

X선 피폭선량 경감용 Key-filter의 평가

동아엑스선기계 방사선기술연구소

김성철 · 최강목 · 신성일 · 윤종민 · 이선숙 · 허 준

Evaluation of Patient Dose using Key Filter

Sung Chul Kim · Kang Mook Choi · Soung Ill Shin · Jong Min Yoon · Sun Sook Lee · Joon Huh
Institute of Radiological Technology, Dong-A X-ray CO., LTD.

I. 서 론

우리 나라에서의 의료피폭은 구미 선진국에 비해서 많은 편으로 최근에 진단용 방사선 발생장치의 안전관리에 관한 규칙¹⁾이 공포 실시되면서 이에 대한 대책이 절실하게 요구되고 있다. 이런 중에 신소재에 의한 피폭선량경감용 X선 여과판으로 Key-filter가 개발되어 보급되고 있으나^{2~5)} 그 특성을 잘 알지 못한 채 사용하고 있어 많은 문제점을 내포하고 있는 현실이다. 일반적으로 X선관에서 방출되는 X선에너지는 연속스펙트럼으로 인체를 투과하지 못하는 저 에너지 성분까지도 많이 포함되어 있다. 이와같이 화상형성을 할 수 없는 저 에너지 성분을 제거하기 위해서 지금까지는 알루미늄, 구리 등의 금속 필터를 이용하여 상대적으로 X선의 실효에너지를 올리고 피폭선량을 경감시키고 있다.^{6~8)}

실효에너지를 올리기 위해서는 관전압을 올리는 것 보다는 금속의 부가필터를 삽입하는 것이 효과적이어서 각종 원소를 소재로 한 부가필터가 이용되고 있다.

Key-filter에 대한 기본 특성과 촬영시의 효과에 관한 보고는 있으나 그 구성 원소가 공개되지 않고 있는 것이 현실이다.

이에 저자들은 Key-filter를 임상에 적용시키는데 유의할 점을 알기 위해서 X선 선질과 피폭선량, X선부하 그리고 사진대조도에 미치는 영향에 관해서 실험하여 보고한다.

II. 사용기기

- X선장치 : Dong-A DXG-550 RF
- 선량계 : Kyokko TLD 2500, 소자 Mg₂SiO₄-Tb

- 흡수체 : 아크릴 수지판 30 cm × 30 cm × 18 cm
아크릴 수지판 30 cm × 30 cm × 4 cm
- 부가 여과판 : Key-filter(30, 35, 40, 50, 60, 70, 80 kV용)
2 mmAl, 0.1 mmCu, 0.2 mmCu, 0.5 mmCu
- 형광량계 : Alco Electric CO., F-11
- 관전압측정기 : Digital kVp Meter(MODEL 240, RMI)
- 피사체 : Chest phantom(MODEL III, RMI)
Al step wedge
- 필름 및 증감지 : Fuji HR-G/G-4
- 농도계 : Dong-A DDM-1
- 자동현상기 : 두산 DSP-5000

II. 실험방법 및 결과

1. X선 선질의 측정

Key-filter사용시의 선질이 변화되는 것을 알기 위해서 Non-filter와 0.2 mmCu filter, 그리고 Key-filter 60 kV용을 사용하고 관전압 60~120 kV에서 각 관전압을 digital kVp meter로 측정한 결과는 표 1과 같으며,

표 1. Filter사용시 관전압의 변화

부가여과 관전압	Non-filter	2 mmCu	Key - filter (60 kV용)
60	58.1	58.9	60.3
80	79.3	83.9	86.1
100	97.1	103.5	109.0
120	118.0	124.1	136.0

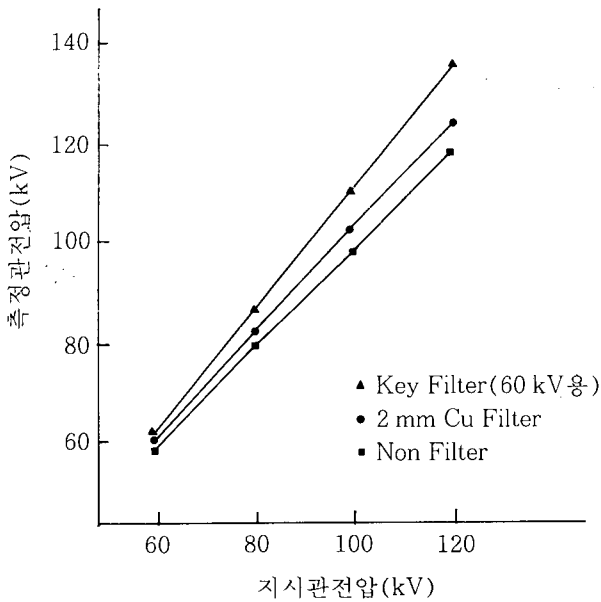


그림 1. Filter 사용에 따르는 관전압의 변화

그 경향은 그림 1과 같다.

저관전압에서는 필터에 따른 선질의 변화가 크지 않으나 관전압이 높아짐에 따라 그 효과는 현저히 나타나고 있다.

중전에 이용되고 있는 0.2 mmCu 필터는 관전압 60 kV에서는 변화가 별로 없으나 관전압 80, 100, 120 kV에서는 각기 83.9, 103.5, 124.1 kV로 여과관이 없을 때에 비하면 4.6, 6.4, 6.1 kV가 증가되고 있다. 이에 대해서 60 kV용 Key-filter는 80 kV에서 86.1 kV, 100 kV에서 109.0, 120 kV에서 136.0 kV로 각기 6.8, 11.9, 18 kV가 상승되고 있어 2.0 Cu filter에 비하면 현저하게 관전압이 상승되고 있어 고선질을 나타내고 있다.

2. 조사선량의 측정

1) 각 필터를 사용할 때에 조사선량이 변화되는 것을 알기 위해서 복부용 팬텀으로서 두께 18 cm의 아크릴수지판을 쓰고 초점에서 투과선량 측정점까지는 100 cm, 관전압 80 kV, 관전류 200 mA, 조사시간 0.1 sec로 고정하고 표면선량과 투과선량을 TLD로 측정하였다. 이때 TLD소자는 팬텀의 표면과 후면에 각기 3개씩 부착시키고 그 평균치를 산출하여 측정치로 하였다. 부가필터가 없을 때를 기준으로 하여 상대선량비를 보면 Key-filter는 등급이 30 kV용으로부터 80 kV용으로 올라갈수록

표 2. 각 filter사용시 조사선량의 변화

80 kV, 200 mA, 0.1 sec, 흡수체 : 18 cm Acryl, 조사야 : 30 cm × 30 cm, FDD : 100 cm

Filter	구 분	표면선량	투과선량	투과/표면 선량비(%)	표면선량비 (%)
Non-filter		2686.0	77.2	2.87	100.00
Key-filter	30 kV용	1798.0	69.8	3.88	66.94
	35 kV용	1749.5	63.5	3.63	65.13
	40 kV용	1512.0	62.3	4.12	56.29
	50 kV용	938.0	46.6	4.97	34.92
	60 kV용	647.7	33.7	5.20	24.11
	70 kV용	396.9	27.3	6.88	14.78
2 mm Al		1711.0	67.4	3.94	63.70
0.1 mm Cu		1675.0	63.3	3.78	62.36
0.2 mm Cu		1033.5	49.0	4.74	38.48
0.5 mm Cu		473.8	26.6	5.61	17.64

(단위 : μSv)

표 3. 각 여과관 사용시에 동일한 농도를 내는데 필요한 관전류량과 피폭선량의 변화

(흡수체 : 두께 18 cm Acryl, 조사야 : 30 cm × 30 cm, FFD : 100 cm, FOD : 81 cm, OFD : 1 cm)

Filter	kV	mAs	표면선량	흡수선량	투과선량	표면선량비 (%)	mAs비	
Non-filter		80	20	3065.3	2967.0	98.35	100.0	1
Key-Filter	40 kV	80	25	1856.7	1770.7	86.00	60.57	1.25
	50 kV	80	37.5	1827.3	1716.6	110.97	59.61	1.88
	60 kV	80	45	1566.7	1465.9	100.75	51.11	2.25
	70 kV	80	70	1506.5	1402.7	103.77	49.15	3.5
	80 kV	80	90	1456.5	1354.0	102.50	47.52	4.5
0.1 mm Cu		80	25	1973.7	1879.8	93.90	64.39	1.25
0.2 mm Cu		80	30	1729.7	1639.3	90.40	56.43	1.5
0.5 mm Cu		80	60	1517.7	1426.1	91.57	49.51	3

(단위 : μSv)

표면선량이 감소되어 80 kV용에서는 8.15%로 대폭 경감되고 있었다(표 2).

투과선량은 Key-filter 등급 증가시 감소율이 적게 나타났다.

표면선량에 대한 투과선량은 필터가 없을 때에 비해서 40 kV용 Key-filter에서는 1.44배, 60 kV용에서 1.81배, 80 kV용에서는 3.1배로 대폭 증가되고 있어 필터효과에 있어 선질이 경화되고 있는 것을 알 수 있다. 종전에 많이 사용되고 있는 0.2 mmCu와 0.5 mmCu의 필터가 없을 때의 표면선량비는 각기 38.48%와 17.64%이고 표면선량에 대한 투과선량은 0.2 mmCu에서 1.65배, 0.5 mmCu에서 1.95배로서 그 효과는 Key-filter에 비해서 저하되고 있었다.

2) 각 필터 사용시 적절한 촬영조건을 산출하기 위해 관전압 80kV에서 농도 1.0을 내는데 필요한 관전류량을 형광량계로 구한 다음 그 조건으로 촬영할 때의 표면선량과 투과선량 및 관전류량을 측정하여 표 3과 같다.

상대적인 mAs비는 부가필터가 없을 때에 비해서 40 kV용으로부터 80 kV용으로 Key-filter의 단계가 올라갈수록 1.25배로부터 4.5배로 대폭 증가되고 있다. 그러나 표면선량비는 60.6%로부터 47.5%로 큰 변화가 없었다. 0.1 mmCu 사용시의 mAs비는 1.25배, 0.5 mmCu 사용시는 3.0배로 증가 되었으며, 표면선량은 64.4%와 49.5%로 나타나 Key-filter 사용시 표면선량의 감소가 약간 크게 나타났다.

3. 사진대조도의 비교

부가필터 사용시 사진대조도가 저하되는 것을 알기 위해서 피사체로 성인 복부에 해당되는 두께 40 mm의 알루미늄판을 콜리메타앞에 부착시키고 필터가 없을 때와 Key-filter 60 kV용과 80 kV용을 사용할 때의 사진대조도를 비교하였다. 1 mm 간격의 알루미늄 step-

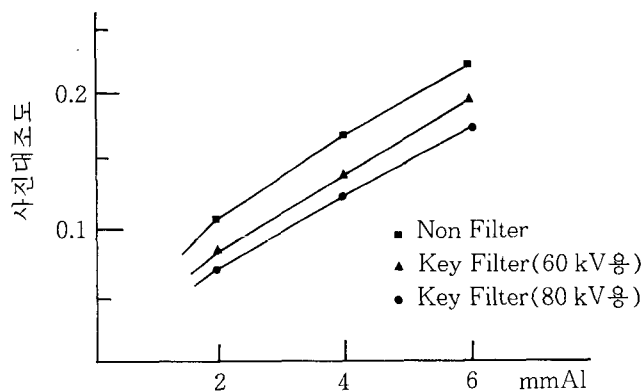


그림 2. 사진 콘트라스트

wedge를 관전압 80 kV에서 촬영하여 사진대조도를 비교한 결과는 그림 2와 같다.

필터를 사용하면 사진대조도는 저하되고 있었으며 그 폭은 Key-filter 60 kV용보다 80 kV용에서 더욱 심하게 나타나고 있다.

IV. 고 찰

Key-filter의 개발은 1975년부터 연속X선을 투과하여 보석을 감정하는 방법으로 X선 필름의 흑화도를 식별근 평가하는데서 시작되었다.²⁾

Key-filter의 특징으로서는 방사선장애를 유발시키는 저에너지측의 X선을 흡수시키고 있어 사용방법에 따라서는 진단평가에 별로 지장을 주지 않을 정도의 화질을 유지시키면서 환자표면선량을 종전에 비해 8~67% 정도로 경감시킬 수 있었다.

이것은 저에너지 성분을 보다 많이 흡수하여 상대적으로 X선의 실효에너지를 상승시킬 수 있는 높은 중여과 필터인 것을 확인할 수 있었다.

본 실험에서는 X선스펙트럼의 측정은 하지 못하였으나, Non-filter시와 Key-filter장착시 Al 흡수체 투과후의 X선스펙트럼을 비교해 보면 Key-filter는 저에너지 성분을 대폭 제거하여 스펙트럼분포가 peak치보다 높은 고에너지측으로 이동되어 있음을 알 수 있다.^{2,9)}

이것은 Key-filter의 특징으로 종전의 필터는 피사체인 Al판의 두께가 변함에 따라 실효에너지가 고에너지측으로 이동되어 beam hardening현상이 나타나는 반면(그림 3 참조), Key-filter장착시는 피사체인 Al판 두께 변화시 실효에너지가 이동되지 않아 beam hardening현상은 없어져 정성·정량 측정을 정확하게 할 수 있다(그림 4 참조).^{2,3,10)} 이는 연속 X선을 단색화시키는 계

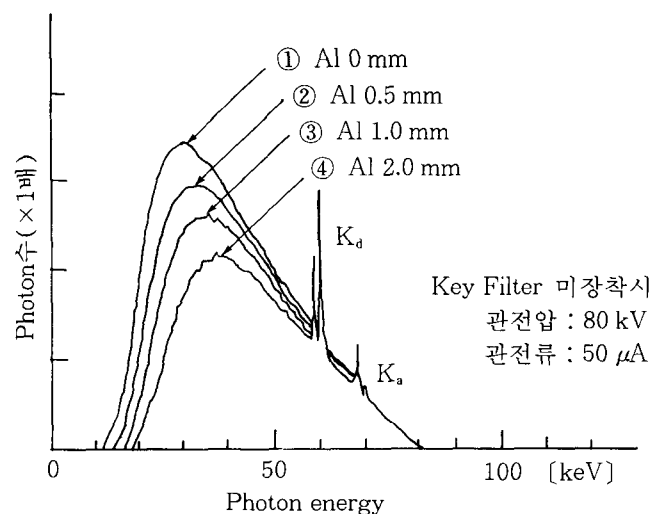
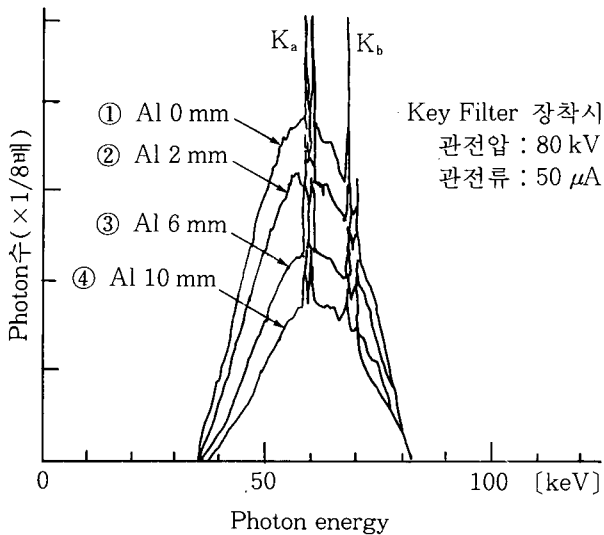


그림 3. Non Filter시의 Al판 투과 후의 X선 스펙트럼의 분포



Beam hardening 현상이 나타나지 않아 정량측정을 할 수 있다.

그림 4. Key Filter장착시의 Al판 투과 후의 X선 스펙트럼의 분포

기가 되었으며 X선 발견 100년만에 처음으로 정량측정을 할 수 있는 기술을 확립하게 되었다. 선질의 경화는 저관전압촬영으로 고관전압촬영 효과를 낼 수 있어 흉부를 비롯한 투시 및 산부인과 등에 활용할 수 있어 경제적이다 하겠다. 그러나 X선 부하가 2~4배 정도로 증대되고 있어 조사선량의 증대와 표면선량의 경감비에 따라 적절히 선택해야 하며, 일반적으로 Key-filter는 촬영되는 관전압에 따라 선택하는 것이 필요하다.

Key-filter를 사용하면 선질이 경해져서 contrast가 저하되고 있어 이를 방지하기 위해서는 계조도가 높은 고감도의 필름을 사용하고 적절한 관전압을 선정해야 한다.^{5,10,11)} 실제로 임상에서 사용할 때는 이상과 같은 특성을 잘 알고 사용하여야 하며 고감도 증감지를 선택하고 X선 장치는 장치의 부하를 줄이기 위해 관전류량 부하에 여유가 있는 대용량의 장치가 바람직하다고 사료된다.

V. 결 론

Key-filter를 사용하는데 따른 몇 가지 문제를 실험하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1. Key-filter를 사용할 경우 2.0 mmCu filter를 사용할 경우보다 선질이 현저하게 경해짐을 알 수 있었다.
2. Key-filter를 사용하면 filter를 사용하지 않을 때보다 필터의 종류에 따라 8.15%~66.94%의 표면선

량이 감소되고 있었다.

3. Key-filter를 사용할 경우 X-선 장치의 부하는 필터의 종류에 따라 25%~45% 증가되었다.
4. Key-filter를 사용하면 사진대조도는 저하되고 있었다.

Key-filter는 구리필터에 비해 filter 효과가 높으며 환자의 표면선량을 줄일 수 있다. 그러나 실무에 적용할 때 촬영조건이 증가되고 사진대조도가 저하되는 문제가 있음을 알 수 있다. 따라서 Key-filter를 사용할 경우 그 특성과 효과를 잘 이해하여 검사목적에 가장 알맞은 filter를 선정하여 환자 피폭선량을 감소시키면서 장치의 부하도 고려할 수 있게 되기를 바란다.

참 고 문 헌

1. 보건복지부령 제3호 『진단용 방사선발생장치의 안전 관리에 관한 규칙』 1995.
2. 藤崎和聲, 藤崎和美, 藤崎惠美子, 藤崎雪雄 外: 『骨構造X線定量測定 システムの共同開発, 九州地域産學官共同研究成果合同發表會講演論文集』, 8~13, 1995.
3. 小倉隆英, 小沼京子, 渡邊 曉, 小原春雄: 新X線附加フィルター(Key-filter)の基本特性と臨床應用, 東北大學醫療技術短期大學部紀要, 4(2), 111~118, 1995.
4. 光岡正次, 忽那龍雄, 藤崎雪雄, 藤崎和聲: キーフィルターを使用した放射線防禦の研究, 醫界佐賀, 1994.
5. 大塚照義, 吉田賢一, 西原貞光, 神崎龍二 外: 新素材フィルター(Key-filter)の特性について 日本放射線技術學會雜誌, 51(3), 268, 1995.
6. 松本政典, 東田善治, 高田草雄: 放射線管理學, 通商産業研究社, 126~127, 1995.
7. 大塚昌彦, 隅田博臣, 砂屋敷忠 外: 附加フィルターとCR畫像併用における患者被曝線低減についての検討, 日本放射線技術學會雜誌, 51(10), 1361, 1995.
8. 허 준, 김창균, 이인자 외: 희토류 증감지를 이용한 여과관의 효과, 大韓放射線技術學會誌, 11(1), 17~23, 1988.
9. 鈴木光昭, 横田 浩, 宮本勝美 外: 小兒球關節撮影における附加フィルターによる被曝線低減の検討(第2報), 日本放射線技術學會誌, 51(10), 1421, 1995.
10. 福田正守, 平形次男, 名倉 博 外: X線被曝低減用 Key-filterの評価, 日本放射線技術學會雜誌, 51(10), 1417, 1995.
11. 吉田賢一, 西原貞光, 神崎龍二 外: 新しいフィルター(Key-filter)による畫質と被曝線量, 日本放射線技術學會雜誌, 51(3), 1360, 1995.