

유리선량계를 이용한 128-MDCT 검사시 생식선 차폐 선량 감소 효과

김창규*
김천대학교 방사선학과*

Radiation dose reduction effectiveness of a male gonadal shield during 128-MDCT using Glass Detector

Chang-Gyu Kim *

Dept. of Raiological Science, Gimcheon University*

요 약 최근 임상에서 사용하고 있는 128채널 MDCT의 복부 및 골반부 촬영 시 생식선 차폐 선량관리 자료로 활용하기 위하여 생식선의 피폭선량과 생식선 차폐 시 피폭선량을 측정하고 획득영상을 평가하였다. 평가한 결과 복부 MDCT 검사시생식선 차폐기구를 사용하지 않았을 경우에서 16.5 ± 0.5 mGy를 나타냈으며, 대(650 m²)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 7.5 ± 0.3 mGy로 측정되어 54%의 생식선 피폭선량 감소효과를 보였다. 골반부 MDCT 검사시 생식선 차폐기구를 사용하지 않았을 경우에서 9.5 ± 0.3 mGy, 대(650 m²)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 2.8 ± 0.2 mGy로 나타나 70%의 생식선 피폭선량 감소효과를 보였다. MDCT를 이용한 검사 시 생식선 차폐기구 사용 유, 무에 따라 영상을 획득하여 Likert 5점 척도로 분석한 결과 복부 영상에서는 4.1점으로 동일한 결과를 보였다. 또한 골반부 검사에서는 생식선 차폐기구 사용하였을 때 1.2점, 생식선 차폐기구 사용하지 않았을 때 4.1점으로 나타났다. 이상의 결과에서 복부 128-MDCT 검사 시 생식선 차폐기구를 사용하여 영상의 질 저하 없이 영상을 획득하고 피폭선량을 감소하여야 할 것으로 사료된다.

주제어 : MDCT, 피폭선량, 생식선 차폐, 유리선량계, 영상평가

Abstract When abdomen and pelvic were scanned with 128 channel MDCT, the gonadal exposure dose was measured with and without gonadal shield and the obtained images were evaluated. As a result, during abdominal MDCT scan, the gonadal exposure dose was measured 16.5 ± 0.5 mGy when the gonad shield was not used, and it was 7.5 ± 0.3 mGy when the large gonad shield(650 m²) was used, which showed the effect of reduction in the gonadal exposure dose by 54%. During pelvic MDCT scan, the gonadal exposure dose was 9.5 ± 0.3 mGy when the gonad shield was not used, and it was 2.8 ± 0.2 mGy when the large gonad shield(650 m²) was used, which showed the effect of reduction in the gonadal exposure dose by 70%. The images were obtained when using the gonad shield and when not using it during MDCT scan, and as a result of analyzing them with 5-point Likert scale, in the abdominal image, it was 4.1 points irrespective of whether using the gonad shield or not. And also, in pelvic scan, it was 1.2 points when the gonad shield was used, and 4.1 points when it was not used.

With the results above, it is considered that during the abdominal 128-MDCT scan, by using the gonad shield, the images should be obtained without being degraded and the exposure dose must be reduced.

Key Words : MDCT, Radiation dose, Gonadal shield, Glass detector, Image quality

Received 28 April 2013, Revised 25 May 2013

Accepted 20 July 2013

Corresponding Author: Chang-Gyu Kim(Gimcheon University)

Email: radkcg@hanmail.net

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ISSN: 1738-1916

1. 서 론

우리나라 전산화 단층촬영(CT: Computed Tomography)검사는 1972년 영상의학에 도입된 이후 기술적 성능과 임상적 사용 모두에서 비약적인 발전을 이루었다. CT검사로 인한 환자의 이익이 의심할 여지가 없고, 의료기술과 컴퓨터의 발전과 더불어 3차원 영상과 시간해상도의 단축이 가능하여 CT 검사의 빈도가 폭발적으로 증가하고 있다[1].

ICRP(International Commission on Radiological Protection) 보고에 의하면 CT검사의 건수는 전체 영상의학 검사의 11%비율을 차지하고 있지만 방사선 피폭은 영상의학 검사 67%를 차지하는 것으로 나타났다[2].

1990년대 후반의 MDCT(Multi-Detector Computed Tomography)의 출현과 2000년대 들어서 사용의 보편화는 검사시간의 단축과 고해상도의 얇은 단면을 이용한 재구성 영상을 획득할 수 있는 장점 때문에 CT 검사의 정밀성을 높이기는 하였지만 over-radiation의 발생과 3D 재구성의 일반화에 의해 시행되는 얇은 단면의 겹침 스캔은 환자선량을 증가시키는 요인이 되고 있다[3, 4].

우리나라에서의 CT 검사건수는 건강보험심사평가원 발표에 따르면 2006년 2,833천 건, 2007년 3,439천 건, 2008년 4,112천 건, 2009년 4,785천 건, 2010년 상반기 2,619천 건으로 해마다 검사 건수가 증가되는 추세에 있으며[2] 2006년에 비하면 2010년에는 약2배의 검사 건수가 증가하였다. 이런 검사 건수의 증가는 방사선량의 점유율 뿐 아니라 전체 환자선량을 증가시키고 있다.

CT검사를 시행하는 건수중 방사선 감수성에 민감한 연령인 0세에서 15세까지의 비중이 전체 검사건수의 약 11% 비중을 차지하고 있어서 CT검사 시 방사선 감수성이 높은 생식선에 있어서의 피폭선량 관리는 매우 중요하다고 인식되어 생식선의 피폭선량 감소를 위한 여러 연구가 진행되어왔다[5-8].

이러한 연구들은 방사선 피폭시 선량을 측정하기위해 물리적 인체 조직 등가팬텀과 열형광 선량계를 활용하여 흡수선량을 측정하고 유효선량을 평가하였다. 그러나 한번의 판독만을 할 수밖에 없는 단점을 가지고 있어서 최근에는 유리선량계를 사용하여 피폭선량을 측정하는 추세에 있다[9-11].

유리선량계는 유리 소자의 은화성 인산염에 전리방사

선이 조사되면 전자와 정공 PO_4 가 생성되고 생성된 전자는 유리소자 내의 Ag^+ 에 포획되어 Ag^0 가되며 정공은 PO_4^+ 에 포획되거나 시간이 경과함에 따라서 Ag^+ 로 이행되어 Ag^{++} 를 형성한다. 이들 Ag^0 와 Ag^{++} 는 보다 안정한 상태인 RPL(Radio Photo Luminescence) 중심을 형성하고, 이 RPL 중심에 자외선을 조사하면 에너지를 받아 여기상태가 되었다가 안정상태로 돌아오면서 주황색의 형광을 방출하게 된다. 이 때 형광을 방출하는 RPL중심의 수는 일정하며 주위환경과 판독과정에서 소멸되지 않으므로 반복 재생 판독이 가능하다는 특징을 갖는다[12, 13]

또한 유리선량계에서 방출되는 형광량의 정도는 조사된 방사선량과 비례하며 400°C에서 1 시간 간단한 열처리과정을 통해 축적된 선량이 리셋(RESET)되어 재사용이 가능한 특징을 가지고 있다[13].

이에 본 연구에서는 인체조직등가 팬텀과 유리선량계를 활용하여 최근 임상에서 사용되고 있는 이용 128채널 MDCT의 복부 촬영시 생식선의 피폭선량과 생식선 차폐시 피폭선량을 측정하고 타 연구와의 피폭선량감소를 비교하여 피폭선량관리 자료로서 활용하고자 한다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 재료 및 장비

본 연구는 CT장치는 한번 회전으로 128슬라이스 영상 획득이 가능한 CT Aquilion - CX(Thoshiba Medical system, Japan)을 이용하여 스캔 조건은 [Table. 1]과 같이 사용하였다. 피폭자의 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].

생식선 차폐효과를 실험하기 위하여 한국에서 제작 시판하고 있는 1 mm납으로 제작하여 고무 재질로 피복을 한 제품으로 크기별로 대(650 m²), 중(420 m²), 소(180 m²), 3가지 크기로 구별하여 실험을 실시하였다. [Fig. 2].

(Table 1) 128- MDCT scan parameter

Parameter	Value
Technique	Adult-Helical
kVp	120
mA	Auto
Time per rotation(sec)	0.6
mAs _{eff}	109
Scan Field of View	400(Large)
exposure time(sec)	10.9
Table speed(mm/rot)	26.5
Pitch	0.828
Reconstructed Scan Width(mm)	5



[Fig. 1] Humanoid whole body phantom



[Fig. 2] 1mm lead wrap-around gonad shields in three sizes

2.2 유리선량계 선량 측정

유리선량계의 calibration은 일본 방사선 표준원에서 ¹³⁷Cs 표준선원을 이용하여 6 mGy 가 조사된 유리소자로 calibration을 시행하여 측정하였다.

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

생식선 피폭선량 분포의 측정은 생식선 중심을 기준으로 하여 오른쪽방향과 왼쪽 방향으로 각각 2 개의 소자를 배치하여 부위별 피폭선량 분포를 측정하였다[Fig. 3]. 또한 측정의 오차를 줄이기 위하여 MDCT 스캔을 5 회 반복 측정 실험 하였다[4].



[Fig. 3] CT image of Humanoid phantom showing the location of the Glass Rod Detector at the level of the pelvis.

2.3 영상 평가 방법

영상을 획득, 임상의 실용성을 확인하기 위하여 정성적 분석을 하였다. 정성적 분석으로는 영상별로 영상의 대조도(Contrast), 병변 발견율, 경계의 명확성, 에 대하여 다섯 그룹(1: 매우불량, 2: 불량, 3: 보통, 4: 우수, 5: 아주우수)으로 나누어 방사선과과 전문의 2 명, 10년 이상 경력을 가진 방사선사 3 명으로 구성하여 평가 하였다.

2.4 통계 처리 및 분석

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

3. 결과 및 고찰

전신용 인체 조직등가팬텀을 이용하여 복부 MDCT 검사시 생식선 피폭선량 측정을 생식선 차폐기구를 사용하지 않았을 경우와 생식선 차폐 기구 크기에 따라 대, 중, 소의 경우를 측정하였다.

생식선 차폐기구를 사용하지 않았을 경우에서 5 회 반복 촬영하여 산출한 값이 16.5±0.5 mGy를 나타 냈으며, 대(650 m²)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 7.5±0.3

mGy, 중(420 m²)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 8.0 mGy, 소(180 m²)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 9.3 mGy 선량 값이 나타났다[Table 2].

이러한 결과는 복부 MDCT 검사시 생식선 차폐체를 사용하였을 경우 크기에 따라서 생식선 피폭선량이 감소됨을 보여주는 결과 이며 통계적으로도 유의한 차이가 있었다(<0.001). 또한 Lawrence등[9]의 연구결과와 일치하는 결과를 보였다.

전신용 인체 조직등가편됨을 이용하여 골반부 MDCT 검사시 생식선 피폭선량 측정을 생식선 차폐기구를 사용하지 않았을 경우와 생식선 차폐 기구 크기에 따라 대, 중, 소의 경우를 측정하였는데 생식선 차폐기구를 사용하지 않았을 경우에서 5 회 반복 촬영하여 산출한 값이 9.5±0.3 mGy를 나타냈으며, 대(650 m²)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 2.8±0.2 mGy, 중(420 m²)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 3.4 mGy, 소(180 m²)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 4.5 mGy 선량 값이 나타났다[Table 3].

<Table 2> Measured Glass Rod detector readings (mGy) representing gonadal exposure from an abdominal CT scan

Scan no.	No Shield	Large shield	Medium shield	Small shield
1	16.9	7.1	8.0	9.3
2	16.3	7.2		
3	16.4	6.9		
4	16.8	7.8		
5	15.9	7.6		
Average	16.5±0.5	7.5±0.3		
% Reduction		54%	51%	43%
Reduction Factor		2.2	2.1	1.8

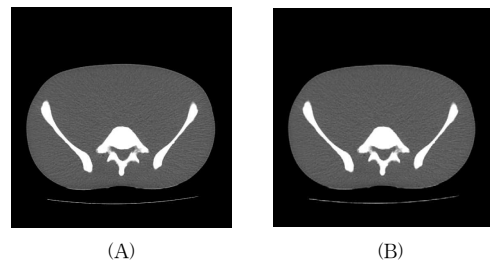
<Table 3> Measured Glass Rod detector readings (mGy) representing gonadal exposure from a pelvic CT scan

Scan no.	No Shield	Large shield	Medium shield	Small shield
1	9.2	2.6	3.4	4.5
2	9.6	3.1		
3	8.9	2.9		
4	9.9	2.7		
5	9.4	2.8		
Average	9.5±0.3	2.8±0.2		
% Reduction		70%	64%	52%
Reduction Factor		3.4	2.8	2.1

이러한 결과는 골반 MDCT 검사시 생식선 차폐체를 사용하였을 경우 크기에 따라서 생식선 피폭선량이 감소됨을 보여주는 결과 이며 통계적으로도 유의한 차이가 있었다(<0.001).

또한 Lawrence등[9]의 연구결과와 약간 상이한 결과를 보였는데 골반 MDCT 검사시 스캔 Parameter 가 상이한 이유에서 비롯된 결과라고 생각되며 생식선 차폐체의 크기에 따라서 피폭선량 감소 관찰되는 것은 일치하는 결과를 보였다.

128채널 MDCT를 이용한 복부 검사에서 생식선 차폐기구를 사용하지 않은 영상과 생식선 차폐기구를 사용하여 영상을 획득한 결과는 [Fig. 4]와 같았다. 획득한 영상을 Likert 5점 척도로 분석한 결과 생식선 착용유무와 관계없이 동일하게 4.10점의 결과를 보였다.



(A) Humanoid phantom both with the gonard shield in place.
(B) Humanoid phantom both without the gonard shield in place.

[Fig. 4] Comparison of abdominal CT images.

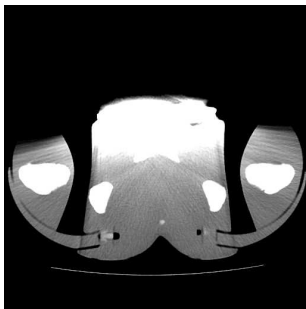
이러한 결과는 복부 MDCT 검사 시 생식선 차폐기구를 착용하고 CT 스캔을 하여도 무방하다는 것을 보여주는 결과 이므로 임상에서 복부 CT 검사 시 반드시 생식선 차폐를 고려하여 검사를 시행하여야 한다는 것을 입증하는 증례라 할 수 있다.

128채널 MDCT를 이용한 골반부 검사에서 생식선 차폐기구를 사용하여 영상을 획득한 결과는 [Fig. 5]와 같았다. 획득한 영상을 Likert 5점 척도로 분석한 결과 생식선 차폐기구를 착용 하지 않았을 경우가 4.10점의 결과를 보였으며, 착용하였을 경우는 차폐체에 의한 빔 경화에 따른 영상의 Artifact가 발생하여 1.20점의 결과를 보였다. 이것은 획득한 영상이 Artifact의 발생에 의해 병변 부위를 가리거나 판독하기 어려워 진단영역에 활용하는데 문제점이 있을 것으로 판단하는 것을 의미한다. 그러

(Table 4) Comparison of literature reports and present study for scattered dose reduction with the use of gonadal shields during abdominal CT scans.

Study	Study type	Scanning Protocol	Testicular Dose (mGy)		% Reduction
			Without Shield	With Shield	
Hohl et al.	patient 1mm capsule	16-MDCT, 1.6×1.5mm collimation 150mAs _{eff} , 120kV	2.40	0.32	87
Lawrence et al.	phantom 1mm wrap-around canvas	16-MDCT, 1.6×1.25mm collimation 194mAs _{eff} , 120kV	0.62	0.26	58
Present study	phantom 1mm wrap-around lead rubber	128-MDCT, 1.6×1.25mm collimation 109mAs _{eff} , 120kV	16.5	7.5	54

므로 골반부 MDCT 검사 시에는 생식선 차폐유무는 병변의 위치를 고려하여 적용하여야 할 것으로 생각되어진다.



[Fig. 5] Pelvic CT image with gonad shield in place and directly situated in the beam.

복부 MDCT 검사시 생식선 차폐체를 사용하였을 경우 생식선 피폭선량이 감소되는 결과를 보인 타 문헌들과 비교해보면 Hohl등[6]의 연구에서는 87%의 감소 효과를 보였는데 이 결과는 인체를 이용하여 얻은 실험 결과라는 점과 16-MDCT 를 이용하여 실험한 결과이므로 장치의 특성, 장치의 스캔 parameter의 상이함으로 나타난 현상으로 생각되어진다.

Lawrence 등[9]의 연구에서는 16-MDCT를 사용하여 인체 조직등가팬텀을 이용하여 실험 하였으며 58%의 피폭선량 감소효과를 보여 128-MDCT를 사용하여 생식선 차폐체를 사용에 따른 피폭선량 감소효과 본 연구의 54%와 유사한 결과를 나타냈다[Table. 4].

이러한 결과들로부터 복부 CT 검사를 시행할때는 반

드시 생식선 차폐체를 적용하여 검사하여야 한다. 또한 장비의 발전과 더불어서 CT 스캔 시간이 줄어들고 있다.

CT 스캔 시간의 감소가 피폭선량의 감소와 인체에 미치는 영향이 줄어 드는 것이 아니라는 것을 인식하고 방사선 감수성이 민감한 생식선이 포함되는 CT 검사를 시행할 때는 각별한 주의가 필요할 것으로 생각된다.

향후, 착용이 간편하고 임상에서 적용하기 편리한 생식선 차폐체의 개발과 연구가 활발이 진행될 것을 기대한다.

4. 결론

128채널 MDCT의 복부 및 골반부 촬영 시 생식선의 피폭선량과 생식선 차폐 시 피폭선량을 측정하고 획득영상을 평가한 결과, 복부 MDCT 검사시 생식선 차폐기구를 사용하지 않았을 경우에서 16.5 ± 0.5 mGy를 나타냈으며, 대(650 m^2)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 7.5 ± 0.3 mGy로 측정되어 54%의 생식선 피폭선량 감소효과를 보였다.

골반부 MDCT 검사시 생식선 차폐기구를 사용하지 않았을 경우에서 9.5 ± 0.3 mGy, 대(650 m^2)크기의 차폐체를 사용하였을 경우 2.8 ± 0.2 mGy로 나타나 70%의 생식선 피폭선량 감소효과를 보였다.

MDCT를 이용한 검사 시 생식선 차폐기구 사용 유무에 따라 영상을 획득하여 Likert 5 점 척도로 분석한 결과 복부 영상에서는 4.1 점으로 동일한 결과를 보였다. 또한 골반부 검사에서는 생식선 차폐기구 사용하였을 때

1.2 점, 생식선 차폐기구 사용하지 않았을 때 4.1 점으로 나타났다.

이상의 결과에서 복부 128-MDCT 검사 시 생식선 차폐기구를 사용하여 영상의 질 저하 없이 영상을 획득하고 피폭선량을 감소하여야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

[1] S. E. Jung, "Radiation dose reduction method of Computed Tomography", Radiation Health Newsletter, Vol 15(3), Sep., 2009.

[2] "Special medical device health insurance requisition present condition", Health Korea News, 19 SEP. 2010.

[3] M. C. Kim, "Doses of coronary study in 64-MDCT Reduced radiation dose according to variety of examination protocols", Radiological science, Vol 32(3), 2009.

[4] Mi-young Jung, Dae-cheol Kweon, Soo-il Kwon, Effectiveness of Bismuth Shield to Reduce Eye Lens Radiation Dose Using the Photoluminescence Dosimetry in Computed Tomography, Radiotechnological science, Vol. 32. No. 3, pp307-312, 2009.

[5] Coles DR, Smail MA, Negus IS, et al.: Comparison of radiation doses from multislice computed tomography coronary and conventional diagnostic angiography, J Am Coll Cardiol, 47, 1840-1845, 2006.

[6] C. Hohl, A. H. Mahnken, E. Klotz, R. W. Gunther, J. E. Wildberger, "Radiation dose reduction to the male gonads during MDCT: the effectness of a lead shield.", Ajr 184(1) 128-130, 2005.

[7] F. A. Mettler, P. W. Wiest, C. A. Kelsey, "CT scanning patens of use and dose, J Radiol Prot, 20(4) 353-359, 2000.

[8] "International Commission on Radiological Protection, Managing Patient Dose in Computed Tomography, in Ann ICRP 2000", ICRP Publication 87, Vol 30, Issue 4.

[9] L. T. Lawrence, A. C. Kevin, E. E. Yusuf, N. R. Lawrence., Radiation dose reduction at a price: the effectiveness of a male gonadal shield during helical CT scans, BMC Medical Imaging 7: 5, 2007.

[10] Jeong-Eun Rah, Ju-Young Hong, Gwe-Ya Kim, Yon-Lae Kim, Dong-Oh Shin, Tae-Suk Suh, "A comparison of the dosimetric characteristics of a glass rod dosimeter and a themoluminescent dosimeter for mailed dosimeter, Radiation Measurements, Vol. 44, pp18, 2009.

[11] Jeong eun Ra, W.S Suh, D.O. Shin, H. S. Kim, T. S. Suh,, "Determination of out factors for the Gamma-knife using a Photoluminescence Glass Rod Detector ", Medical physics 18(1), 2007.

[12] Technical Report, "Explanation Material of RPL Glass Dosimeter, Small Element System", Asahi Technvcy Glass Corporation, 2000.

[13] C. G. Kim, Measurement dose of dental panoramagraphy using a radiophotoluminescent Glass Rod Detector, The Korea Academia Industrial cooperation journal, 12(6) pp. 2624-2628, 2011.

김 창 규(Kim, Chang Gyu)



- 2003년 8월 : 한남대학교 물리학과 (이학박사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : 김천대학교 보건과학연구소 소장
- 2009년 1월 ~ 현재 : 김천대학교 바우처사업단 단장
- 2001년 3월 ~ 현재 : 김천대학교 방사선학과 교수

- 관심분야 : 방사선의료영상, 방사선측정응용
- E-Mail : radkcg@hanmail.net