요추 측면 검사 시 공간선량 분포와 피폭선량

김창규[1*]
[1]김천대학교 방사선학과

Spatial dose distribution and exposure dose during lumbar lateral test

Chang-Gyu Kim[1*]
[1]Division of Radiological Science, Gimcheon University

요 약 요추 측면 X선 검사 시 피폭선량을 최소화 하고 진단에 최적의 영상을 얻기 위하여 유리선량계와 공간선량 측정계를 이용하여 장기별 피폭선량과 공간선량분포를 측정 평가 하였다. X선관과 가까울수록 장기의 피폭선량이 증가하였으며 조사야를 완전히 열었을 때 피폭선량이 증가되었다. 또한 피사체와 거리가 가까울수록 산란선이 증가하였으며 200 cm 이상 거리를 두면 95% 이상의 산란선이 감소되었다. 이 결과는 향후 요추 X선 검사 시 환자의 피폭선량을 예측하고 검사 방법을 결정하는데 자료로 제시되어 의료피폭선량을 감소 하는데 중요한 기초자료로 많은 활용이 있을 것으로 기대된다.

주제어 : 엘-척추, 글라스 선량계, 조사선량, 화질,

Abstract During the lateral x-ray testing of lumbar, in order to obtain the optimal image for diagnosis and to minimize the exposure dose, a glass dosimeter and spatial dose measuring meter was used to measure and evaluate the exposure dose and spatial dose distribution of each organs.
The exposure dose of the organs have increased as they were closer to the X-ray tube and when the radiation field was completely opened, the exposure dose was increased. In addition, scattered rays have increased as the distance got closer to the subject and with the distance of more than 200cm, 95% of scattered rays was reduced.
Such results can anticipate the exposure dose of patients during the lumbar x-ray test in the future and it can be proposed as a data for determining the testing methods and expected to be widely used as an important basic data for reducing the medical exposure dose.

• **Key Words :** L-spine, Glass dosimeter, Exposure dose, Image quality

1. 서론

1895년 X선을 뢴트겐 선생이 발견한 이후에 X선의 이용은 일상생활에서 생명과학분야, 물류 유통분야, 보안검색분야를 비롯한 의료분야 등의 많은 부분에 걸쳐 활용되고 있다.

이러한 일상생활에서의 많은 이용은 인류의 삶을 편리하고 풍요하게 하였을 뿐만 아니라 건강한 삶을 지속할 수 있도록 하는데 많은 기여를 하여왔다[1,2].

특히 의료용 X선의 사용은 수명의 연장과 국민의의 소득수준 향상과 더불어 그 결과로 치과 검사용 방사선 장치를 포함하여 진단용 방사선 발생장치는 국내 각종

*교신저자 : 김창규(radkcg@hanmail.net)
2014년 1월 5일, 수정일 2014년 2월 16일, 게재확정일 : 2014년 2월 24일

병·의원에 7만2626대가 설치돼 있으며 매년 최대 7%씩 증가하고 있는 실정이며 이에따라 검사 건수로 점차로 증가하는 추세에 있다[3].

국제방사선방호위원회(ICRP:International Committe Radiation Protection)의 궁극적인 권고의 목표는 방사선 피폭을 수반할 수 있지만 이득인 되는 인간 활동을 부당하게 제한하지 않으면서 방사선 피폭의 해로운 영향으로부터 사람과 환경을 방호하기에 적합한 수준을 형성하는 것이다. 이를 위하여 방사선 방호체계의 목적을 결정론적 영향을 방지하고, 확률론적 영향 위험을 합리적으로 달성할 수 있는 수준으로 낮추도록 전리방사선 피폭을 관리하고 제어한다[4].

ICRP 103 권고에서 개인선량에대한 불평등을 최소화하고 최적화의 강조를 위해 선량제약치와 참조준위를 강조하였다. 선량제약치 또는 참조준위는 항상 어떤 개인선량 준위로 정의될 수 있다. 최적화를 수행할 때 일차적 의도는 이들 준위이하로 유지하는 것이며 추구하는 방향은 경제적 사회적 인자를 고려해 합리적으로 달성가능한 낮은 수준으로 모든 선량을 낮추는 것이다. 의료분야의 피폭의 경우는 계획피폭상황에서 선량제약치가 아닌 진단참조준위(Diagnostic reference level)을 사용한다. 진단참조준위는 일상 조건에서 특정 영상화 절차의 환자선량준위나 투여방사능 준위가 그 절차로서 비정상적으로 높거나 낮은지를 판단하기 위해 사용된다[5].

의료 방사선에 의한 피폭은 인류의 연평균 방사선 피폭선량 인공방사선 피폭 중에서 가장 많은 부분을 차지하고 있다. 의료방사선 피폭중에서 가장 많은 비중을 차지하고 있는 것이 진단용 의료방사선, 핵의학, 진단용 치과 방사선 피폭 순이다[5].

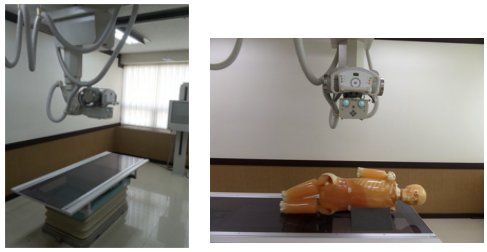
방사선에 의한 인체의 영향을 최소화 하는데 환자의 선량관리가 매우 중요하다[1]. 특히 방사선 노출에 민감한, 조직가중치가 비교적 높은 장기 유방, 대장, 폐, 위 진단과 관련된 피폭선량 연구가 필요하다. 이러한 이유에서 유방 피폭선량과 관련된 연구[6, 7], 대장, 폐, 위 속하고 있는 복부와 관련된 피폭선량 연구[8, 9,10] 등이 수행되어져왔다. 그러나 이러한 연구들은 진단학적 가치가 있는 영상을 획득하기위한 방사선 발생장치에 대한 고유한 특성의 이해와 활용에 집중하여 방사선 작업종사자와 환자에 대한 피폭선량에 대한 연구를 하여 왔다.

본 연구에서는 방사선조직가중계수가 높은 장기가 밀집하여있는 복부 진단검사에서 환자와 방사선 작업종사자에 초점을 맞추어 가장 많은 선량을 사용하는 요추 측면 촬영 시 피폭선량과 공간선량분포를 측정 평가하여 피폭선량을 최소화하고 최적의 영상을 획득하는데 기초자료로 제공할 목적으로 수행하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 재료 및 장비

방사선 발생장치는 FPD(Flat Pannel Detector : 평판형 검출기) System은 중외 의료기 CXD-R185 System을 사용하였다. 피검자의 피폭선량을 측정하기위하여 인체등가물질로 구성된 전신용 인체팬텀(Model PBU-31, Kyoto Kagaku, Japan)과 유리선량계인 Dose Ace(Model GD-352M and FGD-1000, Asahi Techno Glass Cooperation, Shizuoka, Japan)를 사용 하였다.



[Fig. 1] Radiation generator and phantom

공간선량분포 측정은 교정을 완료한 Ionization Chamber(Model 20×5 - 1,800cc, Monrovia, California, USA), Electrometer (Radiation Monitor Controller Model 2026)을 사용하였다.

[Fig. 2] Ionization Chamber and Electrometer

2.2 유리선량계 피폭선량 측정

유리선량계의 calibration은 일본 방사선 표준원에서

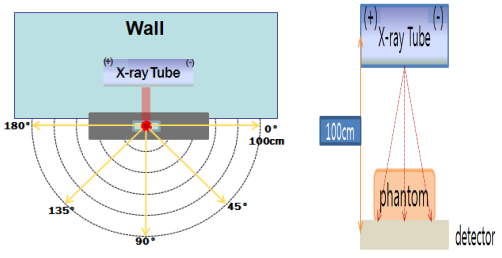
^{137}Cs 표준선원을 이용하여 6 mGy 가 조사된 유리소자로 calibration을 시행하여 측정하였다.

소자의 특성을 감안하여 선량 조사 전에 Aannealing 과정을 400℃에서 1시간 가열 후 냉각을 거친 후 background값을 측정하여 10-20 μGy를 측정하였으며 파노라마 스캔을 시행 한 후 예열과정(pre-heating)을 70℃에서 1시간 가열 후 냉각을 거친 후 소자에 조사된 선량 값을 리더기를 통하여 선량 적산 값을 10회 반복하여 판독하여 평균값과 표준편차를 산출하였다. 산출된 값에서 background값을 감산하여 피폭선량 값을 도출하였다[11, 12].

요추측면 검사 시 피폭선량 분포의 측정은 양측 눈의 수정체, 갑상선, 양측 유방부위, 심장, 생식선의 위치에 유리선량소자를 배치하여 부위별 피폭선량 분포를 측정하였다. 또한 측정의 오차를 줄이기 위하여 MDCT 스캔을 5 회 반복 측정 실험 하였다.

2.3 공간산란선량 측정

방사선 발생장치의 테이블은 수평으로 하였고 X선관과 디텍터까지의 거리는 100cm로하여 피사체를 위치시킨 다음 조사야를 완전히 열어놓은 경우와 요추부 전체를 묘사 가능한 70% 열어놓은 경우로 구분하여 실험하였다. 검사실 내에서 공간산란선의 분포를 알아보기 위한 Ionization Chamber의 위치는 테이블 중앙으로부터 50cm, 100cm, 150cm, 200cm, 250cm 거리에서 45도 간격으로 검사실 내부구조에서 측정불가능한 지역을 제외하고 7방향에서 측정하였다 또한 거리와 방향에서 높이에 대한 공간산란선 분포를 알아보기위하여 테이블을 중심으로 수평높이, 테이블 상방향 50cm, 하방향 50cm 지점에서 각각 측정하였다. 측정시 측정값에 대한 신뢰도를 높이기 위해 각지점에서 3회 측정후 평균 값을 이용하여 자료를 분석하였다[13,14].



[Fig. 3] Schematics Measurement Point

2.4 통계 처리 및 분석

자료의 분석은 SPSSWIN(Ver 13.0) 통계프로그램을 이용하였고, 대조군과 실험군의 피폭선량과 화질평가 측정치의 평균값에 대한 유의성 검증은 t-test와 ANOVA를 실시하였다. 모든 통계량의 유의수준은 $p<0.05$로 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 요추측면 검사 시 피폭선량

요추 측면 촬영은 X선을 이용한 단순 촬영에서 가장 많은 노출 조건을 이용하여 영상을 획득하는 부위이며 검사 시 X선에 의해 노출되는 장기가 방사선 감수성이 비교적 높은 유방, 심장, 생식선, 갑상선, 눈의 수정체가 포함되어지기 때문에 다른 부위 검사시 보다 보다 많은 주의가 필요한 검사이다.

본 실험에서 X선 조사강도와 선량의 결정은 임상에서 사용되는 조사 조건을 참고하여 조사조건별로 영상을 획득하여 비교하여 진단학적 정보량이 최적의 상태이면서 최소의 피폭선량으로 판단되는 90kVp, 320MA, 0.2sec조건을 실험을 진행 하였으며 획득한 영상은 [Fig. 4] 와 같다.

[Fig. 4] Imaging of Lumbar spine Lateral

요추측면 X선 검사시 조사야 조절을 하지않고 조사야 크기를 최대로 하였을 경우에 장기별 피폭선량 분포는 X선관으로부터 거리가 비교적 멀리 떨어진 왼쪽 눈의 수정체가79.0±1.19 μGy, 오른쪽 눈의 수정체가 87.7±1.08 μGy, 갑상선이 229.7±2.09 μGy, 오른쪽 가슴이 17603.3±90.22 μGy, 왼쪽 가슴 부위가 1321.7±6.85 μGy, 심장부위가 4204.7±28.75 μGy, 생식기 부위가 569.0±2.10 μGy로 측정되었다.

요추측면 검사 시 필요한 요추 영상의 얻기위해서 X선 조사야 크기를 최대로 조절하였을 경우에 장기별 피폭선량 분포는 X선관으로부터 거리가 비교적 멀리 떨어진 왼쪽 눈의 수정체가 27.7±0.33 μGy, 오른쪽 눈의 수정체가 42.3±0.34 μGy, 갑상선이 122.7±0.57 μGy, 오른쪽 가슴이 875.0±3.20 μGy, 왼쪽 가슴 부위가 443±2.01 μGy, 심장부위가 698.7±2.17 μGy, 생식기 부위가 160.0±0.94 μGy로 측정되었다[Table 1.].

이상의 결과는 X선을 이용한 진단 검사 시 X선 조사야 조절의 유무에 따라서 피폭선량의 감소를 실현 할 수 있다는 것을 보여주는 결과이다. 이러한 결과는 조[14]의 연구와 김[15]의 연구결과와 유사한 결과를 보였으며 이러한 X선을 이용한 진단용 방사선 검사는 검사자가 얻는 이득이 피폭에 따르는 위험보다는 이득이 많아 정당성을 확보하여야하며, 환자의 방사선 방어 최적화를 달성하여야 한다[15, 16].

진단용 방사선 검사시 최적화를 달성하기위해서 방사선 종사자의 피폭선량의 감소와 방사선 방어에 대하여 많은 관심과 실천의지가 필요하다.

이러한 이유에서 치과 방사선 영역에서 자주 사용하는 촬영 조건별로 피폭선량을 알아보는 것은 아주 중요한 의미가 있다고 생각된다.

[Table 1] Distribution of dose in L-spine lateral examination

Part	Dose(μGy)		P
	Field size Open	Field size Control	
Rt. Lens	87.7±1.08	42.3±0.34	
Lt. Lens	79.0±1.19	27.7±0.33	
Thyroid	229.7±2.09	122.7±0.57	
Rt. Brest	17603.3±90.22	875.0±3.20	<0.001
Lt. Brest	1321.7±6.85	443±2.01	
Heart	4204.7±28.75	698.7±2.17	
Gonad	569.0±2.10	160.0±0.94	

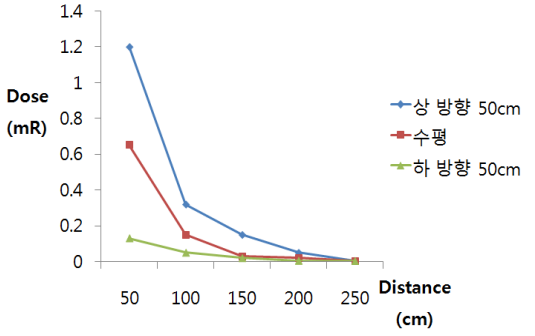
3.2 요추 측면 검사 시 거리변화에 따른 공간선량 분포

요추 검사시 X선 조사야를 완전히 열고 측정하였을 경우 50 cm 높이에서 50 cm 떨어진 거리에서 각 방향에 대한 평균 값은 0.66 mR 이었고 100 cm거리에서 0.17 mR, 150 cm거리에서 0.07 mR, 200 cm거리에서 0.03 mR, 250 cm거리에서는 거의 검출되지 않았다 이러한 결과는 조[14]의 연구결과와도 유사한 경향을 보이는 것으로 거리가 X선관에서 멀어질수록 X선 감약이 일어나서 적은 량이 측정된 것이다.

조사야를 완전히 열었을 경우 50 cm 위치에서 테이블과 동일한 높이의 모든 방향의 측정 값은 0.66 mR, 이었고 상방향 50 cm 지점에서 1.20 mR,, 하방향 50 cm 지점에서 0.13 mR 이었다. 수평지점의 측정값을 기준으로하여 상방향 50cm 지점에서 185% 증가하였고 하방향 50cm 지점에서 78%로 감소한 것으로 나타났다.

[Table 2] The distribution of scatter ray on the distance

Distance(cm)	Dose(mR)			Average
	Up	Ver.	Down	
50	1.20	0.65	0.13	0.66
100	0.32	0.15	0.05	0.17
150	0.15	0.03	0.02	0.07
200	0.05	0.02	0.006	0.03
250	0.004	0.004	0.004	0.00
Average	0.43	0.21	0.06	



[Fig. 5] The distribution of scatter ray on the distance

3.3 요추 측면 검사 시 측정 방향에 따른 공간선량 분포

요추 검사시 X선 조사야를 완전히 열고 측정하였을 경우 [Fig. 3]의 0도 방향에서 0.21 mR으로 다른 위치보다 높게 측정되었다[Table 3]. 이러한 연구 결과는 조[14]의 연구와 김[18]의 연구와 일치하는 결과로 X선관의 특성인 선량 불균등 분포 현상인 Heel effect에의한 결과로 생각되어진다. 이러한 선량 불균등 현상을 적절이 이용하면 진단 방사선 검사 시 두께에 의한 농도 불균일 현상을 극복할 수도 있다.

[Table 3] The distribution of scatter ray on the Measurement point

Direction	0	45	90	135	180
Dose(mR)	0.21	0.18	0.17	0.17	0.18

이상의 결과에서 요추측면 검사를 시행할 경우에는 방사선에 민감한 장기들을 X선관으로부터 멀리 떨어지게 위치시키고 검사하는 것이 동일한 조사선량을 조사하더라도 조직하중계수가 높은 장기의 유효선량을 줄이게 하므로서 인체의 영향을 최소로 할 수 있다. 또한 조사야 크기를 검사에 필요한 크기 만큼만 조절할 수 있도록 관계 종사자들의 많은 관심과 노력이 필요하리라 판단된다.

거리에 따른 피폭선량을 최소화하기 위해서는 환자나 관계 종사자들이 X선관으로부터 2m이상의 거리에 위치하여 검사를 시행하면 피폭선량을 확연히 감소시킬 수 있을 것으로 사료된다.

이와 더불어 방사선을 활용하는 관련 협회나 단체에서 방사선 검사 종사자들에게 피폭선량과 화질에 대한 정기적인 교육을 통하여 방사선 검사에 의한 피폭선량을 최소화 하여 정당성을 확보하고 환자의 방사선 방어 최적화를 달성하는데 노력을 경주해야 할 것이다.

4. 결론

요추 측면 X선 검사 시 피폭선량을 최소화 하고 진단에 최적의 영상을 얻기 위하여 유리선량계와 공간선량 측정계를 이용하여 장기별 피폭선량과 공간선량분포를 측정 평가 하였다.

X선관과 가까울수록 장기의 피폭선량이 증가하였으며 조사야를 완전히 열었을 때 피폭선량이 증가되었다. 또한 피사체와 거리가 가까울수록 산란선이 증가하였으며 200 cm 이상 거리를 두면 95% 이상의 산란선이 감소되었다.

이 결과는 향후 요추 X선 검사 시 환자의 피폭선량을 예측하고 검사 방법을 결정하는데 자료로 제시되어 의료피폭선량을 감소 하는데 중요한 기초자료로 많은 활용이 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

[1] C. G. Kim, “Exposure dose Reduction using Pb banding of own manufacturing”, The Society of Digital Policy & Management, 11(6), pp. 269-273. 2013.

[2] C. G. Kim, “Radiation dose reduction effectiveness of a male gonadal shield during 128-MDCT using Glass Detector”, The Society of Digital Policy & Management, 11(7), pp. 237-242. 2013.

[3] “Special medical device health insurance requisition present condition”, Health Korea News, 2010.

[4] ICRP, 2007. “Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”, ICRP Publication 103, 2007.

[5] S.G. Kweon, Y.M. Kim, C.G. Kim, H.Y. Yang, S.Y. Yang, E.O. Han, "Radiation Control & Magement", pp. 79-86, 2012.

[6] C. J. KOTRE, "X-ray absorptiometry of the breast using mammographic exposure factors", The Britsh Journal of Radiology, 83 pp. 515-523, 2010.

[7] M, Y. Kim, H. S. Kim "The evaluation of Radiation Dose by Exposure Method in Digital Magnification Mammography", The Korea Journal of Radiological Science, 35(4) pp. 293-298, 2012.

[8] M, SAUDERS, A. BUDDEN, F. MACIVER, M. TEUNIS, H. WARREN-FORWARD, Dose implications of fluoroscopy-guided positioning for lumbar spine spine examinations prior to acquiring plain film radiographs, The Britsh Journal of Radiology, 78 pp. 130-134, 2005.

[9] K. K. L. FUNG, W. B. GILBOY, "Anode heel effect" on patient dose in lumbar spine radiography, The Britsh Journal of Radiology, 73 pp. 531-536, 2000.

[10] D. ZWEERS, J. GELEIJNS, N.J.M. AARTS, L.J. HARDAM, J.S. LAMERIS, F.W. SCHULTZ, L.J. SCHULTZ KOOL, Patient and staff radiation dose in fluoroscopy-guided TIPS procedures and dose reduction, using delicated fluoroscopy exposure settings, The Britsh Journal of Radiology, 71 pp. 672-676, 1998.

[11] C. G. Kim, The evaluation of the radiation dose and the image quality during MDCT using Glass Rod Detector, The Korea Society of Digital Policy

and Magement journal, 10(2) pp. 249-254, 2012.

[12] M. Y. Jung, D. C. Kweon, S. I. Kwon, "Effectiveness of Bismuth Shield to Reduce Eye Lens Radiation Dose Using the Photoluminescence Dosimetry in Computed Tomography", The Korea Society of Radiological Sceience journal, Vol. 32. No. 3, pp. 307-312, 2009.

[13] P. K. Cho, "Distribution of the Scatter Ray in Fluoroscopy X-ray Room", JKCA, Vol. 11., No. 10, pp. 349-354, 2011.

[14] S. C. Kim, D. Y. Won, C. H. Park, K. R. Dong, "Bone Densitometry Spatial Distribution of Radiation Dose Measurement", Korean Journal Digit Imaging Med, Vol. 13. No. 2, pp. 59-62, 2011.

[15] S. K. Kim, S. H. Son, "The Measurement and Analysis by Free Space Scatter Dose Distribution of Diagnostic Radiology Mobile Examination Area", Journal of the Korean Society for Digital Imaging in Medicine, Vol. 11(1)., No. 05, pp. 5-13, 2009.

[16] R. H. Clarke and J. Valentin, The History of ICRP and the Evolution of Its Policies, in ICRP Publication 109,Ann. ICRP 39(1), 2008.

[17] M. Y. Jung, D. C. Kweon, S. I. Kwon, "Effectiveness of Bismuth Shield to Reduce Eye Lens Radiation Dose Using the Photoluminescence Dosimetry inComputed Tomography", The Korea Society of Radiological Sceience journal, Vol. 32. No. 3, pp. 307-312, 2009.

[18] S. K. Kim, S. H. Son, "The Measurement and Analysis by Free Space Scatter Dose Distribution of Diagnostic Radiology Mobile Examination Area", Journal of the Korean Society for Digital Imaging in Medicine, Vol. 11(1)., No. 05, pp. 5-13, 2009.

저자소개

김 창 규(Chang-Gyu Kim) [종신회원]

- 2003년 8월 : 한남대학교 대학원 물리학과(이학박사)
- 2011년 3월 ~ 현재 : 김천대학교 보건과학연구소 소장
- 2009년 3월 ~ 현재 : 김천대학교 바우처사업단 단장
- 2001년 3월 ~ 현재 : 김천대학교 방사선학과 교수

<관심분야> : 방사선 의료영상, 방사선 측정응용