

유방촬영용장치 부가필터에 따른 선량변화 및 화질개선

조우일[†], 김영근[‡], 이길동[§]

[†]경기대학교 대학원 의학물리학과, [‡]광주보건대학 방사선학과, [§]경기대학교 전자물리학과

2013년 4월 18일 접수 / 2013년 5월 27일 1차 수정 / 2013년 5월 29일 채택

최근 방사선 피폭에 대한 관심이 높아지고 있다. 유방촬영용장치의 방사선 피폭은 일반 X선 촬영에 비해 비교적 흡수 선량이 높기 때문에 화질은 개선하되 불필요한 피폭을 줄여야 노력을 할 필요가 있다. 최근 국제방사선방어위원회(ICRP)나 우리나라의 한국의료영상품질관리원(KIAMI)에서 권고하는 평균유선선량은 3 mGy 이하이지만 이는 유방의 두께에 따라 다르므로 모든 경우에 권고수치가 넘지 않는다고 해서 적다고 말할 수는 없다. 일반적으로 방사선 촬영에 사용되는 선질은 영상의 화질과 피폭선량을 결정하는 중요한 인자로 촬영 관전압과 부가필터에 영향을 받는다. 일반적으로 유방촬영용장치에서 방출되는 X선 에너지는 연속 스펙트럼(spectrum)으로서 영상의 화질에 미치는 영향이 적은 저 에너지부터 이미지상의 대조도(contrast)를 저해하는 고 에너지 성분까지 포함하고 있다[1,3]. 현재 유방촬영용장치에 많이 사용되고 있는 부가필터는 몰리브덴(molybdenum, Mo), 로듐(rhodium, Rh) 등이 있으며, 이는 사용되어지는 X선질의 에너지 영역에 따라 구분하여 사용되고 있다. 현재 유방촬영용장치에 가장 많이 사용되어지고 있는 부가필터의 물질인 몰리브덴(Molybdenum, Mo), 로듐(rhodium, Rh) 외에 원자번호와 K-흡수단 영역이 비슷한 니오븀(niobium, Nb)이나 지르코늄(zirconium, Zr)재질의 부가여과판을 사용 하였을 때 화질과 선량의 개선된 변화를 알아보고, X선의 저에너지를 흡수할 수 있는 알루미늄(aluminum, Al)재질을 복합으로 사용하였을 때 유방촬영용장치의 화질에 손실없이 알루미늄(aluminum, Al)두께에 따른 조사선량의 경감 정도를 확인하려 한다. 본 실험에서는 몰리브덴(molybdenum, Mo), 니오븀(niobium, Nb), 지르코늄(zirconium, Zr) 등의 부가필터를 종류별로 단일필터로 사용할 경우와 이들 단일필터에 알루미늄(aluminum, Al)필터를 복합으로 사용한다. 이 경우 상기 부가필터의 종류에 따른 화질의 개선이 될 것으로 판단되고, 알루미늄(aluminum, Al)필터를 복합으로 사용함으로써 저 에너지의 불필요한 X선이 흡수되므로 동일한 농도가 되었을 때 화질에 큰 영향없이 선량이 감소될 것으로 기대된다.

중심어: 유방촬영용장치, 부가필터, 몰리브덴(molybdenum, Mo), 니오븀(niobium, Nb), 지르코늄(zirconium, Zr), 화질, 선량

I. 서론

X선속 금속 흡수체를 인위적으로 삽입하여 저에너지의 광자를 흡수하는 것을 부가여과(added filtration)라 한다 [1]. 이것은 주로 광전효과가 많이 발생할 때 감약이 심하고 콤프턴 반응이 많이 일어날 때에는 감약이 감소하는 현상을 이용한 것이다[5]. Tuout와 그 연구팀의 발표에 의하면 필터를 사용하여 환자선량을 어느정도 감소할 수 있다고 하였다[1]. 그러나 필터는 일정 에너지 영역의 광자만 흡수하는 것이 아니라 모든 광자의 에너지를 흡수하기 때문에 이 손실을 보상하기 위해 선량을 증가시켜야 한다[1]. 다만 필터에서 많은 양의 광자를 흡수하기 때문에 환자에 도달하는 총 선량은 감소한다고 볼 수 있다.

중금속 필터나 K-edge 여과판을 사용하면 저에너지와 고에너지를 감소하여 에너지 비교적 스펙트럼을 좁게 할 수 있다는 장점이 있다. X선속에서 저에너지측을 제거하

면 환자선량을 감소할 수 있고, 고에너지측을 제거하면 영상대조도를 향상할 수 있는 장점이 있음은 이미 밝혀진 사실이다[2].

X선 촬영장치에서 필터는 X선관 앞에 금속판을 삽입하여 일정 에너지 영역의 방사선을 환자에 입사하기 전에 흡수할 목적으로 사용한다. 중금속 또는 K-흡수단 여과판은 특정 원소의 K-흡수단에서 질량 흡수계수가 증가하는 장점을 이용하여 X선속으로부터 효과적으로 고에너지 성분을 흡수함으로써 선량감소 및 대조도를 향상할 수 있는 장점이 있다[2].

유방촬영용장치에 몰리브덴(molybdenum, Mo) 양극 X선관이 적용되고 있는 것은 대조도를 충족할 수 있고 선량도 어느정도 허용할 수 있는 X선 영역에서 특성X선이 발생하는 까닭이다[3]. 하지만 여기에서 발생하는 고에너지는 유방 연부조직의 대조도를 저하시키므로 몰리브덴(molybdenum, Mo) X선 스펙트럼(spectrum)내의 고에너지 성분을 흡수하기 위하여 몰리브덴(molybdenum, Mo), 로듐(rhodium, Rh) 등의 필터를 사용하여 왔다[1,3].

교신저자: 이길동, gdlee@kyonggi.ac.kr
경기도 수원시 영통구 광교산로 154-42 경기대학교 전자물리학과

이로 인해 몰리브덴(molybdenum, Mo)재질의 부가여과판을 사용할 경우에는 매우 강한 몰리브덴(molybdenum, Mo)의 K-특성방사선인 20 keV 이상의 에너지를 흡수하나 17.5 keV의 K-알파 57%와 19.6 keV의 K-베타 방사선 67%는 통과하여 피사체에 도달한다.[1] 알루미늄(aluminum, Al)의 K-특성방사선의 에너지가 1.6 keV이므로 여기에 몰리브덴(molybdenum, Mo)재질의 Filter와 Al filter를 복합으로 사용할 경우 불필요한 저에너지를 흡수시켜 대조도 및 해상력에 크게 손해를 보지 않으면서 환자 피폭선량의 경감에 기여할 것으로 기대된다[1,4].

본 연구실험에서는 Mo의 원자번호와 흡사한 니오븀(niobium, Nb), 지르코늄(zirconium, Zr)등의 K-edge 필터와의 비교를 하고, 이 필터에 선질 경화필터인 알루미늄(aluminum, Al)필터를 이들 필터에 복합으로 사용하여 선량감소와 화질의 변화를 알아보고자 한다.

화에 대한 측정은 X-rite사의 Model 301을 각각 사용하였다.



Fig. 1. Mammography (MX-200).

Table 1. K-absorption Edge & Energy Diagram of Each Substance.

Atom	Element Symbol	Z-number	K-absorption edge (KeV)
Yttrium	Y	39	17
Zirconium	Zr	40	18
Niobium	Nb	41	19
Molybdenum	Mo	42	20

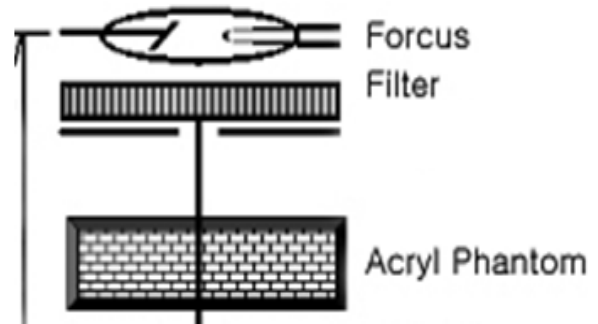


Fig. 2. Block Diagram of the Experimental Apparatus.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료

본 연구에서는 유방촬영용장치(메디슨, MX-200, USA)를 이용하였으며(Fig. 1), Film은 Fuji사의 UM-MA모델, Screen은 KODAK사의 MIN-R2모델을 사용하였다.

먼저 표준팬텀을 이용하여 팬텀영상 촬영시 각 필터의 종류와 두께에 따른 선량 변화를 알기 위해(Fig. 2) 과 같이 측정하였으며, 노출조건은 유방촬영 시 일반적인 조건인 26~30 kVp조건에 광학농도 1.4±0.2에 맞춘 Auto Exposure Control (자동노출장치) 로 촬영하였고 소초점 조사하였다.

이때 사용된 팬텀은 Nuclear Associates 18-220모델을 사용 하였고(Fig. 3), 필터에는 99% 순도의 몰리브덴(molybdenum, Mo)필터[0.03 mm-1장], 니오븀(niobium, Nb)필터[0.02 mm-2장], 지르코늄(zirconium, Zr)필터 [0.02 mm-2장]을 사용하였고, 복합으로 사용되어지는 부가필터로는 99% 순도의 알루미늄(aluminum, Al)필터[0.1 mm-3장을 사용 하였다(Fig. 6). 임상적으로 사용하는 선량과 농도를 일정하게 재현하기 위한 중간매질로는 아크릴판[30 (가로)×30 (세로)×2 (두께) cm³] 3장을 사용 하였다. 선량측정은 UNFORCE사의 선량계(Model 330)를 사용하였고(Fig. 4) 해상력 패턴은 Resolution Test Patterns 07-555를 사용 하였다(Fig. 5).

filter의 변화를 준 뒤 촬영된 각 필름을 현상하기 위한 현상기는 두산의 DSP-5000모델을 현상된 필름의 농도변



Fig. 3. Nuclear Associates (18-200).



Fig. 4. UNFORCE (Model 330).



Fig. 5. Resolution Test Patterns (07-055).

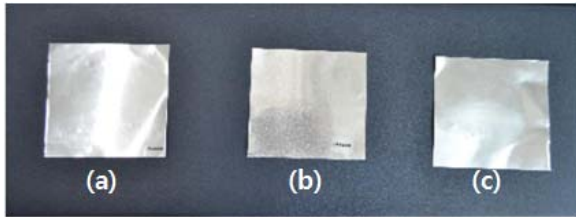


Fig. 6. (a) Mo (0.03 mm), (b) Nb (0.02 mm), (c) Zr (0.02 mm) thin plate.

III. 결과 및 토의

1. 부가필터의 변화에 따른 화질

선량감소를 위하여 알루미늄(aluminum, Al) 필터의 두께를 바꿔가며 각 필터와 조합으로 사용하였을 때 필터의

종류에 따른 표준편차영상의 모조병소 관찰의 변화를 동일 영상에 대해 전문집단 연구원 5인이 조사조건과 필터 조건을 모르는 상태에서 육안으로 측정 해 보았다.

본 실험에서는 몰리브덴(molybdenum, Mo)필터, 니오븀(niobium, Nb)필터, 지르코늄(zirconium, Zr)필터에 알루미늄(aluminum, Al)필터를 0.1 mm~0.3 mm추가하여 복합필터로 하여 모조병소를 관찰하였다(Table 2-5). Al 필터 0.1 mm까지 화질의 변화는 긍정적인 향상이 있었으나 0.2 mm부터는 약간의 화질저하가 보였다. 이는 알루미늄(aluminum, Al)필터의 두께증가에 따라 두꺼워진 필터의 선량 흡수에 의한 저에너지 영역의 감소영향으로 보인다.

니오븀(niobium, Nb)와 지르코늄(zirconium, Zr)필터의 두께에 따른 화질의 변화는 0.02 mm 필터를 사용한 경우보다 0.04 mm의 필터를 사용 시 월등한 화질의 향상이 있었다. 0.02 mm필터보다 0.04 mm필터 두께에서 화질향상이 보인 것은 몰리브덴(molybdenum, Mo) 타겟에서 나온 X선의 고에너지 성분을 충분히 흡수하지 못한 것으로 보인다.

니오븀(niobium, Nb)필터의 화질을 몰리브덴(Molybdenum, Mo)필터와 비교 하니 화질의 긍정적인 향상이 있었으나 지르코늄(zirconium, Zr)필터의 경우 0.03 mm 몰리브덴(Molybdenum, Mo)필터와 비교 했을 때 화질이 전체적으로 다소 떨어졌다.

1) Al (Non)+Mo (0.03mm)/Nb (0.02~0.04mm)/Zr (0.02~0.04mm) (단위: 개)

Table 2. According to the Change of Additional Filters (Mo, Nb, Zr) Observed Imitation of Lesions.

Filter Tube Voltage	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
26 ~ 30kVp	8.9	8.7	9.4	8.6	9.0

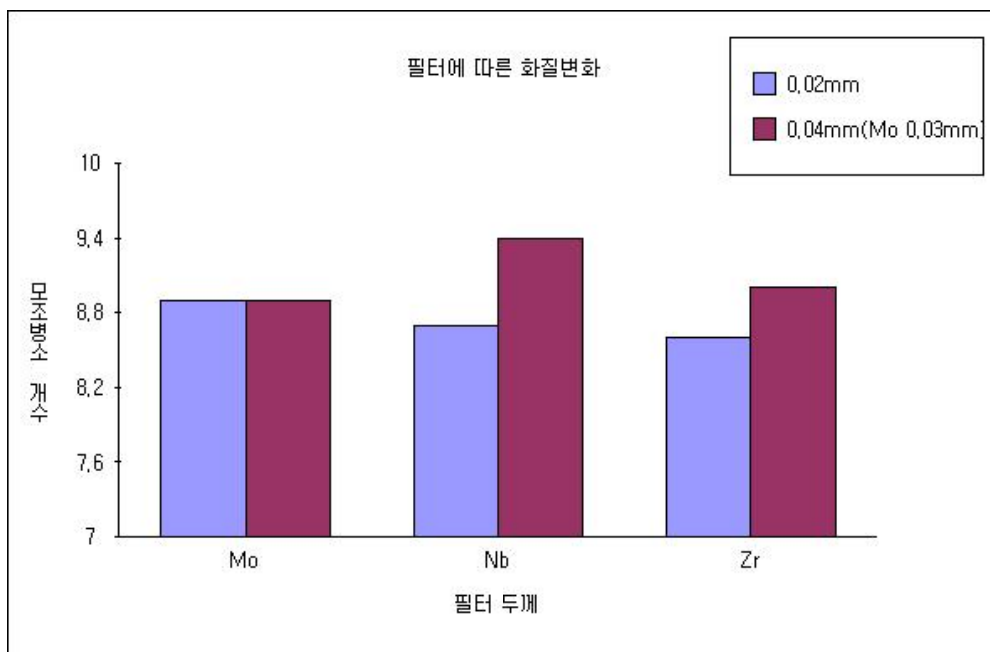


Fig. 7. According to the change of additional filters (Mo, Nb, Zr) observed imitation of lesions.

2) Al (0.1 mm)+Mo (0.03 mm)/Nb (0.02~0.04 mm)/Zr (0.02~0.04 mm) (단위: 개)

Table 3. Al (0.1 mm)+According to the Change of Additional Filters (Mo, Nb, Zr) Observed Imitation of Lesions.

Filter Tube Voltage	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
26~30 kVp	9.2	8.4	9.4	7.9	9.1

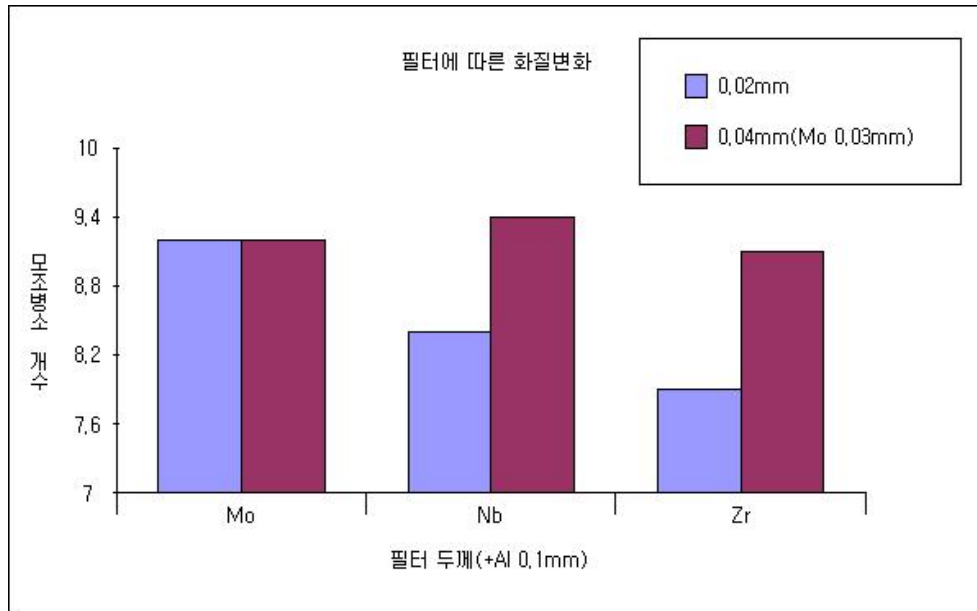


Fig. 8. Al (0.1 mm)+according to the change of additional filters (Mo, Nb, Zr) observed imitation of lesions.

3) Al (0.2 mm)+Mo (0.03 mm)/Nb (0.02~0.04 mm)/Zr (0.02~0.04 mm) (단위: 개)

Table 4. Al (0.2 mm)+According to the Change of Additional Filters (Mo, Nb, Zr) Observed Imitation of Lesions.

Filter Tube Voltage	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
26~30 kVp	9.2	8.6	9.2	7.8	8.7

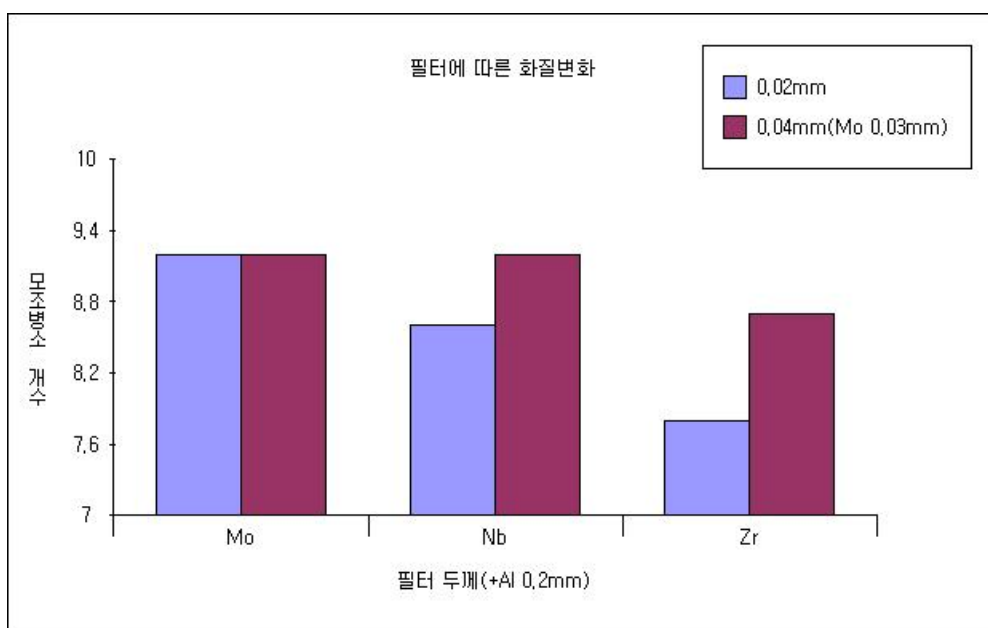


Fig. 9. Al (0.2 mm)+according to the change of additional filters (Mo, Nb, Zr) observed imitation of lesions.

4) Al(0.3 mm)+Mo(0.03 mm)/Nb (0.02~0.04 mm)/Zr(0.02~0.04 mm) (단위: 개)

Table 5. Al (0.3 mm)+According to the Change of Additional Filters (Mo, Nb, Zr) Observed Imitation of Lesions.

Filter Tube Voltage	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
26~30 kVp	8.9	8.2	9.2	7.9	8.2

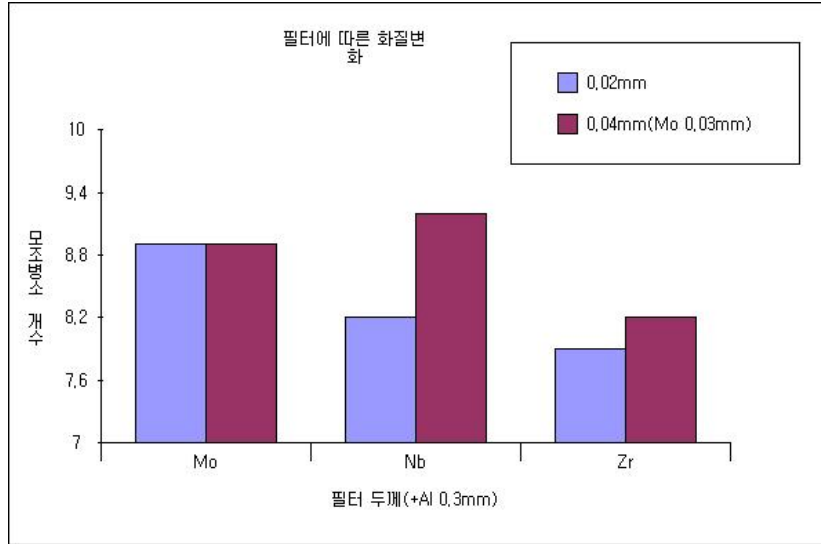


Fig. 10. Al (0.3 mm)+according to the change of additional filters (Mo, Nb, Zr) observed imitation of lesions.

5) Imitation lesions of changes about increased thickness of aluminum(kVp average -26~30 kVp) [단위: 개]

Table 6. Compare of Imitation Lesions According to Changes in the Thickness of The Additional Filters.

Filter Al Thickness	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
Non	8.9	8.7	9.3	8.9	8.9
0.1 mm	9.2	8.4	9.4	7.9	9.1
0.2 mm	9.2	8.6	9.1	7.8	8.7
0.3 mm	8.9	8.1	9.1	7.9	8.2

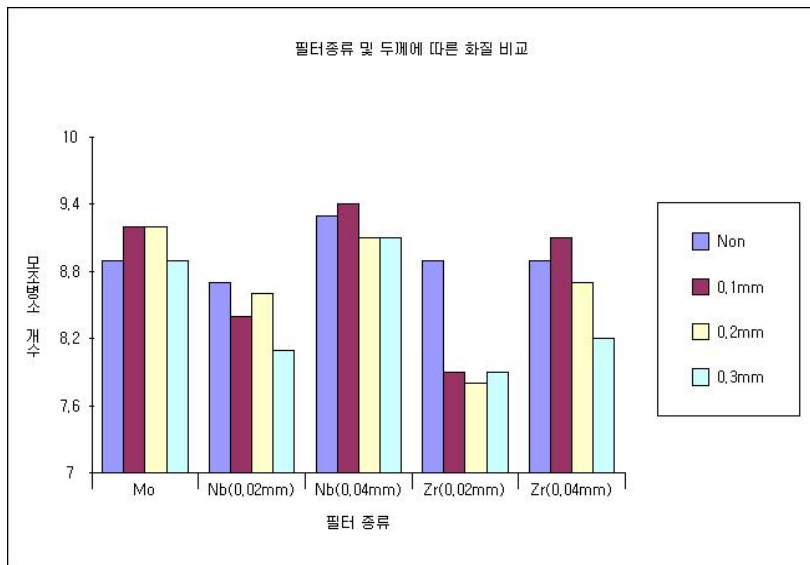


Fig. 11. Compare of imitation lesions according to Changes in the thickness of the additional filters.

2. 부가필터의 종류에 따른 선량변화 측정

유방촬영용 표준팬텀 촬영시 배경광학농도를 각 부가필터의 두께 및 종류에 따라 관전압을 바꿔 가며 1.40±0.20이내가 되도록 하여 촬영 하였을 때 선량의 변화를 실험한 것이다.

상기의 일정 농도를 유지해야 하므로 관전압이 높아질수록 관전류량이 낮게 설정되어 조사선량은 감소되었고, 알루미늄(aluminum, Al)필터의 두께가 높아질수록 필터의 저에너지의 흡수가 높아져 전체적인 조사선량은 일정하게 감소된다.

본 실험에서는 관전압(kVp)의 세기와 알루미늄(aluminum, Al)필터의 두께를 바꿔가며 각 필터에 따른 선량을

측정 하였다(Table 7-9). 필터의 종류별로는 몰리브덴(Molybdenum, Mo)필터와 지르코늄(zirconium, Zr)필터가 전반적으로 가장 적은 선량을 나타내었다. 관전압(kVp)의 증가에 따른 선량의 감소폭이 큰 재질은 니오븀(niobium, Nb)필터였고, 알루미늄(aluminum, Al)필터의 두께에 따라 선량의 감소폭도 제일 큰 재질은 니오븀(niobium, Nb)필터였다. 반면 (molybdenum, Mo)필터와 비교해서 지르코늄(zirconium, Zr)필터의 조사선량이 크지 않았고, 알루미늄(aluminum, Al)필터의 두께에 따른 조사선량의 감소폭도 지르코늄(zirconium, Zr)이 제일 적었다.

1) 26 kVp에서 필터의 두께 및 종류에 따른 조사선량 변화

Table 7. Change of Exposure Dose [26 kVp].

Filter \ Al Thickness	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
Non	462.2	534.2	542.1	482.2	523.8
0.1 mm	426.1	471.4	483.1	412.5	457.2
0.2 mm	377.8	425.6	451.2	370.4	416.2
0.3 mm	353.2	386	426.2	331.1	373.2

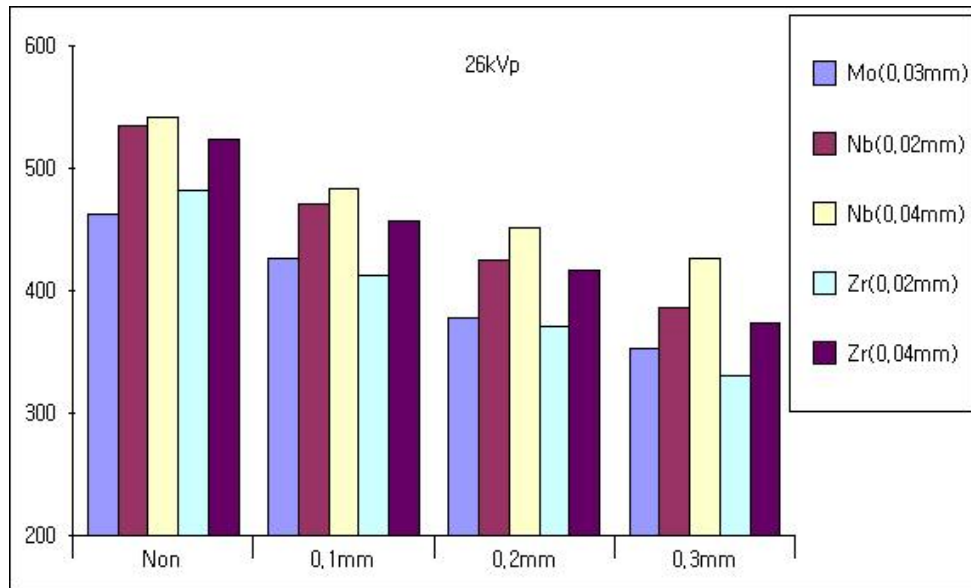


Fig. 12. Change of exposure dose [26 kVp].

2) 28 kVp에서 필터의 두께 및 종류에 따른 조사선량 변화

Table 8. Change of Exposure Dose [28 kVp].

Filter \ Al Thickness	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
Non	385.1	439.4	471.7	406.9	474.3
0.1 mm	354	387.1	409	347.9	421
0.2 mm	328.2	344.1	373.4	303.5	376.5
0.3 mm	305.5	309.9	342.9	274.9	339.1

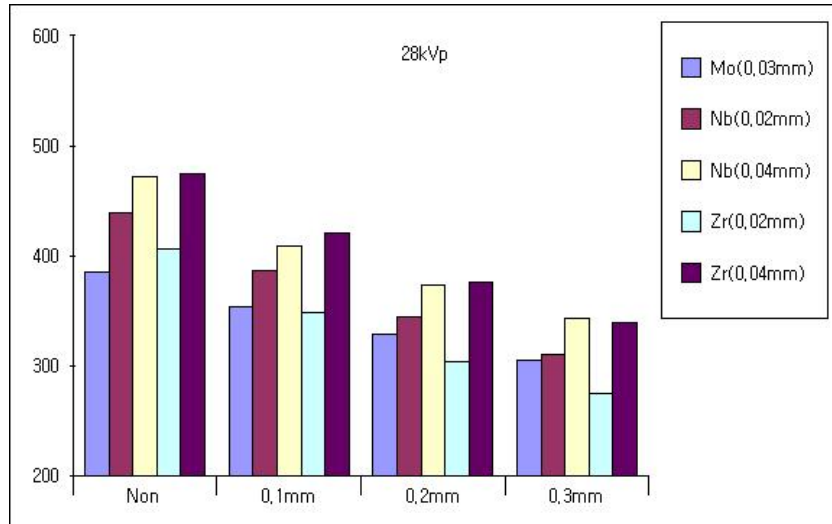


Fig. 13. Change of exposure dose [30 kVp].

3) 30 kVp에서 필터의 두께 및 종류에 따른 조사선량 변화

Table 9. Change of Exposure Dose [28 kVp].

Filter / Al Thickness	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
Non	323.5	352.5	400.5	332.3	414.5
0.1 mm	285	305.2	345.5	275.3	350.2
0.2 mm	260.4	265.6	305.7	234.6	315.6
0.3 mm	242.3	235.4	285.6	210.5	292.6

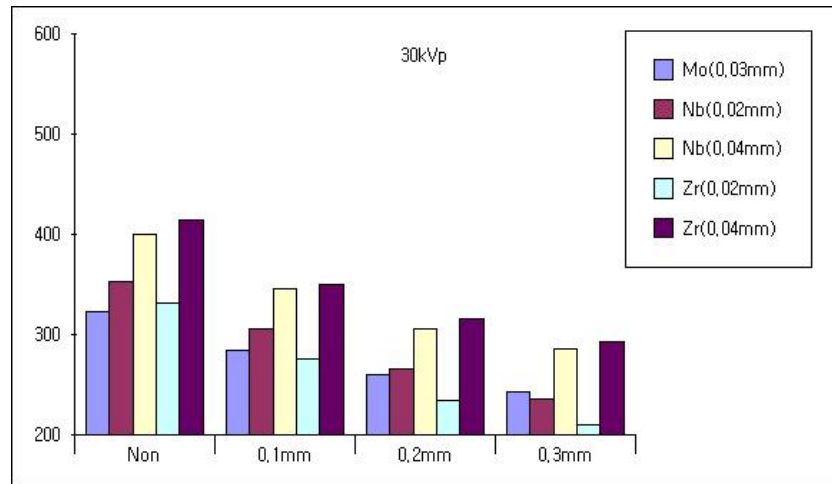


Fig. 14. Change of exposure dose [30 kVp].

3. 부가Filter 변화에 따른 대조도의 변화

유방촬영용 표준팬텀 촬영시 배경광학농도를 각 부가필터의 두께 및 종류에 따라 관전압을 바꿔 가며 1.40 ± 0.20 이내가 되도록 하여 촬영 하였을 때 표준팬텀의 광학 디스크(Optical Disk)로 내부와 외부의 농도를 측정하여 대조도를 알아 보았다. 현재 미국 Mammography Quality Standards Act(MQSA)와 한국의료영상품질관리원(KIAMI)의 대조도 권고수치는 Disk의 내외부 농도차가 0.4이상이다.

본 실험에서는 각 부가필터의 종류 및 두께와 알루미늄(aluminum, Al)의 두께에 따른 대조도의 변화를 알아 보았다(Table 10-14). 측정 결과 몰리브덴(molybdenum, Mo)필터[0.03 mm]보다 0.02 mm 니오븀(niobium, Nb)필터나 지르코늄(zirconium, Zr)필터에 대조도가 다소 떨어졌으나 0.04 mm에서는 비슷한 수준으로 나타났다. 다만, 니오븀(niobium, Nb)필터와 지르코늄(zirconium, Zr)필터 0.02 mm로 필터물질이 얇아지는 경우 대조도가 현저히 떨어지는 것을 알 수 있었다.

알루미늄(aluminum, Al) 필터를 복합으로 사용하였을 경우 알루미늄(aluminum, Al)필터 0.2 mm까지는 비슷한

경향이였으나 알루미늄(aluminum, Al) 0.3 mm의 경우 다소 낮게 측정되었다.

1) Al (Non)+Mo (0.03 mm)/Nb/Zr [단위: 광학농도]

Table 10. Changes of Contrast [Al (Non) + Mo (0.03 mm), Nb (0.02 mm, 0.04 mm), Zr (0.02 mm, 0.04 mm)].

Filter Tube Voltage	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
26 kVp	0.38	0.34	0.43	0.38	0.39
28 kVp	0.42	0.39	0.44	0.37	0.42
30 kVp	0.39	0.38	0.41	0.37	0.40
Mean	0.40	0.37	0.43	0.37	0.40

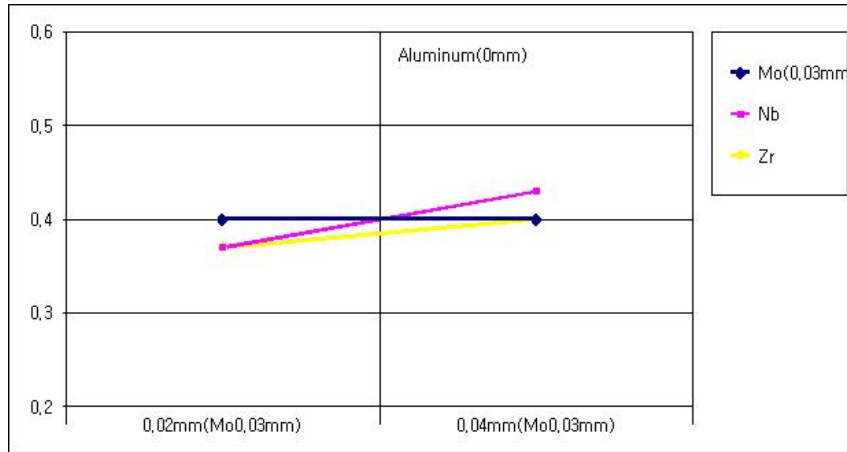


Fig. 15. Changes of contrast [Al (Non) + Mo (0.03 mm), Nb (0.02 mm,0.04 mm), Zr (0.02 mm,0.04 mm)].

2) Al (0.1 mm)+Mo (0.03 mm)/Nb (0.02 mm)/Zr (0.02 mm) [단위: 광학농도]

Table 11. Changes of Contrast [Al(0.1 mm) + Mo (0.03mm), Nb (0.02mm,0.04mm), Zr (0.02mm,0.04mm)].

Filter Tube Voltage	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
26 kVp	0.42	0.34	0.40	0.39	0.40
28 kVp	0.42	0.37	0.39	0.39	0.42
30 kVp	0.40	0.37	0.38	0.38	0.38
Mean	0.41	0.36	0.39	0.39	0.40

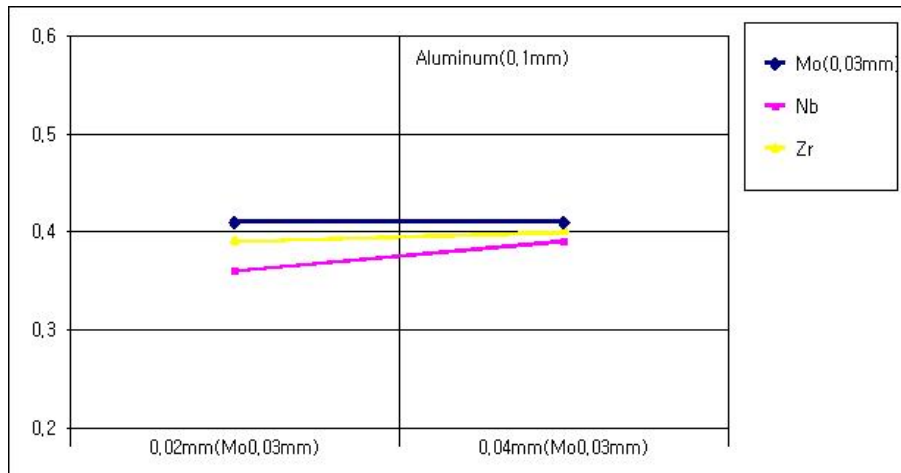


Fig. 15. Changes of contrast [Al (0.1 mm) + Mo (0.03 mm), Nb (0.02 mm,0.04 mm), Zr (0.02 mm,0.04 mm)].

3) Al (0.2 mm)+Mo (0.03 mm)/Nb (0.02 mm)/Zr (0.02 mm) [단위: 광학농도]

Table 12. Changes of Contrast [Al (0.2 mm) + Mo (0.03 mm), Nb (0.02 mm,0.04 mm), Zr (0.02 mm,0.04 mm)].

Filter Tube Voltage	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
26 kVp	0.41	0.35	0.41	0.40	0.43
28 kVp	0.39	0.37	0.38	0.36	0.39
30 kVp	0.38	0.36	0.39	0.36	0.39
Mean	0.39	0.36	0.39	0.37	0.40

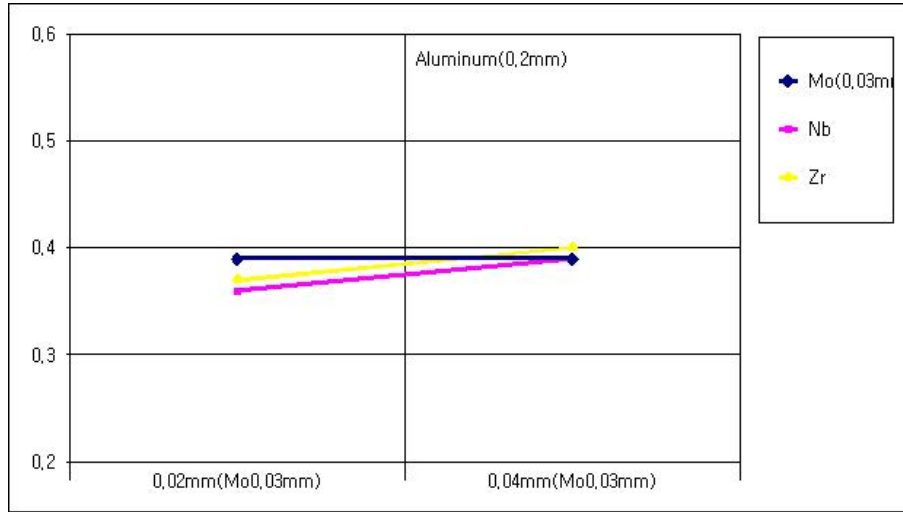


Fig. 16. Changes of contrast [Al (0.2 mm) + Mo (0.03 mm), Nb (0.02 mm,0.04 mm), Zr (0.02 mm,0.04 mm)].

4) Al (0.3 mm)+Mo (0.03 mm)/Nb (0.02 mm)/Zr (0.02 mm) [단위: 광학농도]

Table 13. Changes of Contrast [Al (0.3 mm) + Mo (0.03mm), Nb (0.02 mm,0.04 mm), Zr (0.02 mm,0.04 mm)].

Filter Tube Voltage	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
26 kVp	0.38	0.34	0.38	0.38	0.4
28 kVp	0.41	0.36	0.39	0.37	0.39
30 kVp	0.37	0.34	0.37	0.35	0.36
Mean	0.37	0.35	0.38	0.37	0.38

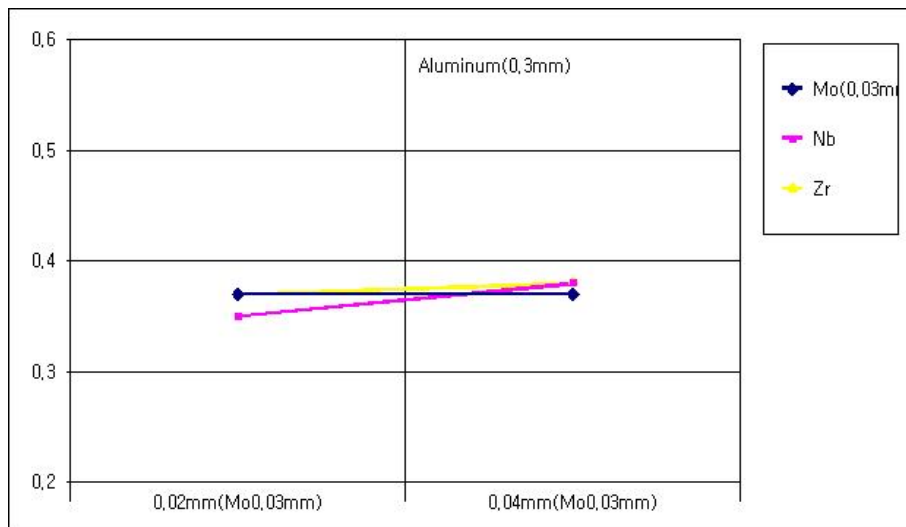


Fig. 17. Changes of contrast [Al (0.3 mm) + Mo (0.03 mm), Nb (0.02 mm,0.04 mm), Zr (0.02 mm,0.04 mm)].

5) 알루미늄(Aluminum, Al) 두께에 따른 부가필터의 대조도 변화[단위: 광학농도]

Table 14. Changes of Contrast about Change of Additional Filters.

Filter Al Thickness	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
Non	0.40	0.37	0.43	0.37	0.40
0.1 mm	0.41	0.36	0.39	0.39	0.40
0.2 mm	0.39	0.36	0.39	0.37	0.40
0.3 mm	0.37	0.35	0.38	0.37	0.38

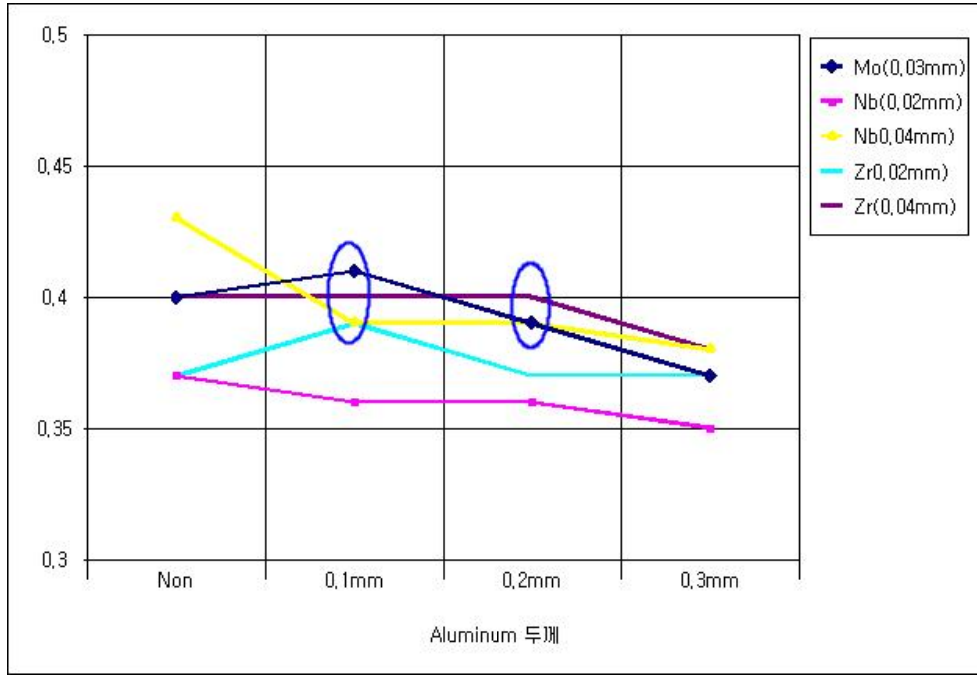


Fig. 18. Changes of contrast about change of additional filters.

4. 부가Filter 변화에 따른 해상력의 변화

Resolution Test Patterns 07-555을 이용하여 배경광학 농도 1.20±0.2이내에서 가로방향과 세로방향을 측정하였다. 측정 관전압(kVp)의 범위는 26~30 kVp로 하였고, 필터재질의 두께는 니오븀(niobium, Nb)필터와 지르코늄(zirconium, Zr)필터는 0.02 mm와 0.04mm(몰리브덴(molybdenum, Mo)필터는 0.03 mm)로 변화를 주었고, 알루미늄(aluminum, Al)필터의 두께는 0.1 mm, 0.2 mm, 0.3 mm로 변화를 주었다(Table 15,16).

본 실험에서는 필터물질의 종류 및 두께에 따른 해상력의 변화를 알아보았다. 측정은 전문집단 연구원 5인이 조사조건 및 필터조건을 모르는 상태에서 육안측정을 하였고, 측정결과 필터의 재질에 따른 해상력의 변화는 대체적으로 모든 물질에서 비슷하였으나, 지르코늄(zirconium, Zr)필터 0.02 mm에서 알루미늄(aluminum, Al)필터가 두꺼워질수록 해상력이 떨어졌고, 니오븀(niobium, Nb)필터 0.04 mm에서 대체적으로 가장 좋은 결과가 나왔다.

1) Al+Mo (0.03 mm)/Nb/Zr (가로) [단위: Lp mm⁻¹]

Table 15. Changes of Resolution [Width].

Filter Al Thickness	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
Non	10.8	10.9	11.3	11.1	10.8
0.1 mm	10.9	10.5	10.9	11.0	10.8
0.2 mm	10.9	11.0	11.0	10.7	10.9
0.3 mm	10.9	10.8	11.0	10.3	11.0

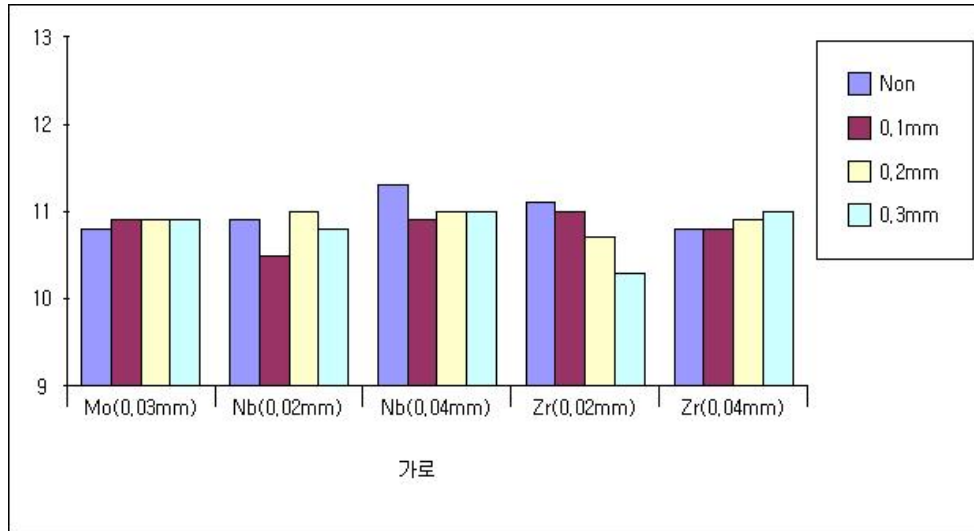


Fig. 19. Changes of resolution [Width].

2) Al+Mo (0.03 mm)/Nb/Zr (세로) [단위: Lp mm⁻¹]

Table 16. Changes of Resolution [Length].

Filter \ Al Thickness	Mo (0.03 mm)	Nb (0.02 mm)	Nb (0.04 mm)	Zr (0.02 mm)	Zr (0.04 mm)
Non	11.1	11.4	11.4	11.4	11.2
0.1 mm	11.3	10.9	11.4	11.2	11.2
0.2 mm	11.2	11.1	11.3	10.9	11.2
0.3 mm	11.1	11.0	11.3	10.7	11.1

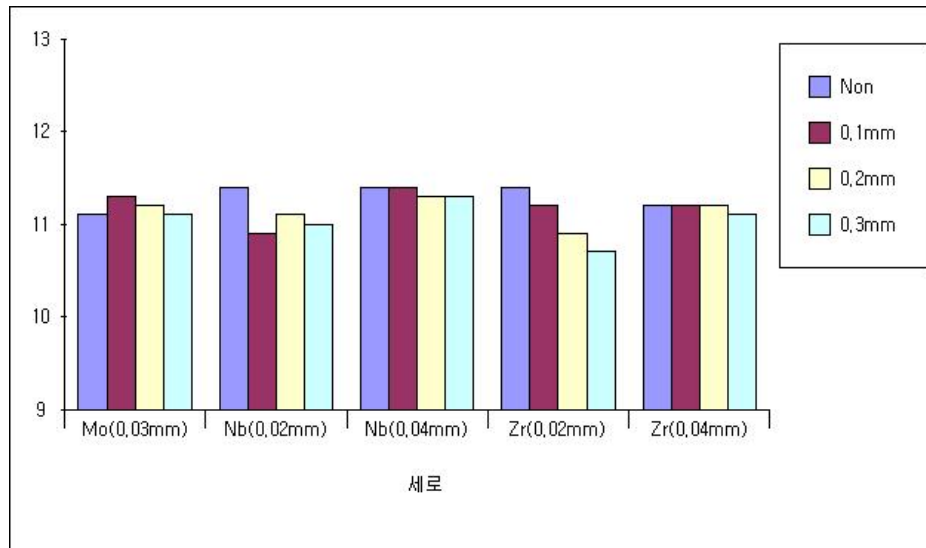


Fig. 20. Changes of resolution [Length].

IV. 결론

유방촬영 에너지 영역에서 몰리브덴(molybdenum, Mo)필터 및 니오븀(niobium, Nb)필터, 지르코늄(zirconium, Zr)필터와 X선질 경화 filter인 Al filter를 사용해서 그 특성을 연구한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 단일필터 사용 시 몰리브덴(molybdenum, Mo) [0.03 mm]필터보다 니오븀(niobium, Nb) [0.04 mm]필터의 이미지 화질이 향상되었으나 지르코늄(zirconium, Zr) 필터의 경우 두께에 무관하게 다소 떨어졌다. 알루미늄(aluminum, Al)필터를 부가한 복합필터 사용 시 이미지 화질 정도의 변화는 모든 필터에서 Al (0.2mm)까지는 비슷하였으나 이를 초과할 경우 저에너지 영역의 흡수층이

두꺼워져 다소 화질의 저하가 있는 것으로 나타났다.

둘째, 조사선량은 단일 필터를 사용할 경우 배경광학능도를 1.40 ± 0.20 으로 설정하여 선량을 측정된 결과 몰리브덴(molybdenum, Mo)필터의 선량이 다소 낮게 측정되었고 지르코늄(zirconium, Zr)필터, 니오븀(niobium, Nb)필터순서로 낮게 측정되었다, 알루미늄(aluminum, Al)필터를 부가한 복합필터를 사용하였을 경우, 두께에 따라 50 mR~100 mR까지 낮게 측정 되었다.

셋째, 영상의 대조도는 관전압(kVp)의 세기, 필터 물질의 종류, 알루미늄(aluminum, Al)필터의 복합사용 여부에는 크게 차이나지 않았으나 0.02 mm 보다 0.04 mm의 니오븀(niobium, Nb)필터, 지르코늄(zirconium, Zr)필터에서 불필요한 고에너지 영역의 에너지를 흡수하여 더 좋은결과를 얻었다.

넷째, 해상도는 모든 물질에서 단일필터를 사용했을 때와 비교하여 복합필터를 사용해도 큰 변화는 확인할 수 없었고, 각 필터 사용에 따른 해상력은 몰리브덴(molybdenum, Mo)필터와 니오븀(niobium, Nb)필터는 비슷한 해상력을 보였으나 지르코늄(zirconium, Zr)필터는 다소 저하되는 모습을 보였다.

본 실험결과 몰리브덴(molybdenum, Mo), 니오븀(niobium, Nb), 지르코늄(zirconium, Zr)물질에 알루미늄(aluminum, Al) 복합필터를 사용할 경우 알루미늄(aluminum, Al) 0.2 mm까지는 선량이 다소 줄어드는 반면 이미지 화질저하 및 대조도와 해상도는 큰 변화가 없어 선량감소에 효과가 있는 것으로 나타났으나 필터의 두께가 0.2 mm보다 두꺼워지면 영상의 화질이 다소 감소되는 것으로 나타났다. 니오븀(niobium, Nb), 지르코늄(zirconium, Zr)의 두께는 0.02 mm일때 고에너지 영역의 에너지를 충분히 흡수하지 못하여 화질 및 대조도가 다소 떨어졌고, 0.04 mm일 경우 이미지 화질, 대조도가 보다 좋은 것으로 나타났다. 해상력의 경우 세 물질 모두 실험에 따른 큰 변화는 없었으나 지르코늄(zirconium, Zr)필터 사용 시 해상력과 영상의 화질에서 다른 필터에 비해 다소 떨어진 것으로 나타났다.

위와 같은 결과에서 본 연구에서는 각 물질의 전체적인 화질의 경우 0.04 mm의 니오븀(niobium, Nb)필터를 사용 했을때 몰리브덴(molybdenum, Mo)필터나 지르코늄(zirconium, Zr)필터에 비해 조사선량은 근사적으로 높았으나 전체적인 화질은 비교적 가장 좋았다.

본 실험을 통해 현재 가장 많이 사용되어 지고 있는 몰리브덴(molybdenum, Mo)필터 외에 적절한 두께의 니오

븀(niobium, Nb)과 알루미늄(aluminum, Al)을 복합 filter로 사용 했을때 불필요한 고에너지 영역과 저에너지영역의 적절한 흡수로 인해 니오븀(niobium, Nb)필터에 알루미늄(Aluminum, Al)필터를 적절한 두께로 조합하여 복합으로 사용하였을 경우 임상적 촬영조건 영역에서 몰리브덴(molybdenum, Mo)과 로듐(rhodium, Rh)필터의 성능이상을 기대할 수 있을 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문을 완성하기까지 어려운 여건에서도 논문지도를 해 주신 이길동 지도교수님과 본 논문에 대해 조언을 많이 해 주신 경기대학교 권수일 교수님, 광주보건대학 김영근 교수님께 진심으로 감사 드립니다.

참고문헌

1. 대학서림, 진단방사선의 원리(2000)
2. 김영근. X선 진단영역에서 중원소(Ho) 여과판 사용에 따른 피폭선량 감소와 대조도 개선에 관한 연구. 대한 방사선기술 학회지. 2000;23(1):91-96.
3. 허준. 유방암 검진의 맘모그래피. Image Research. 1998;6(3).
4. 한국표준과학연구원. Mammography X선 선량평가. 2005.
5. 신귀순, 최종학, 김유현, 김정민, 김창균, 양정화. Patient Dose in Mammography. 방사선기술과학. 2005;28(4):293-299.
6. Calicchia A, Gambaccin M, Indovina PL, Mazzei F, Pugliani L. Niobium/molybdenum K-edge filtration in mammography: contrast and dose evaluation. Phys. Med. Biol. 1996;41(9):1717-1726.
7. Nazionale C. Effect of filtration and kVp on the energy spectrum of a mammographic X-ray beam. 1993.
8. Atkins HL, Fairchild RG, Robertson JS, Greenberg D. Effect of absorption edge filters on diagnostic x-ray spectra. Radiology. 1975;115(2):431-437.
9. 허준, 김창균, 강홍석, 이인자. 각종 X선 흡수체에 관한 실험. 방사선기술과학. 1986;9(1):125-129.
10. 김영근, 이경섭. 진단방사선영역에서 중원소 여과판의 물리적 특성. 대한전기학회 학술대회 논문집. 1999;7:1977-1979.

Change of Dose Exposure and Improvement of Image Quality by Additional Filtration in Mammography

Woo Il-Cho[†], Young Kuen-Kim[‡], and Gil Dong-Lee[§]

[†]Department of Medical Physics, Kyonggi University, Suwon, [‡]Department of Radiotechnology Kwang-ju Health Collige,

[§]Department of Electron Physics, Kyonggi University, Suwon

Abstract - Recently, the interest on exposure to radiation is rising. The radiation exposure of mammography is higher in absorbed dose than of X-ray, therefore unnecessary exposure needs to be reduced, and higher image quality is needed. Generally, ray quality of the radiation imaging is an important factor that determines image quality and the amount of ray exposure, and they are affected by tube voltage and added filter. The X-ray energy that is exposed from mammography device is generally a continuous spectrum, which includes low energy that has minute influence on the image quality, and high energy that hinders contrast on image. Currently, molybdenum (Mo) and rhodium (Rh) are the most used added filters for mammography device, and they are used differently according to the energy region of X-ray.

This study aims to find out the degree of reduction in exposure dose according to the thickness of aluminum (Al), and to study the changes in image quality and dose when the added filter plates that are made with niobium (Nb) or zirconium (Zr) are used, other than molybdenum (Mo) and rhodium (Rh), the two most used added filters that have similar atomic number and K-absorption regions as Nb and Zr.

In this study, single-added filters of molybdenum (Mo), niobium (Nb), and zirconium (Zr) are used, and in some cases, Aluminum (Al) is combined with the single filters. In this case, image quality is considered to be improved depending on the type of added filters, and by using Aluminum (Al) filter together with the others, unnecessary X-ray of low energy would be absorbed, therefore the dose is expected to decrease without any influence when the concentration level becomes identical.

Keywords : Mammography, Additional filtration, Molybdenum(Mo), niobium(Nb), zirconium(Zr), image quality, dose