

X선 촬영시 산란선 방향 의존성에 관한 연구

오현주 · 김성수 · 김영일*¹ · 임한영*²
김홍태*³ · 이후민 · 김학성 · 이상석*⁴

— Abstract —

A Study on the Directional Dependence of Scatter Ray in Radiography

Hyun Joo Oh, Sung Soo Kim, Young Il Kim*¹
Han Young Lim*², Heung Tae Kim*³
Who Min Lee, Hak Sung Kim, Sang Suk Lee*⁴

In this paper, the back, forward, side and 45° oblique scatter dose were measured the X-ray exposure conditions 60, 80, 100, 120 kV, FFD 100 cm, FS 20×20 cm, toward the 25×25 cm×10~20 cm of solid water, paraffin and MiX-DP phantom, and Pb, Cu, Al, and styrofoam materials, by the electrometer and 5.3 cc ionization chamber.

The obtained results are summarized as following.

1. The percentage depth dose(PDD) at the range of the diagnostic x-ray energy were appeared 50 % depth dose at the 2 cm depth with 60 kV, and 5 cm depth with 120 kV X-ray, 10 % depth dose at the 10 cm depth with 60 kV and 14 cm depth with 120 kV X-ray, 5 % below depth dose at the 20 cm depth.
2. The back scatter dose which were generated the surface of Pb, Cu and Al metal plates were 10 % below, and than the back scatter dose at the Pb plate were a most amount of these which were about 10 %, and were appeared the order of Cu and Al.
3. The percentage forward scatter were appeared from 50 % to 65 %, and the more phantom thickness become, the more forward scatter were increased with the ratio of 5 % per 5 cm thickness.
4. The percentage back scatter which were generated the tissue equivalence materials solid water, paraffin and MiX-DP were from 20 % to 40 %, and than the back scatter dose at the solid water were a mest amount of those, and paraffin and MiX-DP were appeared with the next values.

*1. 신구전문대학 방사선과 Dept. of Radiotechnology, Sin Gu College

*2. 안산전문대학 방사선과 Dept. of Radiotechnology, An San Junior College

*3. 신흥전문대학 방사선과 Dept. of Radiotechnology, Shin Heung Junior College

*4. 동남보건전문대학 방사선과 Dept. of Radiotechnology, Dong Nam Junior Health College

5. The percentage 90° lateral and 45° oblique side scatter dose were measured from 4 % to 12 %. a most amount of scatter dose which were generated from the patient in radiography were the forward scatter, the next values were the back scatter, the third values were the 90° lateral scatter.

I. 서 론

연속 스펙트럼을 가지고 있는 진단용 X선을 인체에 조사하여 촬영을 시행하는 경우, 필름에 도달하는 X선은 1차선 뿐만아니라 여러 방향에서 들어오는 산란선이 포함되어 화질에 영향을 미친다. 또 촬영실 공간 내의 선량분포 측면에서도 산란선의 기여도가 크게 되어 술자나 환자에게 피폭의 원인이 되기도 한다. 이렇게 산란선은 피폭, 화질, 공간선량분포에 직접적인 요인이 되므로서 산란선에 대한 여러 특성을 잘 이해한다는 것은 방사선의 이용과 관리에 중요한 사항으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 피사체를 포함한 촬영실 내에서 주로 이용선추에 피폭당할 수 있는 물체, 즉 금속체로서는 Pb, Cu, Al과 고정용구에 이용되는 스티로폴 뿐만아니라 피사체를 대신한 solid water, 파라핀, MiX-DP 등에서의 산란선의 방향 의존성을 후방, 전방, 측방, 사방향 등에서 구체적 동향을 실험을 통해 검토하여 보고한다.

II. 실험기기 및 방법

1. 실험기기

- ① RF-500-125 촬영 및 투시장치, 동아X선기계 제작
- ② Capintec, INC, exposure and rate meter & Capintec ionization chamber 5.3 cc.
- ③ solid water, paraffin, MiX-DP phantom 25 × 25 cm × 5 cmt 크기 4매.

2. 실험방법

피사체에 X선이 조사되면 산란선은 피사체 주위 사방으로 퍼지고 있기 때문에 그림 1처럼 1차선의 진행방향의 산란선을 전방산란, 반대방향의 산란선을 후방산란, 90° 측방산란을 넷으로 구분하여 음극측(0° 방향) 측방산란, 양극측(180° 방향) 측방산란, 전면(90° 방향) 측방산란, 후면(280° 방향) 측방산란으로 정하였으며, 후방 45° 산란 등으로 구분하여 산란선을 측정하였다.

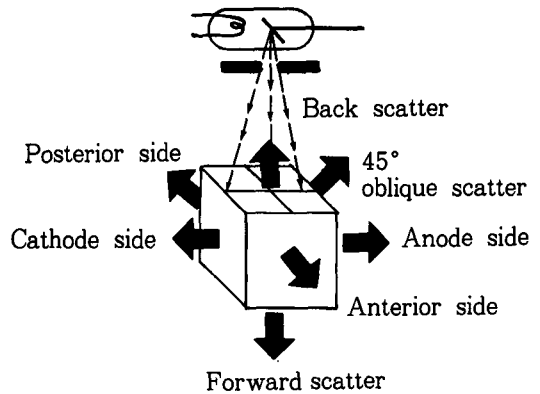


Fig. 1. The shematic illustration of the various scatter in the phantom

산란선 측정 방법은 그림 2처럼 초점과 팬텀 최단부분을 100 cm로 하였으며, 조사야 외부는 2 mmPb판으로 차폐하여 조사야 내에 X선이 균등하게 조사되도록한 반면 반음영을 최대한 차단하는 방법^{1, 2)}을 고려하였다. 금속 시료에 대해서는 후방산란을 만을 측정하였다.

1) 후방산란을

먼저 팬텀 표면과 같은 거리의 공중입사선량

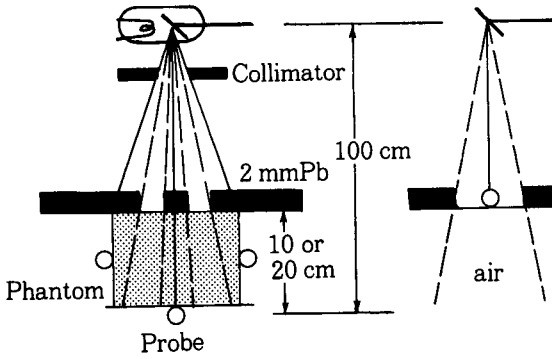


Fig. 2. Block diagram of back, 90° & 45° side, forward scatter dose, and primary dose measurement

을 측정하고, 다음 팬텀 표면선량을 측정하여 (표면선량 - 공중선량) / 공중선량 × 100(%)로 후방산란율^{3, 4)}을 구하였다.

2) 전방산란율

팬텀을 투과한 투과선량을 측정한 후, Pb판을 팬텀 표면에 놓고 1차선을 차폐한 다음 전방산란을 측정하여 전방산란율⁴⁾을 구하였다.

3) 측방산란율

조사야 경계의 팬텀측면 중앙부위에서 측방산란선량을 측정하고 이를 공중입사선량에 대한 비로 측방산란율¹⁾을 구하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 심부백분율

그림 3은 촬영에서 주로 사용하고 있는 60에서 120 kV까지의 X선을 조사야 20×20 cm, 초점-팬텀하단간 거리 100 cm에서 solid water 팬텀에 조사했을 때의 심부백분율을 나타낸 것이다. 진단용 X선의 에너지 범위에서 심부백분율은 표면이 100%로 했을 때 50%로 떨어지는 깊이는 60 kV에서 약 2 cm, 120 kV에서 약 5 cm가 되었으며, 10%로 떨어지는 깊이는 60 kV에서 약 10 cm, 80 kV에서 12 cm, 100 kV

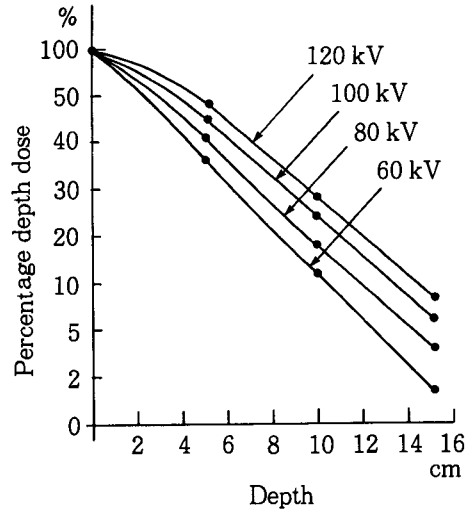


Fig. 3. The percentage depth dose in the solid water phantom with 60, 80, 100, 120 kV X-ray, FS 20×20 cm, FFD 100 cm

에서 약 13 cm, 120 kV에서 약 14 cm 깊이가 되었다. 또 피사체 깊이가 20 cm가 되면 5% 이하로 심부백분율은 감소하였다. 이와같은 결과는 古田 등¹⁾과 유사하였다. 이러한 결과는 지금까지 촬영시에 표면선량에만 관심을 기울인 것에 대해 심부 장기에 피폭되는 선량분포문제⁶⁾에 대해서도 관심 유발의 기회가 될 것으로 생각된다.

2. 후방산란율

그림 4는 진단용 X선을 금속에 조사했을 때 후방산란이 어느 정도 발생하고 있는가를 나타낸 것으로, 금속의 종류에 따라서 Pb>Cu>Al로 나타나 원자번호가 높은 금속에서 많이 발생하고 있는 것을 볼 수 있으며, 알루미늄과 납에서 비교해 보면 약 4배에서 3배의 차가 보였다. 그러나 60 kV에서 120 kV 범위의 관전압 크기에 따른 차는 2% 내로 차가 적었다. 그러나 공기와 비중이 유사하다고 생각되는 스티로폴에서도 알루미늄 보다 배 정도 많이 나오고 있음을 볼 때, 금속에서는 산란이 많고 스티로폴에서는 공기와 같이 거의 없을 것이라

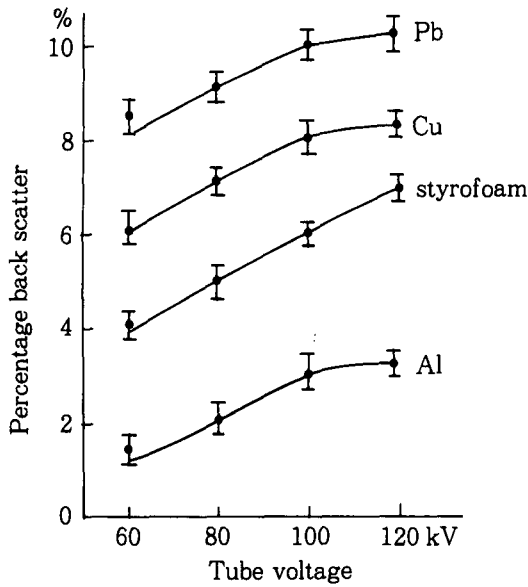


Fig. 4. The percentage back scatter at the surface of Pb, Cu, Al and styrofoam as the function of the tube voltage FS 20 × 20 cm.

는 통상적 생각과는 많은 차⁷⁾가 있음을 알 수 있었다.

그림 5는 조직등가물질에서의 후방산란율을 나타낸 것으로 60 kV에서 120 kV 범위에서 대략 20%에서 40%가 되어 금속보다는 비교가 되지 않을 정도로 많이 발생하고 있음을 알 수 있다. 조직등가물질 중 후방산란의 발생은 solid water > paraffin > MiX-DP의 순으로 되어 합성수지 계통인 solid water가 파라핀 보다 더 많이 발생하고 물과 비중이 같은 MiX-DP에서 가장 적게 발생하였는데 이는 MiX-DP 내에 함유되어 있는 비중이 높은 MgO나 TiO₂의 영향⁸⁾으로 생각된다.

그림 4와 5의 결과에서 볼 때, 금속성보다는 조직등가물질에서 현저하게 많이 발생하고 있음을 알 수 있겠다. 이것은 촬영을 시행할 때 대부분의 배후산란은 금속성이 아니라 인체에서 발생되고 있음을 입증할 수 있는 결과라 생각된다. 또한 관전압이 증가하면 배후 산란율도 증가하여 60 kV일 때보다 120 kV에서 약 10% 정도 증가됨을 볼 수 있다. 배후산란에 대한 타 연구자⁸⁾들의 결과에서 보면 조직등가

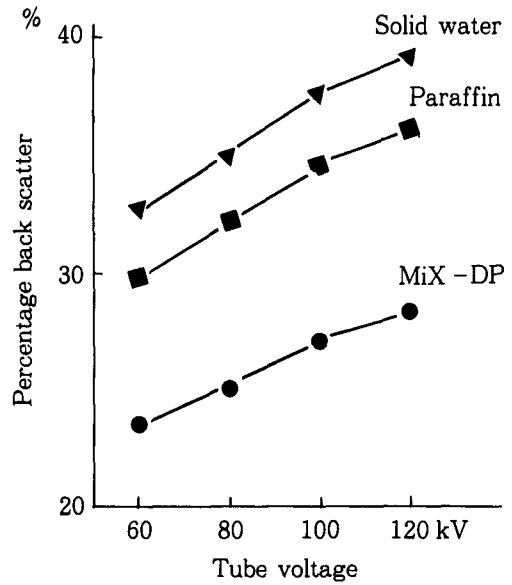


Fig. 5. The percentage back scatter at the surface of the solid water, paraffin, MiX-DP phantom as the function of tube voltage.

물질에서 30~40%로 보고하고 있는 것을 볼 때, 본 연구의 solid water와 paraffin과 같은 경향을 보이고 있었다.

3. 전방산란율

그림 6, 7에 solid water와 MiX-DP의 전방산란율을 관전압에 따라 나타내었다. 전방산란율은 MiX-DP보다는 solid water에서 10% 정도 더 많이 발생하였으며, 관전압 크기에 따라 MiX-DP는 45%에서 55%로 증가 하였으나 solid water에서는 60에서 63%로 별 차가 없는 것으로 나타났다. 또한 피사체의 두께가 두꺼워지면 전방산란율도 증가하여 100 kV 이상에서 5 cm 두께에서 50%였던 것이 10 cm 두께가 되면 55%, 15 cm에서 60%, 20 cm로 두꺼워지면 65%로 증가되어 5 cm 두께 증가에 약 5% 증가되는 경향을 보여 주었다. 高安 등⁹⁾은 본 연구와 측정조건은 다소 다르지만 70%에서 80%로 보고하고 있어 본 연구보다 대략 15% 증가하고 이이나 中村¹⁰⁾에 의하면 55%에서 65%, 浮田¹¹⁾ 등은 66% 정도로 같은

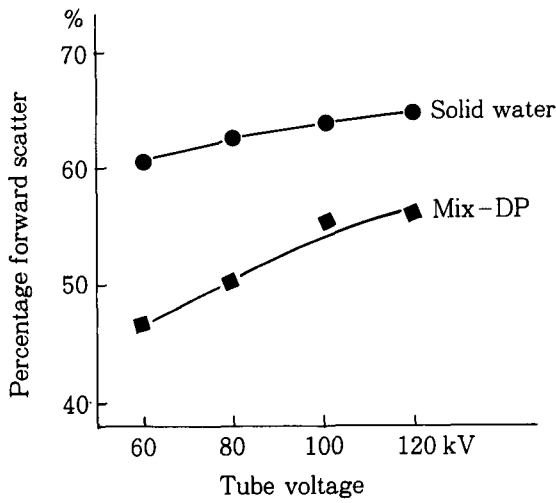


Fig. 6. The percentage forward scatter at the solid water and MiX-DP 20 cmt phantom thickness as the function of tube voltage

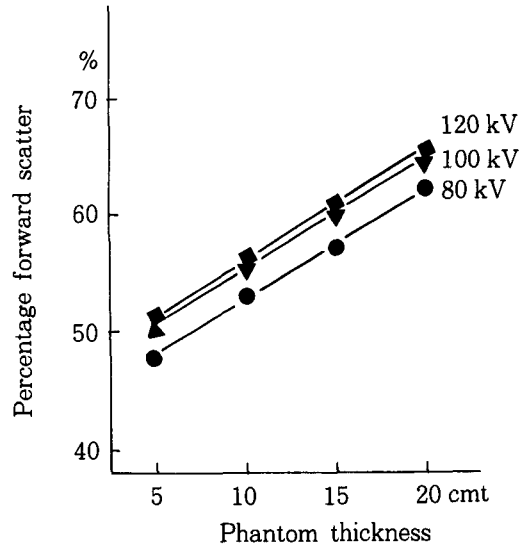


Fig. 7. The percentage forward scatter at the solid water phantom as the function phantom thickness with 80, 100, 120 kV X-ray

결과를 보였다. 이러한 결과에서 추정하건데 전방산란은 50% 이상이 됨을 알 수 있겠다.

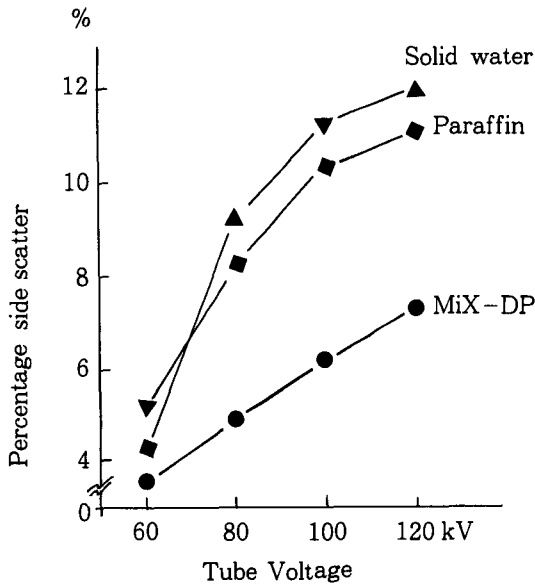


Fig. 8. The percentage cathode side scatter at the solid water, paraffin and MiX-DP 10 cmt phantom thickness as the function of tube voltage

4. 측방산란율

그림 8은 90° 방향의 음극측 측방산란율을 나타내고 있는데 관전압의 크기에 따라 4%에서 12% 정도로 커졌으며 이는 中村¹⁰⁾ 결과와 일치하고 있다. 후방산란이나 전방산란에서와 마찬가지로 MiX-DP가 다른 조직등가물질 보다 적게 나타난다. 그림 9(a)는 X선관의 양극측(180°)과 음극측(0°)의 측방산란을 비교한 것으로 양극측 보다 음극측이 약간 증가된 것을 볼 수 있는데, 이것은 음극측의 X선장도가 양극측 보다 크다는 heel effect의 결과로 생각된다. 또한 그림 9(b)는 우리 시선으로 X선관의 장축을 볼 때, 보는 사람 쪽을 전면(90°), 그 반대쪽을 후면(270°)으로 하여 비교한 것으로 거의 동일한 값을 보이고 있다.

5. 45° 사방향 산란율

45° 사방향 산란율은 표 1과 같이 10% 이하가 되어 측방산란과 같은 경향이였다.

그림 10은 전·후·측방의 산란율을 비교한 것으로 관전압 크기에 따라서 전방산란이 50

Table 1. 45° oblique scatter as a function tube voltage at the solid water phantom 10 cm thickness
unit : %

45° oblique scatter kV	0° (cathode)	180° (anode)	90° (anterior)	270° (posterior)
60	6.3	4.2	6.3	6.3
80	8.1	7.0	7.0	7.5
100	9.0	8.3	8.3	8.4
120	9.6	8.7	9.0	9.1

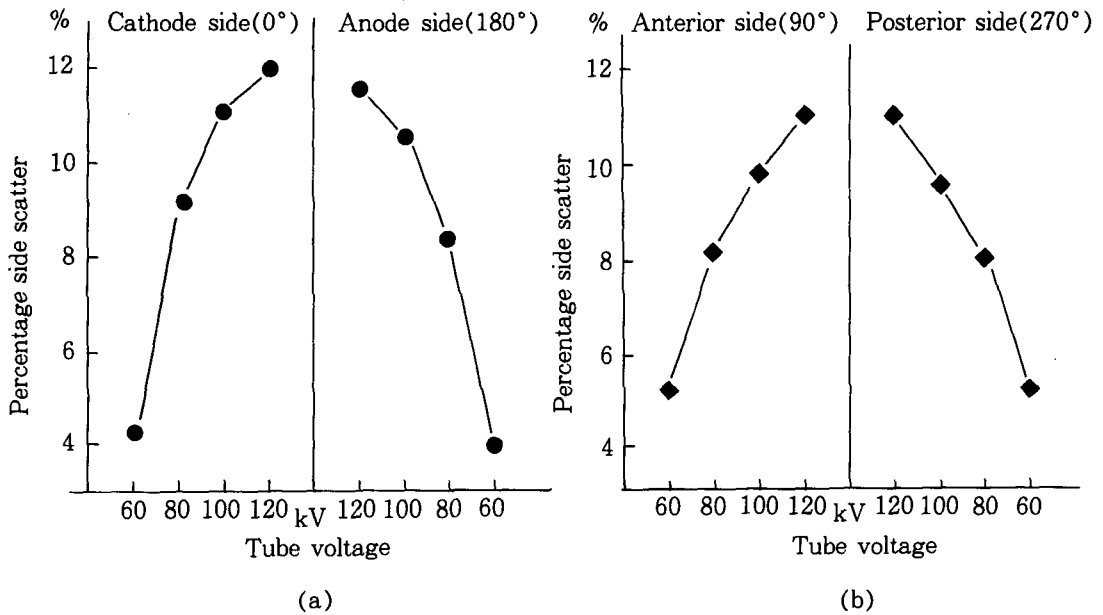


Fig. 9. The percentage side scatter at the solid water phantom 10 cmt as the function of tube voltage

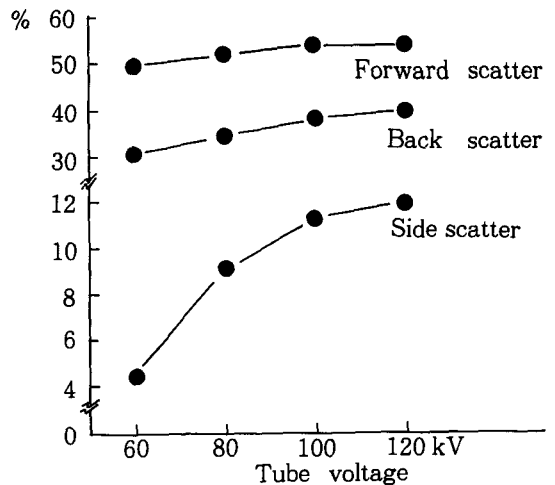


Fig. 10. The percentage forward, back and side scatter at the solid water phantom as the function of tube voltage

% 정도, 후방산란이 30~40 % 정도, 측방산란이 4~12 % 정도로 되어 전방산란>후방산란>측방산란의 순서로 산란되고 있음을 알 수 있겠다.

IV. 결 론

X선 촬영시 환자의 피폭선량은 지금까지 대략 공중흡수선량이나 일차선량과 배후산란선량을 포함시킨 표면흡수선량 및 1cm 선량당량이 평가되어 왔지만⁷⁾ 일반적으로 진단영역에서의 X선에서는 표면흡수선량이 가장 큰 값이 되므로 이를 기본으로 하여 환자의 피폭선량을 평가하고 있는 실정이다. 하지만 인체의 피폭은 표면만이 아니라 모든 체적 전체에 상당하므로 이에 대한 관심을 기울일 필요성이 있게 된다. 즉, 인체에 일차선량이 조사되면 피사체에서는 여러 방향으로 산란선이 발생하고 있기 때문에 산란선의 방향의존성을 고려하여 피사체 내부 및 측면 또는 출사측의 피폭선량문제⁸⁾도 상당한 관심을 기울여야 할 것으로 판단된다. 특히 촬영실 내에서 사용되고 있는 스티로폴, Pb, Cu, Al 등에서도 다량의 산란선이 발생하고 있음⁷⁾을 중시해야 할 문제로 생각된다. 따라서 본 연구에서는 산란선 발생의 방향의존성을 전방, 후방, 측방, 사방향 등으로 구분하여 solid water, paraffin, MiX-DP 등의 조직등가물질과 Pb, Cu, Al 등의 금속, 그리고 스티로폴 등에서 발생하고 있는 산란선을 측정 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 보통의 X선 촬영에서 피사체 내부에 받는 피폭량은 피부표면을 100 %로 했을 때 50 %로 떨어지는 깊이는 60 kV에서 약 2cm 깊이, 120 kV에서 약 5cm 깊이가 되었으며, 10~14cm 깊이에서 10 %로 떨어졌고 20cm로 깊어지면 피폭량은 5 % 이하로 감소하였다.

2. 촬영실 내에서 흔히 사용하고 있는 금속등이 표면에서 발생하는 후방 산란율은 Pb>Cu>Al 순서로 원자번호가 높은 물질에서 가장 컸으며, 발생율은 10 % 이하가 되었고, 관전압 증가에 따른 차는 2 % 안팎으로 별차가 없었다. 또한 금속성이 아닌 스티로폴에서도 4

~7 %가 발생하였다.

3. 조직등가물질의 후방산란율은 금속보다 훨씬 많아 20 %에서 40 %까지 증가하여 촬영실 내의 산란은 주로 피사체인 환자의 촬영부위에서 발생하고 있음을 알 수 있었으며, solid water>paraffin>MiX-DP의 순서로 되었다.

4. 촬영시 피사체 내에서의 산란은 전방산란이 50 %에서 65 %로 가장 많이 발생하였고, 그 다음이 후방산란이었으며, 측방산란과 45° 사방향산란은 4 %에서 12 % 범위로 가장 적게 나타났다. 특히 전방산란은 피사체의 두께가 두꺼울수록 증가하여 5cm 증가할 때마다 대략 5 %씩 증가되었다. 90° 또는 45° 사방향 측방산란은 양극측보다 음극측에서 약간 증가 추세를 보여 heel effect 영향을 인지할 수 있었다. 이 같은 결론에서 볼 때 환자의 피폭문제를 표면이나 입사선량에 국한시킬 것이 아니라 피사체의 전 용적에 관심을 기울여야 할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 田中外: 醫用放射線技術實驗, 共立出版株式會社, pp.32~43, 1990.
2. 金昌均: 診療放射線物理學, 大學書林, pp. 178~188, 1991.
3. 金英一: 放射線治療, 新光出版社, p.175, 1992.
4. 許俊: 放射線畫像技術實驗, 大學書林, pp. 275, 288, 304, 1981.
5. 古田外: X線撮影による患者の被曝, 日本放射線技術學會雜誌, Vol. 19 No. 10 p.670, 1963,
6. Anthony Brinton Wolbarst: Physics of Radiology, Elizabeth Ryan, pp.24, 25, 1993.
7. 宮村外: ピンホールカメラとCR装置を利用した散亂線像の作成, 日本放射線技術學會雜誌, Vol. 49, No. 8, 1993.
8. Faiz M. Khan: The Physics of Radiation Therapy, Williams & Wilkins, p191, 1994.
9. 高安外: X線撮影における被檢者の被曝量減少に関する基礎的研究, 日本放射線技術

- 學會雜誌, Vol. 17, No. 2 p.36, 1961.
10. 中村實：X線撮影における被曝量減少について, さくらX-レイ寫眞研究, 第20號, 8月號, p.621, 中村實博士業績集, 1977.
 11. 浮田 外：QR(quantum radiography)の散亂線測定, 日本放射線技術學會雜誌, Vol. 51, No. 3, p.337, 1995.
 12. 山口 外：診斷領域X線における人體表層部線量の検討, 日本放射線技術學會雜誌, Vol. 51, No. 30, 1995.
 13. 伴野 外：消化管高壓撮影の表面線量・體內散亂線量についての考察及び大腸検査への適應, 日本放射線技術學會雜誌, Vol. 48, No. 2, p.144, 1992.