

Comparison of Thyroid Doses for Shielding Material Changes in Neck Computed Tomography

Eun Bo Kang

Department of Radiological Science, Dong-Eui Institute of Technology

Received: January 02, 2019. Revised: February 20, 2019. Accepted: February 28, 2019

ABSTRACT

With regard to current Neck CT, Bismuth shielding boards are often being used to reduce exposure to superficial organs such as the thyroid. However, beam hardening often occurs near superficial organs with Bismuth shielding boards and variations in CT Number, Noise, and Uniformity values occur severely. This study looked into the usefulness of shielding boards made from aluminum and silicone that can be easily obtained and have good machinability by comparing them to the existing Bismuth shielding board.

An Aluminum 7.3mm and a Silicone 21.5mm were made with shielding ratios similar to that of the Bismuth(0.06 mmPb). TLD (TLD-100) was placed on the thyroid area of the Phantom (RS-108T) and 5 doses were measured for each. To compare image quality, CT Number and Noise variations in axial images of the thyroid area in Neck CT images were compared. Also, variations in CT Number, Noise, and Uniformity were measured in the AAPM phantom images and compared. In the results, when thyroid doses for each shielding board were compared, the Bismuth shielding board showed a 14% reduction, the Silicone 21.5mm showed a 15% reduction, and the Aluminum 7.3mm showed a 13% reduction compared to the Non-Shield. Statistically, there were no significant differences in comparison with the Bismuth shielding board. In CT Number variations of thyroid area images, variations were largest for the Bismuth shielding board. With Uniformity evaluations of the AAPM phantom, the Bismuth shielding board was found unsuitable and the Aluminum 7.3mm and Silicone 21.5mm satisfied the acceptance criteria.

Research results show that the Aluminum 7.3mm and Silicone 21.5mm have a similar shielding ratio to the high-priced Bismuth shielding board that is currently being used clinically and in comparison tests of CT Number attenuation coefficient variations, Noise, and Uniformity which are phantom image evaluation items, they proved to be better than Bismuth shielding boards. If various shielding boards are made using aluminum and silicone, sized appropriately for superficial organs, it would be useful in decreasing patient doses.

Keywords: CT Number, Noise, Uniformity, Neck CT

I. INTRODUCTION

컴퓨터단층촬영(Computed Tomography, CT)은 1972년 최초의 두부전용 CT장치가 개발되었고, 1977년 최초로 우리나라에 도입된 후 영상진단 분야에서 매우 유익한 검사법으로 비중이 점차 증가하고 있다.^[1] 그러나 CT는 영상의학 분야에서 중요한 부분을 차지하고 있지만 환자가 받는 피폭선량

이 높아 환자의 이익과 피폭의 위험성과의 사이에서 적절한 균형을 이루어야 할 필요성이 있다.

인체에 방사선이 미치는 영향을 나타내는 선량을 유효선량(Effective dose)이라 하며 시버트(Sivert, Sv)로 나타낸다. 음식물과 토양, 공기 중 호흡, 우주선 등의 노출로 인한 1년간의 자연방사선이 약 2.4 mSv이다. 인공 방사선에 의한 피폭은 대부분 의료 피폭에 의한 것이며, 일반 흉부 X-선 검사에서 선

* Corresponding Author: Eun Bo Kang

E-mail: kebwind@dit.ac.kr

Tel: +82-10-6503-9102

량은 0.1 mSv이하 (0.02 mSv)이며 CT검사의 경우 부위에 따라 2 mSv에서 16 mSv까지 된다. 이는 일반 흉부 X-선의 100배에서 1000배에 해당하는 선량이다.^[2,3]

식품의약품안전처에서 발표한 2007년부터 2011년까지 실시한 방사선검사 건수 및 검사종류별 피폭량 등의 빅데이터 10억여건의 자료에 의하면 방사선 건수는 2007년 1억 6천만건에서 2011년 2억 2천만건으로 35%증가하였고, 국민 일인당 방사선 피폭량은 2007년 0.93 mSv에서 2011년 1.4 mSv로 51%증가한 것으로 나타났다. 그런데 이를 CT촬영이 차지하는 피폭량을 기준으로 보면 2011년 국민 일인당 연간 피폭량 1.4 mSv를 기준으로 2.8%(6백만건)에 불과한 CT촬영이 국민 일인당 연간 피폭량의 56.4%(0.79 mSv)를 차지한다고 발표하였다.^[4]

방사선에 의해 발생하는 생물학적 영향에는 결정적 영향과 확률적 영향으로 나누는데 결정적 영향이 나타나는 역치는 국소적인 방사선에 의한 피폭이 100 mGy를 초과한 경우이며, CT에 의한 피폭은 1회의 경우 27 mGy이하이므로 결정적 영향에 의한 효과는 나타나기 어렵다. 그러나 2009년 미국 Food and Drug Administration은 뇌졸중 진단을 위한 뇌관류 CT를 시행한 환자에서 띠 모양의 탈모가 발생하였다고 발표하여 CT에 의한 결정적 영향도 무시할 수 없는 것으로 인식이 변화되고 있다.^[5] 방사선에 의한 확률적 영향은 좀 더 심각한 문제를 야기할 수 있으며, 이것은 암 발생 확률의 원인이 된다는 것이다. 방사선에 의한 암 발생은 전자에 의해 DNA 사슬을 절단하거나 자유 산화물을 발생시켜 일어나며 저선량에도 심각한 문제를 일으킬 수 있다.^[6]

방사선 피폭에 의한 확률적 영향에 대한 연구는 대부분 일본의 원폭 생존자들의 추적검사에 의한 것으로 50 mSv이하의 낮은 피폭선량에 의해서도 갑상샘암, 결장암, 폐암, 유방암의 발생 위험이 증가한다고 하였다.^[7] CT검사의 경우 추적 검사를 위해 반복적으로 시행되고 또한 여러 부위를 광범위하게 검사하는 경우가 많아 상당한 위험 요소를 가진다고 할 수 있다.

현재 Neck CT의 경우 Thyroid와 같은 표재성 장

기의 피폭을 줄이기 위해 Bismuth 차폐체를 많이 사용하고 있다. 그러나 Bismuth 차폐체의 경우 표재성 장기 부근에서 선속 경화현상이 많이 발생하고 CT Number, Noise, Uniformity값의 변동이 심하게 나타난다. 본 연구에서는 주위에서 쉽게 구할 수 있고 가공성이 좋은 Aluminum과 Silicone을 이용하여 기존의 Bismuth 차폐체와 비교하여 차폐체로서의 유용성을 알아보려고 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 측정 장비

차폐체의 두께 측정을 위한 X-선 발생장치는 리스탐사의 REX-650R(고유여과 2.4 mmAl, 부과여과 1.0 mmAl, 총 여과 3.4 mmAl)을 사용하였고, 흡수선량 측정을 위해 Multi Function meter(FLUKE, TNT 12000, USA)를 사용하였다. CT장비는 Brilliance CT 64-channel scanner(Philips, Netherlands)를 사용하였고, 팬텀은 RS-108T를 사용하였다. 선량측정을 위해서 생체등가물질로 구성되어 있으며 화학적으로 안정되어 잠상퇴행이 적은 TLD-100(3.175×3.175×0.625 mm³)을 사용하였다. TLD-100은 'Li의 함량비가 천연 Li와 같은 7.5%인 것을 TLD-100이라 하고, LiF를 모체로 하는 TLD 열형광물질 중의 하나이며, 방사선에 대한 감도는 조금 낮지만 조직등가이고 잠상퇴행이 매우 적어 표준 TLD로 가장 오래 사용되고 있다.^[8] TLD Reader System은 HARSHAW TLD-3500을 사용하였다.

2. 차폐체 제작

X선 발생장치를 사용하여 FFD 100cm, 70kVp, 200mAs, 0.05sec의 촬영조건에서 Fluke TNT 12000 X-Ray Radiation Dosimeter test장비를 사용하여 Bismuth차폐체와 차폐율이 비슷한 Aluminum과 Silicone를 Table 1과 같이 측정하였다. 두께를 측정한 결과 Aluminum 7.3mm와 Silicone 21.5mm의 차폐능력이 Bismuth(0.06 mmPb) 차폐체와 비슷하게 측정되어 Fig. 1과 같이 차폐체를 제작하였다.

Table 1. Measure the thickness of aluminum and silicone shield

Shielding materials	Thickness(mm)	Average dose(μ Gy)
Non shield		873.00
Bismuth		165.62
Aluminum	6	206.20
	7.3	166.12
	21	178.25
Silicone	21.5	165.92
	22	157.02



(a)Aluminum 7.3mm (b)Silicone 21.5mm
Fig. 1. Manufactured shield.

3. 선량 측정 방법

RS-108T 팬텀을 사용하여 Thyroid 부근에 TLD-100을 올려 두고 Non shield, Bismuth 차폐체, Aluminum 7.3mm, Silicone 21.5mm로 차폐하여 Fig. 2와 같이 Table 2의 조건으로 Neck CT를 실시하였다. 각각의 촬영에서 Bismuth 차폐체와 비교하기 위해 Thyroid 선량을 측정하였다.

Table 2. Reference scanning protocol parameters

kVp	120 KV
mAs	250 mAs
Slice Thickness	3.0 mm
Algorithm	Standard
Image Matrix	512 x 512
Pitch	1.014
Scan Length	180.0 mm
Rotation Time	0.75sec
CTDIvol	3.075mGy
Planned mAs	61 mAs / Slice

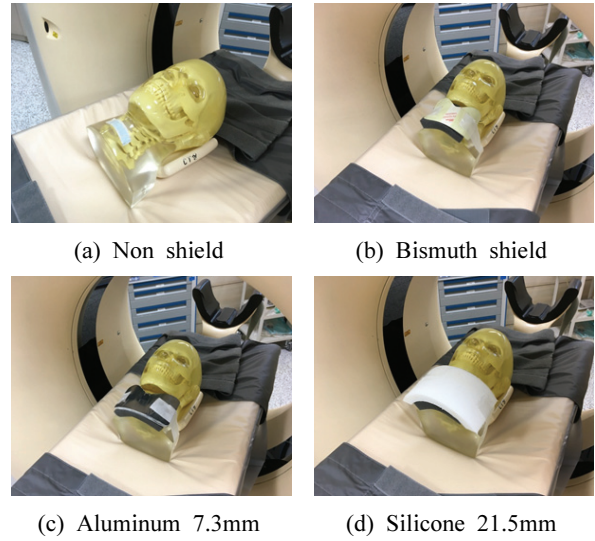


Fig. 2. Thyroid dose measurement.

4. 화질 평가

촬영된 영상 평가를 위해 Non shield, Bismuth차폐체, Aluminum 7.3mm, Silicone 21.5mm를 사용하여 영상의 Thyroid 부위의 5군데에 ROI를 설정하고 Extended BrillianceTM Workspace(Philips, Netherlands)를 이용하여 CT number와 noise의 변화를 비교하였다. 또한 AAPM팬텀을 이용하여 각각의 차폐체에 대한 물의 CT Number, Noise, Uniformity의 변화를 측정하여 특수의료장비 팬텀영상 검사 항목에 대한 적합성 여부를 비교하였다.

III. RESULT

1. Thyroid 선량

Thyroid의 피폭선량을 측정하기 위해 Non shield, Bismuth 차폐체, Aluminum 7.3mm, Silicone 21.5mm의 조건에서 각 5회 측정을 하여 Table 3과 같이 표시하였다. Thyroid에 대한 차폐체별 차폐선량을 비교 실험한 결과 Non shield를 기준으로 Bismuth 차폐체가 14%, Aluminum 7.3mm가 15%, Silicone 21.5mm가 13%의 선량이 감소하는 것으로 측정되었다.

각각의 차폐체에 대한 결과 값의 평균과 평균값의 차이 검증은 통계프로그램 SPSS 버전 19을 사용하여 일원배치 분산분석을 하였고, 사후분석은

Duncan 분석을 하였다. Table 4에서 일원배치 분산 분석 결과 유의확률 0.024로 Non shield, Bismuth 차폐체, Aluminum 7.3mm, Silicone 21.5mm 차폐체의 차폐능력에는 차이가 있다고 나타났으며, Duncan 사후검정 결과에서 Bismuth 차폐체, Aluminum 7.3mm, Silicone 21.5mm 차폐체는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 3. Results of thyroid dose measurement (Unit: mGy)

	Number of measurement	Measured dose	Mean	Dose reduction rate(%)
Non shield	1	4.59	5.19	0.00
	2	5.24		
	3	4.83		
	4	5.48		
	5	5.79		
Bismuth shield	1	3.70	4.45	14.26
	2	4.89		
	3	4.67		
	4	4.31		
	5	4.68		
Aluminum 7.3mm	1	4.52	4.52	12.91
	2	4.59		
	3	4.43		
	4	4.33		
	5	4.71		
Silicone 21.5mm	1	5.14	4.42	14.84
	2	4.26		
	3	4.38		
	4	4.20		
	5	4.10		

Table 4. One-way analysis of variance (Unit: mGy)

Shield Type	Mean	SD	F	P	Duncan	Dose reduction rate(%)
Non shield	5.19	0	4.121	0.024	A	0.00
Bismuth shield	4.45	0.15			B	14.26
Aluminum 7.3mm	4.52	0.15			B	12.91
Silicone 21.5mm	4.42	0.42			B	14.84

2. 영상 평가

Neck CT에서 차폐의 유무에 따라서 영상에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위해서 Fig. 3과 같이 Thyroid 부위에 5군데 ROI를 정하여 영상의 CT Number와 Noise의 변화를 각각 비교하였다.

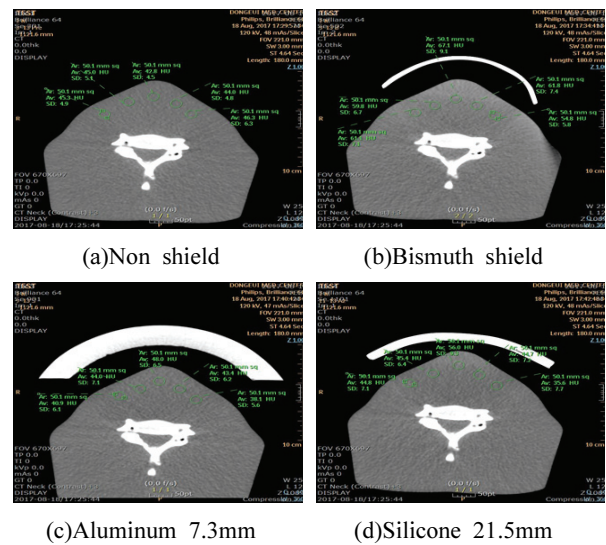


Fig. 3. Change of CT number and noise.

CT Number의 측정 결과 Table 5와 같이 Non shield을 기준으로 Bismuth 차폐체 36%, Aluminum 7.3mm 1.1%가 각각 증가하였고 Silicone 21.5mm는 4% 감소하는 것으로 나타났다.

Noise의 측정에서는 Table 6과 같이 Non shield을 기준으로 Bismuth 차폐체 41%, Aluminum 7.3mm 47.2%, Silicone 21.5mm 23%가 각각 증가하는 것으로 나타났다.

Table 5. CT Number measurement of ROI

Shield Type	CT Number of ROI(HU)					Mean	Rate of change(%)
	1	2	3	4	5		
Non shield	45.3	45.0	42.8	44.0	46.3	44.68	0
Bismuth shield	61.1	59.8	67.1	61.8	54.8	60.92	+36
Aluminum 7.3mm	44.8	45.4	56.1	44.7	35.6	45.20	+1.1
Silicone 21.5mm	40.9	44.0	48.0	43.4	38.1	42.88	-4

Table 6. Noise measurement of ROI

Shield Type	Noise of ROI(HU)					Mean	Rate of change(%)
	1	2	3	4	5		
Non shield	4.9	5.1	4.5	4.8	6.3	5.12	0
Bismuth shield	7.1	6.7	9.1	7.4	5.8	7.22	+41
Aluminum 7.3mm	7.1	6.4	9.3	7.2	7.7	7.54	+47.2
Silicone 21.5mm	6.1	7.1	6.5	6.2	5.6	6.3	+23

3. AAPM 팬텀 영상 평가

AAPM 팬텀을 이용하여 Non shield, Bismuth 차폐체, Aluminum 7.3mm, Silicone 21.5mm의 차폐체에 대한 물의 CT Number, Noise, Uniformity의 변화를 측정하여 특수의료장비 팬텀 영상 검사 항목에 대한 적합성 여부를 비교한 결과는 Table 7과 같이 측정되었다.

Table 7. AAPM Phantom image evaluation

Shield Type	CT Number (HU)	Noise (HU)	Uniformity(HU)		
			12 o'clock	3 o'clock	9 o'clock
Non shield	-4.4	6.4	2.4	1.4	1.3
Bismuth shield	-2.0	6.2	16.5	2.8	2.8
Aluminum 7.3mm	-2.9	6.2	0.4	1.2	1.2
Silicone 21.5mm	-2.3	6.5	1.1	0.4	0.6

IV. DISCUSSION

국가암정보센터의 2015년 자료에 의하면 갑상선암은 암종별 암유병율에서 남녀 전체에서 355,057명으로 유병자수의 22.0%로 가장 높은 암유병율을 나타낸다고 하였다. 또한 가장 잘 알려진 위험 요인은 목주변의 방사선 치료와 방사선 누출 사고에 의한 갑상선암 발병위험도의 증가이며, 방사선에 노출된 나이가 어릴수록 노출량에 비례하여 위험도가 증가한다고 하였다.^[9]

임상진단에서 CT검사가 차지하는 비중은 계속 증가추세에 있어 환자가 받는 방사선량을 관리하고 불필요한 피폭을 줄여야 하는 것이 더욱 강조되고 있다. CT검사가 임상적으로 필요하다는 정당화의 요구가 충족될 경우 촬영상의 제한은 들 수 없으나 환자의 촬영부위, 촬영방법 등에서 불필요한 피폭을 줄이기 위한 방어책의 최적화를 위해 노력해야 할 것이다. 환자의 피폭을 줄이기 위한 여러 방법 중에서 유방조직이나 수정체, 갑상선과 같은 표재성 장기의 경우 방사선에 상대적으로 민감하여 보호용구의 사용을 권장하고 있다.^[10,11] 현재 사용되고 있는 Bismuth 차폐체의 경우 수정체와 갑상선, 유방의 피폭 선량을 50% 정도 감소한다고 보고되어 있다.^[10] 그러나 Bismuth 차폐체의 경우 표재성 장기에 대한 화질의 저하가 많이 나타난다. 이에 본 연구에서는 기존의 Bismuth 차폐체와 비슷한 차폐율을 보이면서 화질의 저하를 최소화할 수 있는 재료를 이용하여 제작한 차폐체를 비교 평가하였다.

Neck CT에서 각각의 차폐체에 대한 Thyroid의 선량을 측정하여 비교한 결과 Non shield을 기준으로 Bismuth 차폐체 14%, Aluminum 7.3mm 15%, Silicone 21.5mm 13%의 선량이 감소되는 것으로 측정되었다. 그리고 영상에 대한 화질 변화를 측정하기 위하여 Thyroid 부근에 5군데 ROI를 설정하여 영상의 CT Number와 Noise의 변화를 각각 비교한 결과 CT Number의 변화에서 Non shield을 기준으로 Bismuth 차폐체에서 36%가 증가하여 가장 큰 변화를 보였고, Aluminum 7.3mm 1.1% 증가, Silicone 21.5mm 4% 감소하였다. Noise의 측정에서는 Non shield을 기준으로 Bismuth 차폐체 41%, Aluminum 7.3mm 47.2%, Silicone 21.5mm 23%가 각각 증가하는 것으로 나타났다.

AAPM 팬텀을 이용한 팬텀 영상 평가에서는 물의 CT Number의 측정에서 Non shield -4.4 HU, Bismuth 차폐체 -2.0 HU, Aluminum 7.3mm -2.9 HU, Silicone 21.5mm -2.3 HU로 측정되어 팬텀 영상평가 기준에 적합하였다.

Noise의 측정에서는 Non shield 6.4 HU, Bismuth 차폐체 6.2 HU Aluminum 7.3mm 6.2HU Silicone

21.5mm 6.5 HU로 측정되었다. Uniformity 측정에서는 Bismuth 차폐체가 12 o'clock 방향에서 합격기준인 5 HU보다 크게 측정되었다. 본 연구의 제한점은 차폐체의 측정에서 70 kVp를 사용하였고 120 kVp를 주로 사용하는 CT장비에서 선감약계수의 차이가 발생할 수 있어 향후 차폐체의 제작에는 이에 대한 보완이 이루어져야 할 것으로 보인다.

V. CONCLUSION

본 연구에서 Neck CT의 Thyroid 차폐를 위해 현재 임상에서 사용되는 환자 보호용구인 Bismuth 차폐체와 Aluminum 7.3mm, Silicone 21.5mm를 비교 실험한 결과 차폐율에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 화질의 변화를 보기 위한 영상의 CT Number의 변동에서 Bismuth 차폐체보다 변화가 적은 것으로 측정되었고 AAPM팬텀 영상 평가의 Uniformity 측정에서 Aluminum 7.3mm, Silicone 21.5mm은 적합하였고 Bismuth 차폐체는 부적합하게 나타났다. 주위에서 쉽게 구할 수 있고 가공성이 우수한 Aluminum과 Silicone을 사용한다면 저렴한 비용으로 표재성 장기의 환자 선량을 감소시키는데 유용할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

본 연구는 동의과학대학교 교내연구비의 지원에 의해 수행되었다.

Reference

- [1] The Korea Society of Medical Imaging Technology, *Textbook of Computed Tomography*, Chung-Ku Publishing co., pp. 17-18, 2017.
- [2] G. Brix, H. D. Nagel, G. Stamm, R. Veit, U. Lechel, J. Griebel, M. Galanski, "Radiation exposure in multi-slice versus single-slice spiral CT: Results of a nationwide survey," *European Journal of Radiology*, Vol. 13, pp. 1979-1991, 2003.
- [3] B. F. Wall, D. Hart, "Revised radiation doses for typical x-ray examinations," *The British Journal of Radiology*, Vol. 70, No. 833, pp. 437-439, 1997.
- [4] <http://www.mfds.go.kr>

- [5] U.S. Food and Drug Administration. Safety investigation of CT brain perfusion scans: Update 11/9/2010. Available from: <http://www.fda.gov/MedicalDevices/Safety/AlertsandNotices/ucm185898.htm>
- [6] D. J. Brenner, E. J. Hall, "Computed tomography - an increasing source of radiation exposure," *New England journal of medicine*, Vol. 357, No. 22, pp. 2277-2284, 2007.
- [7] D. A. Pierce, D. L. Preston, "Radiation-related cancer risks at low doses among atomic bomb survivors," *Radiat Res.*, Vol. 154, pp. 178-186, 2000.
- [8] S. H. Doh, W. G. Lee, M. J. Yoo, H. D. Kang, D. S. Kim, "Thermal Annealing and Fading Characteristics of LiF:Mg,Cu,P TLD" *Journal of the Korean sensors society*, Vol. 7 No. 5, pp. 313-318. 1998.
- [9] <https://www.cancer.go.kr/>
- [10] J. Geleijns, M. Salvadó Artells, W. J. H. Veldkamp, M. López Tortosa, A. Calzado Cantera, "Quantitative assessment of selective in-plane shielding of tissues in computed tomography through evaluation of absorbed dose and image quality," *European Radiology*, Vol. 16, No. 10, pp. 2334-2340, 2006.
- [11] J. R. Curtis, "Computed tomography shielding methods: a literature review," *Radiologic Technology*, Vol. 81, pp. 428-436, 2010.

Neck CT에서 차폐체 재료 변화에 따른 Thyroid 선량 비교 연구

강은보

동의과학대학교 방사선과

요 약

현재 Neck CT의 경우 Thyroid와 같은 표재성 장기의 피폭을 줄이기 위해 Bismuth 차폐체를 많이 사용하고 있다. 그러나 Bismuth 차폐체의 경우 표재성 장기 부근에서 선속 경화현상이 많이 발생하고 CT Number, Noise, Uniformity값의 변동이 심하게 나타난다. 본 연구에서는 주위에서 쉽게 구할 수 있고 가공성이 좋은 Aluminum과 Silicone을 이용하여 기존의 Bismuth 차폐체와 비교하여 차폐체로서의 유용성을 알아보았다.

Bismuth(0.06 mmPb)와 차폐율이 비슷한 두께의 Aluminum 7.3mm와 Silicone 21.5mm를 제작하였다. 팬텀(RS-108T)의 Thyroid부근에 TLD(TLD-100)을 올려놓고 각각 5회씩 선량을 측정하였다. 화질 비교를 위해 Neck CT 영상에서 Thyroid 부근 axial영상의 CT Number와 Noise의 변화를 비교하였다. 그리고AAPM팬텀의 영상에서 각각 CT Number와 Noise, Uniformity의 변화를 측정하여 비교하였다. 결과에서 Thyroid에 대한 차폐체별 선량 비교에서 Non-Shield에 비해 Bismuth 차폐체가 14%, Silicone 21.5mm 15%, Aluminum 7.3mm 13%가 감소되었다. 통계적으로 Bismuth 차폐체와 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. Thyroid 부근 영상의 CT Number의 변화에서는 Bismuth 차폐체의 변동이 가장 크게 나타났다. AAPM팬텀 영상평가의 Uniformity 평가에서는 Bismuth차폐체는 부적합으로 Aluminum 7.3mm와 Silicone 21.5mm은 합격기준을 만족하였다.

연구결과 현재 임상에 사용되고 있는 고가의 Bismuth 차폐체와 비교하여 차폐율에서 Aluminum 7.3mm와 Silicone 21.5mm은 비슷한 차폐율을 나타냈으며, 팬텀 영상평가의 항목인 CT Number의 감약 계수 변동, Noise, Uniformity의 비교 실험에서 Bismuth 차폐체보다 우수하게 나타났다. Aluminum과 Silicone을 이용하여 표재성 장기의 크기에 맞게 다양한 차폐체를 만들어 사용하면 환자 선량을 감쇠시키는데 유용할 것으로 판단된다.

중심단어: CT Number, 잡음, 균일도, 목 컴퓨터 단층영상법

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(단독저자)	강은보	동의과학대학교 방사선과	교수