

Evaluation of Dose and Image Quality of Lens according to Baseline during Brain CT Scan

Kyu-Hyung Kim,¹ Sang-Hyun Kim^{2,*}

¹Department of Diagnostic Radiology at Myongji Hospital

²Department of Radiological Science, Shin-Han University

Received: August 01, 2019. Revised: October 01, 2019. Accepted: October 31, 2019

ABSTRACT

It is important to minimize the exposure dose during an examination and obtain good quality images at the same time. This study compared the beam hardening effect according to the baseline superior orbito meatal line(SOML), orbito meatal line(OML), inferior orbito metal line(OML) and measured the exposure dose of the lens, especially in brain CT examinations, which generally apply to head disease patients. The beam hardening effect assessment of each image along the baseline was performed quantitatively using the Image J program, and the exposure dose of the lens was detected by OSLDs and compared. As a result, when the SOML was used as the reference line, the dose of the lens was decreased by 85.08% at 80 kV and by 79.7% at 80 kV, compared to when IOML was used as the baseline. If the gantry angle at brain CT was parallel scan to SOML, there were no significant differences in the exposure to the lens and between the OML and IOML. Therefore, this study has shown that it is efficient to have a parallel scan on SOML as a protocol during Brain CT examinations.

Keywords: Brain CT, Base line, Beam hardening effect, Lens, Dose

I. INTRODUCTION

1967년 전산화단층촬영(Computed Tomography, CT)은 Hounsfield에 의해 의학영상 분야에 도입된 이래로, 단순 X선 촬영과 달리 인체 장기의 해부학적 구조를 정확하게 묘출할 수 있고, 장기의 기능이나 상태를 진단하기 위해 3차원 입체 영상으로 영상화할 수 있으며, 다양한 방법으로 양질의 영상을 표현 수 있다는 점에서 CT의 사용빈도가 크게 증가하고 있다.^[1] 건강보험심사평가원에 따르면 CT의 촬영 건수는 2006년 기준 2,411,327건에서, 2014년 기준 9,841,215건으로 연평균 19.2%의 증가를 보였다. 마찬가지로 CT 장비의 수요도 상당히 증가하고 있다.^[2] 2018년 1월 4일 기준 통계청에서 발표한 국내 CT장비의 총계는 일반 CT 1,966대, 콘 빔 CT 10,322대인데, 이는 2014년 1월 4일 기준으로

일반 CT 1,870대, 콘 빔 CT 4,355대인 것과 비교하면 상당히 증가했다는 것을 알 수 있다.^[3]

또한 UN방사선영향과학위원회(UNSCEAR, 2000)에 따르면 세계적으로 CT는 모든 의료 방사선 검사의 5%를 차지하고 있으며, 그 결과 일반인이 받는 총 방사선피폭에 34%를 차지하고 있다고 한다.^[4]

현재에 들어서서 CT는 의료 방사선 검사의 약 15%를 구성함과 더불어, 일반인이 받는 총 방사선피폭에 약 67%를 차지하는 검사로, 2000년도에 비해 상당히 영향력이 증가했다는 것을 알 수 있다.^[5]

국제방사선방호위원회(International Commission on Radiological Protection, ICRP)의 보고에 따르면 Brain CT 검사는 일반적인 흉부나 복부 CT에 비해서는 피폭선량이 작지만, 전체 CT 검사의 약 45%를 차지할 만큼 빈번한 검사이다.^[4,6] 따라서 Brain

* Corresponding Author: Sang-Hyun Kim

E-mail: kbm0821@shinhan.ac.kr

Tel: +82-31-870-3417

CT 검사 시 수정체의 피폭을 각별히 유의해야 한다. 수정체는 결정 장기로서, 인체에서 가장 방사선 감수성이 높은 조직 중 하나이므로 방사선에 의한 장해를 받기 쉽다. 그러므로 방사선사는 안와 부위가 포함되는 Brain CT와 같은 촬영에서 수정체에 가해지는 선량을 최소화하기 위한 노력을 해야 한다. 일반적인 Brain CT에서 수정체에 가해지는 선량은 30~50 mGy로 보고되었으나, 수정체에 직접 방사선이 조사되지 않도록 스캔 각도를 적절하게 조절할 경우 3~5 mGy, 약 90%까지 선량을 감소시킬 수 있으므로 스캔 각도 조절에 각별히 신경을 써야한다.^[7,8]

Brain CT검사 시 갠트리 각도에 따른 기준선 선량과 영상의 질을 고려한 명확한 권고사항이 없기 때문에 병원마다, 또는 개인마다 사용하는 기준선이 다르다. 그러므로 본 연구는 두부가 피폭에 민감한 수정체가 인접해있으면서도 선속경화현상이 가장 많이 발생하는 부위 중 하나이기 때문에, Brain CT 검사 시 선속경화현상을 고려하여 수정체 선량을 최소화시킬 수 있는 기준선을 알아보하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 실험 재료

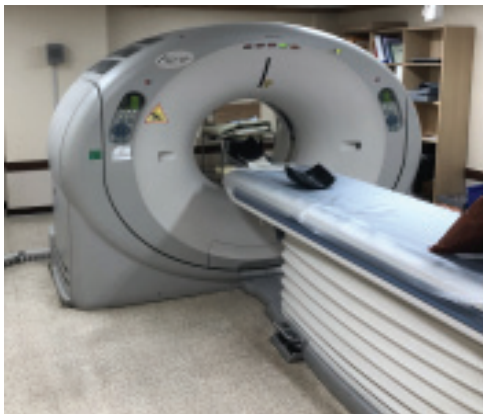


Fig. 1. Aquilion 64-slice CT Scanner.
(Toshiba medical system, Tokyo, Japan)

본 연구를 진행하기 위해 사용한 CT 장비는 Aquilion 64-slice CT Scanner(Toshiba medical system, Tokyo, Japan)이며 팬텀은 인체와 유사한 Head

phantom을 사용하였으며 Fig. 1, Fig. 2와 같다. 수정체의 선량측정에는 광자극발광선량계(Optically Stimulate Luminescence Dosimeters, OSLDs) 시스템을 이용하였다. 이것은 판독기(Microstar reader, LANDAUER, USA)와 Al₂O₃:C 소자가 내장된 9×9×1.5mm³규격의 플라스틱 패킷(Nano DOT, LANDAUERInc., USA)으로 구성되어 있으며^[10] Fig. 3과 같다.

OSLDs는 상온에서 측정이 이루어지므로 TLD의 일반적인 문제였던 열적소광현상을 근본적으로 막을 수 있으므로 더욱 정확한 측정이 가능하다.



Fig. 2. Head Phantom that attached two nano dots.

2. 실험 방법

2.1 프로토콜 설정

본 연구에 적용한 프로토콜은 일반적으로 Brain CT 검사 시 이용되는 성인 기준의 프로토콜을 사용하였고, 더 정확하게 수정체 피폭선량의 결과를 산출하기 위해서 실제 병원에서 Brain CT검사 시 이용하는 소아 표준인 80kV와 성인 표준인 120kV의 프로토콜을 나누어 적용하였다. Aquilion 64-slice CT Scanner를 이용한 Brain CT의 촬영조건은 Table 1과 Fig. 3와 같다.

2.2 선량 측정

안와상이공선(Superior Orbito Meatal Line, SOML), 안와이공선(Orbito Meatal Line, OML), 안와하이공선(Inferior Orbito Meatal Line, IOML)의 스캔 기준선에 따라 CT장치의 갠트리 각도에 변화를 주어, 머리부 팬텀의 왼쪽, 오른쪽 안와 부근에 Nano DOT를 부

착하고 OSLDs를 이용하여 3회씩 측정하였다.

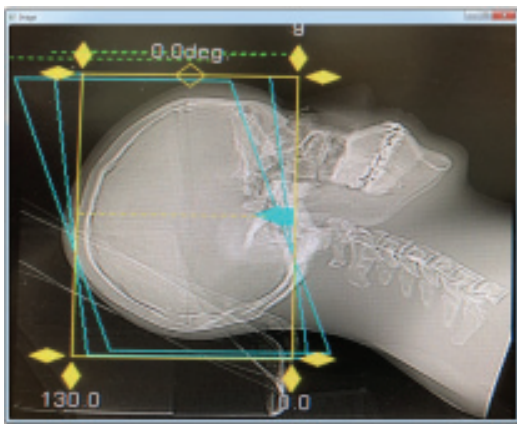


Fig. 3. Scan according to base line.
(From left to right: SOML, OML, IOML)

Table 1. Reference scanning protocol parameters

Protocol Parameters		
Voltage (kV)	80 (kV)	120 (kV)
mA (mA)	100	200
Algorism	standard	
Matrix	512 x 512	
Thickness (mm)	16	
scan length (mm)	130	
scan time (s)	7.2	
D-FOV	220	
C-FOV	M	
Scan angle (degree)	SOML	16.5 (degree)
	OML	9.5 (degree)
	IOML	0 (degree)

2.3 CNR 측정

Image J 프로그램을 이용, 획득한 영상에 ROI를 설정하여 화소(pixel) 신호 강도의 평균값(Mean)과 표준편차(Std.D)를 측정한 후 백그라운드의 신호강도 평균값(Mean)과 표준편차(Std.D)를 구하여 다음과 같이 CNR을 측정하였으며 Eq. (1)과 같다.

$$CNR = \frac{|Object\ Mean - Background\ Mean|}{Background\ SD} \quad (1)$$

2.4 SNR 측정

ROI의 신호강도의 평균(Mean)과 표준편차(Std.D)를 측정한 후 다음과 같이 SNR을 측정하였으며 Eq. (2)와 같다.

$$SNR = \frac{Object\ Mean}{Object\ SD} \quad (2)$$

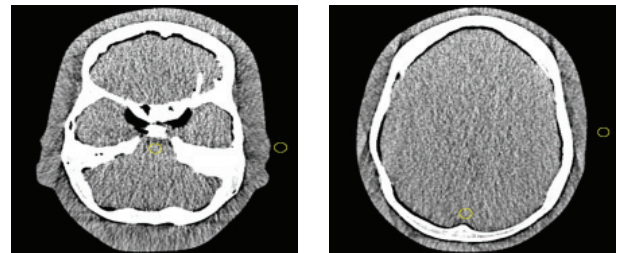


Fig. 4. CNR and SNR measurements of evaluation point.
(Portion of Temporal bone, Occipital bone and background)

2.5 데이터 분석 및 통계

CNR, SNR에 대해 각각 ANOVA를 시행하여 분석하였으며, 통계 프로그램(SPSS ver. 22. SPSS inc., IBM Company)를 사용하였다.

III. RESULT

1. 선량의 측정 결과

120 kV의 경우 SOML을 기준선으로 사용한 경우 수정체의 선량은 IOML을 기준선으로 사용하였을 때보다 85.08% 감소하였으며, 80 kV의 경우 SOML을 기준선으로 사용한 경우 수정체의 선량은 IOML을 기준선으로 사용하였을 때보다 79.7% 감소하였으며 Table 2와 같다.

2. Beam hardening effect 측정 결과

스캔 기준선을 이용하여 CT장치의 갠트리 각도에 변화를 주어 스캔 후 각 영상의 CNR과 SNR값을 아래와 같이 측정하였다. 그리고 영상의 질에 대한 정량적 평가를 시행하였고 SPSS를 이용하여 통계 분석한 결과, Table 3 같이 기준선에 따라 CNR, SNR값이 통계적으로 유의한 차이가 없는 것

으로 나타났다.($p>0.05$)

Temporal bone 부근의 CNR은 SOML을 기준으로 사용한 경우 45.32 ± 3.62 , OML을 기준으로 사용한 경우 44.90 ± 4.14 , IOML을 기준으로 사용한 경우 43.11 ± 4.40 로 나타났고, SNR은 SOML을 기준으로 사용한 경우 89.51 ± 0.21 , OML을 기준으로 사용한 경우 89.60 ± 0.28 , IOML을 기준으로 사용한 경우 89.41 ± 0.21 로 나타났다.

Occipital bone 부근의 CNR은 SOML을 기준으로 사용한 경우 53.77 ± 3.80 , OML을 기준으로 사용한 경우 49.98 ± 4.65 , IOML을 기준으로 사용한 경우 50.14 ± 5.76 로 나타났고, SNR은 SOML을 기준으로 사용한 경우 89.48 ± 0.23 , OML을 기준으로 사용한 경우 89.53 ± 0.23 , IOML을 기준으로 사용한 경우 89.42 ± 0.27 로 나타났다.

위의 결과를 바탕으로 한 p-value는 Temporal bone 부근의 경우 CNR은 0.17, SNR은 0.1로 나타났으며, Occipital bone 부근의 경우 CNR은 0.24, SNR은 0.12로 나타났으며 Table 3과 같다

Table 2. Quantitative Analysis of Measured dose according to baselines.

		Mean(Lt, Rt)	Mean±SD
120kV 200mA	SOML	1	2.35
		2	2.27
		3	2.06
	OML	1	10.92
		2	11.24
		3	10.66
	IOML	1	14.43
		2	16.79
		3	13.59
80kV 100mA	SOML	1	0.43
		2	0.35
		3	0.42
	OML	1	0.68
		2	0.69
		3	0.65
	IOML	1	2.15
		2	2.03
		3	1.73

Table 3. Quantitative Analysis of Measured CNR & SNR

		CNR(HU) (Mean±SD)	SNR(HU) (Mean±SD)	p-value	
				CNR	SNR
Temporal bone	SOML	45.32 ± 3.62	89.51 ± 0.21	0.17	0.1
	OML	44.90 ± 4.14	89.60 ± 0.28		
	IOML	43.11 ± 4.40	89.41 ± 0.21		
Occipital bone	SOML	53.77 ± 3.80	89.48 ± 0.23	0.24	0.12
	OML	49.98 ± 4.65	89.53 ± 0.23		
	IOML	50.14 ± 5.76	89.42 ± 0.27		

3 Histogram 측정 결과

평균값은 SOML이 -781.5로 가장 높았고 각 기준선별로 ANOVA로 분석한 결과 유의확률은 통계적으로 유의하지 않았으며 Table 4와 같다.

각 기준별로 다중분석 한 결과 전체적으로 통계적으로 유의하지 않았으며 Table 5와 같다.

Table 4. Mean and statistical values of histograms by baselines (n=81)

Baseline	Mean±SD(HU)	p-value
SOML	-781.5 ± 145.5	0.855
OML	-791.0 ± 161.6	
IOML	-789.2 ± 158.6	

Table 5. Multiple analysis of histograms by baselines (n=81)

Baseline	p-value	
SOML	OML	0.930
	IOML	0.862
OML	SOML	0.930
	IOML	0.986
IOML	SOML	0.862
	OML	0.986

IV. DISCUSSION

수도권 소재 상급종합병원 6곳과 부산에 소재하고 있는 상급종합병원 1곳을 대상으로 Brain CT 검사 시 기준선을 조사한 결과는 다음과 같았다.

수도권의 A병원, B병원, C병원 등의 세곳은 IOML을 기준으로 하고, 검사 범위에 수정체를

포함시켜 검사하고 있었으며, 수도권외의 D병원과 E 병원, 부산의 F병원 등은 SOML을 기준선으로 하고 검사 범위에 수정체를 포함시키지 않고 검사하고 있었다. 마지막으로 수도권 G병원은 성인의 경우 기준은 따로 없으며, 소아의 경우에는 SOML을 기준선으로 하며 검사 범위에 수정체를 포함하지 않고 검사하고 있는 것으로 조사되어 병원별로 기준선을 다르게 적용하여 검사하고 있다는 것을 확인할 수 있었다.

또한, 김(2015)의 연구에서는 기준선으로 OML이나 IOML을 적용하여 검사할 경우 SOML을 적용하여 검사하는 것보다 선속경화현상에 의해 발생되어지는 인공물을 최소화시킬 수 있다고 하였으나^[11], 본 연구에서는 기준선으로 SOML을 적용하여도 선속경화현상이 주로 발생하는 Temporal bone이나 Occipital bone 부근에서의 CNR, SNR, Histogram이 OML이나 IOML을 기준선으로 적용한 경우와 비교하였을 때 통계적으로 유의한 차이가 없으므로 나타나 Brain CT의 기준선으로 수정체에 피폭이 가장 적은 SOML을 적용하여 검사하는 것이 바람직하다고 생각된다.

V. CONCLUSION

이번 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 도출하였다. Brain CT 검사 시 갱트리 각도를 SOML에 평행하게 검사를 한다면 수정체에 피폭을 최소화시킬 수 있으며, 선속경화현상에 대한 CNR과 SNR의 측정값이 통계적으로 유의한 차이가 없으므로 나타났다. 따라서, Brain CT 프로토콜을 적용함에 있어 SOML에 평행하게 검사하는 것이 더 효율적일 것으로 사료된다.

Reference

- [1] D. W. Kang, H. S. Kim, S. O. Park, *Textbook of Computed Tomography*, Daehak-Seorim Publishing co, pp. 7, 2010.
- [2] Y. H. Oh, "Problem with and Policy Agenda for Over Supply of Major Medical Equipments in Korea," Health and Welfare Forum, pp. 66-67, 2013.
- [3] KOSIS. Medical Equipment Status by Type. 2018.

- [4] ICRP. Managing Patient Dose in Computed Tomography. ICRP Publication 87. Ann ICRP. 2000.
- [5] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. New York: United Nations, Vol. 1, 2000.
- [6] H. S. Kim, J. H. Son, H. Y. Yeo, K. R. Dong, "An Assessment of the Usefulness of Aluminum Foil Shield to Reduce Eye Lens Radiation Dose in Computed Tomography," J. of Advanced Engineering and Technology, Vol. 6, No. 1, pp. 25-28, 2013.
- [7] Y. G. Park, S. E. Jung, "CT radiation dose and radiation reduction strategies," J Korean Med Assoc, Vol. 54, No. 12, pp. 1262-1268, 2011.
- [8] Fred A. Mettler, Walter Huda, Terry T. Yoshizumi, Mahadevappa Mahesh, "Effective doses in radiology and diagnostic nuclear medicine," Radiology, Vol. 248, No. 1, pp. 254-263, 2008.
- [9] D. C. Kwon, K. K. Kim, *Textbook of Computed Tomography*, Chung-ku Publishing co, pp. 19-22, 2009.
- [10] I. C. Lim, Y. S. Yu, J. S. Lee, "Measurement of Skin Dose for Rectal Cancer Patients in Radiotherapy using Optically Stimulated Luminescence Detectors (OSLDs)," Journal of Radiation Protection and Research, Vol. 36, No. 2, pp. 86-93, 2011.
- [11] H. J. Kim, "A study of beam hardening effect reduction occur in brain CT," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 16, No. 12, pp. 8479-8486, 2015.

두부 전산화단층촬영 시 기준선에 따른 수정체 선량과 화질 평가

김규형,¹ 김상현^{2,*}

¹명지병원 영상의학과

²신한대학교 방사선학과

요 약

본 연구는 특히 두부질환 환자에게 일반적으로 적용되는 두부 전산화단층촬영검사에서 기준선(안와상이공선, 안와이공선, 안와하이공선)에 따른 수정체의 피폭선량과 선속경화를 비교하였다. 수정체의 피폭선량은 OSLDs로 검출하였으며, 기준선에 따른 각 영상의 선속경화는 Image J 프로그램을 이용하여 정량적인 평가로 신호대잡음비, 대조도대잡음비 값을 측정하고, SPSS 프로그램을 이용하여 이를 검증하고자 하였다. 그 결과 안와상이공선을 기준선으로 사용한 경우 수정체의 선량은 안와하이공선을 기준선으로 사용하였을 때보다 120 kV 에서는 85.08%, 80 kV의 경우 79.7% 감소하였다. 두부 전산화단층촬영검사 시에 갠트리 각도를 안와상이공선에 평행하게 검사하였을 때 수정체의 피폭을 최소화시킬 수 있는 것으로 조사되었으며, 안와이공선이나 안와하이공선에 평행하게 검사한 영상과 비교하였을 때 신호대잡음비와 대조도대잡음비 모두 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 두부 전산화단층촬영검사 시 안와상이공선에 평행하게 검사하는 것이 더 효율적이라는 것을 본 연구를 통하여 확인할 수 있었다.

중심단어: 전산화단층촬영, 기준선, 선속경화, 수정체, 선량

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김규형	명지병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)	김상현	신한대학교 방사선학과	교수