 57, 1984.
5. Jorge E. Villagran, Barry B. Hobbs, Kenneth W. Taylor: Reduction of patient exposure by use of heavy element as Radiation filters in diagnostic radiology, 127:249, 1978.
6. 岡島俊三: 醫學放射線物理學, 南山學, 1980.
7. 許俊・金昌均・頭部側面撮影에 있어서 濃度補整濾過板의 考案, 友石醫技大雜誌, 2(1): 5, 1971.
8. 牧野芳文・小黑 清・宇賀誠・募田節男・青木俊夫: 下肢撮影における paper filter の有用性, 日本放射線技術學會雜誌, 41(4): 706, 1985.
9. 前田志郎・山岸一雄・武田弘志: 補正フィルターについて(第 2 報), 第 29 回 日本放射線技術學會總會 抄録集, 198, 1973.
10. 升味弘行・片山滿幸・菊田泰亘: 撮影用補償フィルターについて(第 3 報), 第 29 回 日本放射線技術學會總會 抄録集, 207, 1973.
11. 東儀英明・若松孝司・今井行雄・小林美三男・松井泰伸: 長尺カセット チェンジャーの濃度補正について—稀土類増感紙フィルターの適用—(第 2 報), 第 38 回 日本放射線技術學會總會 豫稿集, 529, 1982.