

디지털 흉부 촬영에서 구리필터사용에 따른 환자 표면선량 감소효과에 관한 연구

— The Study on the Reduction of Patient Surface Dose Through the use of Copper Filter in a Digital Chest Radiography —

가천의과학대학교 방사선학과 · 전북대학교 과학학과¹⁾

신수인 · 김종일¹⁾ · 김성철

— 국문초록 —

의학적으로 방사선을 사용 시 가장 중요한 점은 환자의 병을 진단 가능하되 피폭선량을 최소화시켜야 한다는 점이다. 진단용 X-선 중 장과장부분은 대부분 흡수에 관여하게 되어 환자의 피폭선량을 증가시키므로 불필요하다. 이러한 장과장영역을 제거하기 위한 방법으로 가장 효과적인 방법은 여과 판의 사용이다.

이에 부가여과가 없는 경우와 0.3 mmCu filter 사용 시의 화질과 피부입사선량에 대해 실험을 해 보았다.

ROC 신호용 지름 4 mm, 두께 3 mm의 아크릴 디스크를 chest phantom에 랜덤하게 위치시키면서 non filter 및 Cu filter시 각각 20매씩 총 40매의 신호 + 잡음영상을 촬영하고, 또한 신호가 없는 영상(잡음만의 영상)을 각각 20매씩 40매 촬영하여 총 80매의 영상을 준비한 후 5명의 방사선종사자가 판독 후 P(S/s), P(S/n)를 구하여, ROC곡선을 그리고, 감도와 특이도 및 곡선하면적을 구해 평가하였다.

또한 AAPM(American Association of Physicists in Medicine by the American Institute of Physics)권고에 따른 ANSI chest phantom과 Contrast-detail phantom을 이용하여 non filter 또는 Cu filter사용 시 시각적으로 관찰 가능한 병소의 갯수를 파악하였으며, 또한 두 경우에서 피부입사선량을 측정하였다.

그 결과 Cu filter사용 시에 ROC곡선이 좌상방향에 위치하고, 감도, 곡선하면적 및 CD phantom 병소의 갯수에서 모두 좋은 결과를 나타내었다. 또한 피부입사선량은 감소가 되어 여러 측면에서 부가필터의 사용을 검토해 볼 필요가 있으리라 사료된다.

중심 단어 : DR 영상, 부가여과, 환자표면선량, ROC

I. 서 론

의료용 X선 검사는 세계적으로 연간 5~15 %씩 증가하고 있으며, 이 추세대로라면 약 7년마다 2배씩의 의료피폭이 늘어나게 된다. 또한 우리나라의 피폭선량은 일본에 비해 약 2배정도 높다는 조사결과도 있다¹⁾.

이러한 관점에서 국내에서도 환자의 의료피폭을 줄이기 위한 많은 연구들이 이루어지고 있으나^{1~3)}, 단순히 의료피폭의 감소만을 위한 연구는 주목적인 질병의 검사에

*접수일(2008년 6월 25일), 심사일(2008년 8월 28일), 채택일(2008년 9월 1일)

- 본 논문은 2007년 한국과학재단 원자력연구기반확충사업 인력양성분야의 지원에 의해 수행되었습니다.

교신저자: 김성철, 인천시 연수구 연수동 534-2
가천의과학대학교 방사선학과
Tel : 032-820-4364, Fax : 032-820-4361
E-mail : sckim@gachon.ac.kr

소홀해 질 수 있게 된다.

X선 촬영에서 피폭선량을 경감하면서 진단정도가 풍부한 화상을 얻기 위해서는 촬영조건의 선정이 큰 영향을 끼치게 되며, 가장 중요한 것으로 선질을 들 수 있다. 폐혈관, 세기관지, 폐야와 심장, 대동맥, 정맥 등이 중복되는 종격부 또는 흉벽, 횡격막하 등 X선 투과율이 다양한 흉부전체의 영역을 단 1회의 조사로 적절한 농도와 대조도의 화상으로 묘사시키는 것은 큰 과제로 관전압을 130~140 kV로 올려 촬영하여 X선의 최강과장을 0.01 nm으로 하여 뼈와 종격부가 중복되는 폐내의 병소를 묘출하는데 적절하게 선질을 조정해야 한다⁴⁾.

일반적으로 여과판을 사용하면 저에너지 영역을 많이 흡수하므로 상대적으로 X선의 실효에너지는 상승하게 되고 피폭선량은 경감하게 된다. 실효에너지를 올리는 데는 부가필터를 사용하는 것이 효과적이며, 흉부와 같은 고관전압 검사에서는 0.1~0.3 mm 정도의 구리필터가 사용되고 있다²⁾.

이에 저자들은 Cu filter를 사용하여 chest DR image에서 화질을 유지시키면서 환자의 피부표면선량을 감소시킬 수 있었기에 그 결과를 보고하는 바이다.

II. 실험방법

본 실험에 사용된 DR장치는 Listem사의 DRS system을 사용하였으며, 선량계는 Radcal사의 2026C Reader와 chamber는 20X6-60E(chamber volume - 60cc)를 사용하였다.

Chest 촬영시 검사조건은 김⁵⁾ 등의 실험에 의한 흉부 촬영에 적합한 조건인 120 kVp로 사용하였으며, mAs값은 부가여과가 없는 상태(장치 총여과 2.5 mmAl, 이하 non filter) 및 부과여과 사용시(이하 Cu filter)의 두 경우에서 phantom을 투과한 후의 디텍터 표면입사선량을 1.25~1.30 mR이 되는 mAs값을 측정하여, non filter시 5.1 mAs, Cu filter시 8 mAs를 사용하였다. 또한 부가여과에 사용한 Cu filter의 두께는 0.3 mmCu를 사용하였다⁶⁾.

1. ROC 화질평가

ROC화질평가용 chest phantom은 Nuclear Associates사의 76-083모델을 사용하고, ROC용 신호는 지름 4 mm, 두께 3 mm의 아크릴디스크를 사용하였다(Fig. 1).



Fig. 1. Experimental schematic of chest phantom

Chest phantom의 폐야부, 심장음영부, 흉추와 겹치는 부위 등에 랜덤하게 아크릴 신호를 위치시키면서 non filter 및 Cu filter시 각각 20매씩 촬영하여, 신호+잡음 영상을 40매 촬영하였으며, 또한 신호가 없는 영상(잡음만의 영상)을 각각 20매씩 40매 촬영하여 총 80매의 영상을 준비하였다.

Non filter 신호 + 잡음영상 20매와 잡음만의 영상 20매를 랜덤하게 40매를 준비하고, Cu filter도 동일한 방법으로 40매를 준비하여 5대의 PC에서 관독할 수 있게 하였다.

5명의 방사선 관련업무 10년 이상의 종사자(방사선학과 교수2명, 방사선사 3명)가 각각의 모니터에서 현재 관독 중인 동일한 조건으로 각 영상을 30초씩 관독 한 후 신호의 관찰여부에 따라 다음과 같이 5단계로 응답하게 하였다.

- ① 신호가 절대 없다.
- ② 신호가 없는 것 같다.
- ③ 잘 모르겠다.
- ④ 신호가 있는 것 같다.
- ⑤ 신호가 반드시 있다.

응답에 따라 각 단계의 응답수를 누적하여 전체의 응답수로 나누어 신호가 있다고 답한 조건의 확률 $P(S/s)$ 와 신호가 없을 때(잡음만의 영상) 신호가 있다고 답한 조건의 확률 $P(S/n)$ 을 구한 후 횡축에 $P(S/n)$ 을 종축에 $P(S/s)$ 을 대입하여 ROC곡선을 작성하였다.

또한 신호를 신호로 바르게 검출하는 능력인 감도(sensitivity)와 잡음만의 영상을 바르게 잡음으로 검출하는 능력인 특이도(specificity) 및 곡선하면적(accuracy)을 다음과 같이 구하였다^{7~9)}.

$$\text{감도} = \frac{\text{참의 양성수}(TP)}{\text{관찰한 전체 신호의 수}(TP+FN)}$$

$$\text{특이도} = \frac{\text{참의 음성수}(TN)}{\text{관찰한 전체 잡음의 수}(TN+FP)}$$

$$\text{곡선하면적} = \frac{\text{참의 양성수}(TP) + \text{참의 음성수}(TN)}{\text{관찰한 전체 case}}$$

2. Contrast-detail phantom(CD phantom)에 의한 화질평가

AAPM 권고안¹⁰⁾에 적합한 ANSI chest phantom을 자체 제작하여 중앙에 CD phantom을 삽입한 후 non filter의 경우와 0.3 mmCu filter 사용의 경우 각 조건으로 촬영하였다. 획득한 영상을 5명의 방사선 관련업무종사자가 판독 가능한 신호수를 읽은 후 평균값을 구하였다.

3. 피부표면선량 측정 및 파형 simulation

Non filter시 120 kV, 5.1 mAs, Cu filter 사용 시의 120 kV, 8 mAs시의 각 조건으로 5회씩 피부표면선량을 측정하였으며, 또한 각 조건시의 X선 에너지 스펙트럼을 SRS-78 프로그램을 이용하여 시뮬레이션 해 보았다.

III. 결 과

1. ROC 화질평가

Non filter의 경우와 0.3 mmCu filter를 부가하였을 경우 ROC곡선을 작성한 결과 Fig. 2와 같이 0.3 mmCu filter를 부가했을 경우 좌상방향에 위치하여 더 좋은 결과를 나타내었으며, 감도, 특이도 및 곡선하면적을 구한 결과 non filter의 경우 감도가 0.64, 특이도가 0.89, 곡선하면적이 0.765였으며, Cu filter를 사용했을 경우는 감도가 0.82, 특이도가 0.87, 곡선하면적이 0.845로 특이도는 비슷하며 감도 및 곡선하면적은 Cu filter사용 시 더 우수하게 나타났다(Table 1, Fig. 2).

Table 1. Result of ROC analysis and patient entrance dose

Additional filtration	Sensitivity	Specificity	Accuracy	Patient Entrance Dose(mSv)
Non filter	0.64	0.89	0.765	0.129
0.3 mm Cu filter	0.82	0.87	0.845	0.105

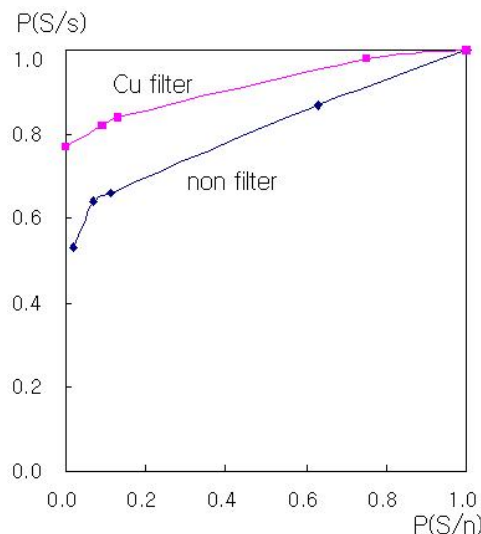


Fig. 2. Result of ROC Curve

2. Contrast-detail phantom(CD phantom)에 의한 화질평가

AAPM(American Association of Physicists in Medicine by the American Institute of Physics)권고안에 적합한 Acryl phantom을 제작 후 가운데 공기층에 CD phantom을 삽입하여 non filter시와 Cu filter를 부가하였을 경우의 영상을 관찰한 결과, 대조도는 non filter시 더 좋은 것처럼 나타났지만 실제 병소관찰 개수는 non filter시 72.3개, Cu filter를 부가했을 경우는 78.5개로 부가여과 사용시 더 많은 병소를 관찰할 수 있었다(Fig. 3).

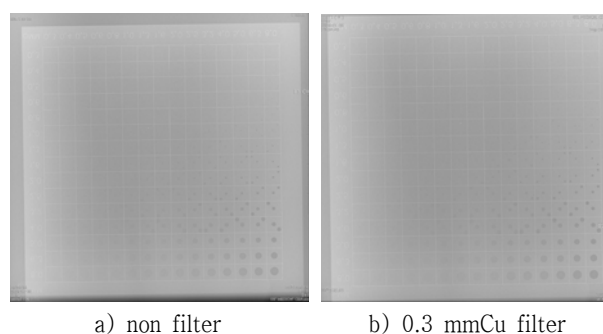
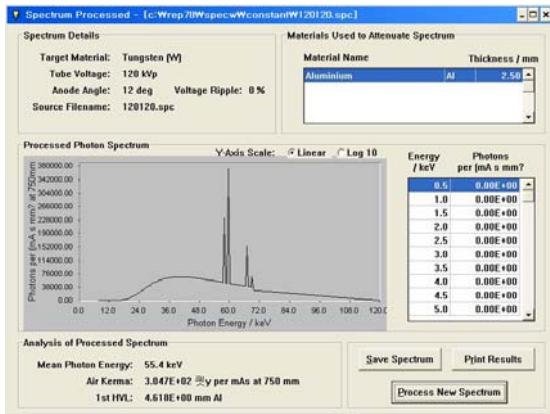


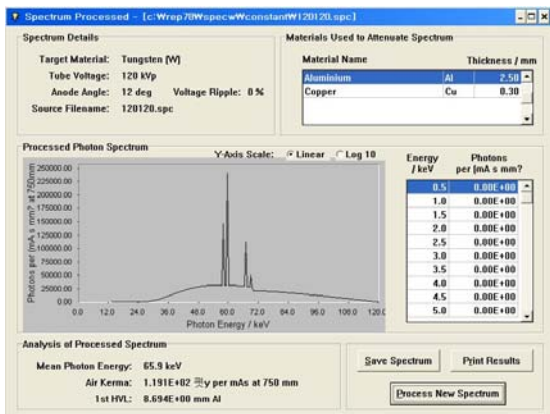
Fig. 3. DR image of contrast detail phantom

3. 피부표면선량 측정 및 파형 simulation

피부표면선량을 각 실험조건에서 측정한 결과 non filter시 0.129 mSv, 부가여과판으로 0.3 mmCu filter사용



a) Non filter



b) 0.3 mm Cu filter

Fig. 4. Simulation of x-ray spectrum

시 0.105 mSv가 측정되어 부가여과 사용시 피부표면선량이 18% 감소(Table 1)하는 것으로 나타났다. 또한 두 경우에서의 X선 파형 스펙트럼은 Fig. 4와 같이 non filter 시의 평균 광자에너지는 55.4 keV, 0.3 mmCu filter부가는 65.9 keV로 나타났고 부가여과시 장과장 X선이 많이 줄어든 것을 볼 수 있다.

IV. 고찰 및 결론

진단방사선 분야에서 최근 대두되고 있는 가장 큰 이슈중의 하나는 최소한의 방사선으로 촬영하여 피폭선량을 줄이면서 진단정보를 최대화하는 방안에 관한 것이다. 이미 일본에서는 80년대 초부터 촬영시의 피폭선량을 기록해왔으며, 놀라운 사실은 그 결과 매년 피폭선량이 감소하고 있다는데 있다¹¹⁾.

환자의 방사선피폭을 방어하는 방법으로는 조사야의

제한, 고관전압 촬영, 여과, 영상 수신부의 종류, 차폐 등 여러 방법이 있으며, 그 중 여과에 의한 방법은 영상의 형성에는 영향을 주지 않고 환자에게 흡수만 일어나는 장과장의 X선을 제거해 주는 가장 효과적 방법이다¹²⁾.

고유여과 상태인 경우와 0.3 mmCu 부가여과를 사용할 때의 화질을 ROC방법으로 해석한 결과 부가여과 사용시 ROC곡선이 좌상방향에 위치하여 우수한 특성을 나타내었고, 감도 및 곡선하면적에서도 더 좋은 결과를 보였다. 또한 CD phantom을 이용한 화질평가에서도 부가여과 사용시 조금 더 우수한 결과를 나타내었다.

두 경우에서 환자피부표면선량을 측정한 결과 부가여과 사용시 피부표면선량이 약 18%정도 감소되었으며, 평균 광자에너지 또한 고유여과상태시 55.4 keV에서 65.9 keV로 증가함을 알 수 있었다. 단 장치의 부하는 고유여과상태시 5.1 mAs에서 부가여과 사용시 8 mAs로 1.6배 증가하였다.

환자의 의료피폭만을 감소시키기 위해 증여과를 실시한다면, 환자피폭선량은 많이 감소시킬 수 있겠지만 화질이 나빠지며, 장치의 부하가 증가하는 단점이 생기게 된다^{1,13)}.

임상에서 부가여과를 사용한다는 것은 검사에 불편함이 따르고, 적절한 부가여과를 찾는다는 것은 장치의 정류방식, 검사부위 등에 따라 달라지기 때문에 종사자들에게 많은 관심이 필요하게 된다. 또한 진단범위에서 많이 사용하는 알루미늄은 적절한 여과를 하기 위해서는 두께가 두꺼워져서 불편함은 더욱 가중된다. 하지만 알루미늄에 비해 약 25배 정도의 흡수율을 가진 구리¹⁴⁾를 사용하므로 좀 더 간편하게 여과를 사용할 수 있을 것으로 사료된다.

국민의 의료피폭이 계속 늘어가고 있는 상황에서 적절한 부가여과를 사용하게 되면 장치의 부하는 일부 증가하겠지만 화질을 유지하면서 환자피폭선량을 감소시켜 국민 보건향상에 앞장설 수 있는 적절한 방법이라고 하겠다.

참고 문헌

1. 김정민, 김성철: X선 진단시 피폭선량을 반으로 줄이기 위한 Cu filter의 두께, 대한방사선기술학회지, 24(1), 17-22, 2001
2. 최강목, 신성일, 윤종민, 김성철, 이선숙, 허준: 흉부X선촬영시 key-filter를 사용한 방사선피폭선량 경감에 관한보고, 대한방사선기술학회지, 19(2), 67-70, 1996

3. 김영근: X선 진단영역에서 증원소(Ho) 여과판사용에 따른 피폭선량 감소와 대조도 개선에 관한 연구, 대한방사선기술학회지, 23(1), 91-96, 2000
4. 김학성, 이인자, 김성수, 허준: 흉부X선 간접촬영의 촬영조건과 화질에 관한 조사연구, 대한방사선기술학회지, 26(4), 11-19, 2003
5. 김정민, 정회원, 임은경: 비정질평판형 측정기를 이용한 디지털 흉부 방사선영상에서의 효과적인 관전압 선택, 방사선기술과학, 28(4), 273-277, 2005
6. Okka W. Hamer, Claude B. Sirlin, Michael Strotzer, Ingitha Borisch, Niels Zorger, Stefan Feuerbach, Markus Volk: Cheat radiography with a flat-panel detector: Image quality with Dose Reduction after copper filtration, Radiology, 237(2), 691-700, 2005
7. 김정민, 김성철, 최종학: 방사선영상정보학, 신광출판사, 224-232, 2008
8. 안진신, 장명미, 정경모, 정환, 임정기, 김종효: 고관전압 흉부촬영의 가상결절을 이용한 ROC평가, 대한방사선기술학회지, 15(2), 25-30, 1992
9. 김재덕: ROC(receiver operating characteristic) 해석, 대한구강악안면방사선학회지, 30, 155-158, 2000
10. AAPM report No. 31: Standardized Methods for measuring diagnostic x-ray exposure, 6-7, 1990
11. 김홍태, 권수일, 박일영, 정환: 흉부팬텀 CR영상의 화질평가 및 피폭선량 경감에 관한 연구, 디지털영상학회지, 4(1), 72-79, 1998
12. Richard R. Carlton, Arlene M: Adler Principles of radiographic imaging, 4th ed: 156-158, 2006
13. 김성철, 최강목, 신성일, 윤종민, 이선숙, 허준: X선 피폭선량 경감용 Key-filter의 평가, 대한방사선기술학회지, 29(1), 61-64, 1997
14. 허준, 김창균, 강홍석, 이인자: 각종 X선흡수체에 관한 실험, 대한방사선기술학회지, 9(1), 125-129, 1986

• Abstract

The Study on the Reduction of Patient Surface Dose Through the use of Copper Filter in a Digital Chest Radiography

Soo-In Shin · Chong-Yeal Kim¹⁾ · Sung-Chul Kim

Department of Radiological Science, Gachon University of Medicine and Science

¹⁾*Department of Science Studies, Chonbuk national University*

The most critical point in the medical use of radiation is to minimize the patient's entrance dose while maintaining the diagnostic function. Low-energy photons (long wave X-ray) among diagnostic X-rays are unnecessary because they are mostly absorbed and contribute the increase of patient's entrance dose. The most effective method to eliminate the low-energy photons is to use the filtering plate.

The experiments were performed by observing the image quality. The skin entrance dose was 0.3 mmCu (copper) filter. A total of 80 images were prepared as two sets of 40 cuts. In the first set (of 40 cuts), 20 cuts were prepared for the non-filter set and another 20 cuts for the Cu filter of signal + noise image set. In the second set of 40 cuts, 20 cuts were prepared for the non-filter set and another 20 cuts for the Cu filter of non-signal image (noisy image) with random location of diameter 4 mm and 3 mm thickness of acryl disc for ROC signal at the chest phantom. P(S/s) and P(S/n) were calculated and the ROC curve was described in terms of sensitivity and specificity. Accuracy were evaluated after reading by five radiologists. The number of optically observable lesions was counted through ANSI chest phantom and contrast-detail phantom by recommendation of AAPM when non-filter or Cu filter was used, and the skin entrance dose was also measured for both conditions.

As the result of the study, when the Cu filter was applied, favorable outcomes were observed on, the ROC Curve was located on the upper left area, sensitivity, accuracy and the number of CD phantom lesions were reasonable. Furthermore, if skin entrance dose was reduced, the use of additional filtration may be required to be considered in many other cases.

Key Words : Digital Radiography image, Additional filtration, Patient entrance dose,
ROC(Receiver operating characteristic)