

Changes in Image Quality and Dose according to Exposure Parameters of Brain CT

Seok yoon Choi,¹ In Chul Im^{2,*}

¹Department of Radiological Science, Catholic University of Pusan

²Department of Radiological Science, Dongeui University

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

ABSTRACT

Currently, the brain CT scan of the latest equipment lacks the study of parameter change and dose change and especially of noise, uniformity analysis and dose change. Therefore, this study attempted to study the phenomenon that occurs at this time by analyzing tube voltage, slice thickness, and pitch change in exposure parameters when using high specification CT. Experimental results show that uniformity is better when using high voltage, thick slice thickness selection, and minimum pitch. As a result of the combination, the most uniformity condition was 140 kVp, 10 mm and pitch 0.5. Noise was found to be improved regardless of pitch by increasing tube voltage and slice thickness. The radiation dose increased linearly with tube voltage and pitch. Therefore, the results of this study will serve as a reference for the use of High specification brain CT.

Keywords: Tube voltage, Slice thickness, Pitch, Uniformity

I . INTRODUCTION

두부 CT(computed tomography)의 경우 검사건수가 가장 많으며 이로 인해 피폭선량 또한 증가하게 된다. 두부 방사선 촬영검사서 환자 받는 선량은 흉부 방사선검사보다 10배 이상으로 측정된다고 보고되었다.^[1] 또한 전체적으로 의료방사선에 의한 피폭은 인위적인 방사선 피폭 중 가장 큰 비중을 차지하고 있으며^[2], 이에 따라 방사선에 의한 환자의 피폭감소를 위한 연구가 필요하다. 방사선 피폭의 확률적 영향에 대한 과학적인 근거는 50 mSv이하의 낮은 방사선 피폭에 의해서도 유방암, 결장암, 갑상샘암, 폐암의 발생 위험이 증가한다. CT검사가 임상적으로 광범위하게 쓰이고 몇 번의 CT검사로 50-150 mSv 의 방사선을 받을 수 있다. 따라서 두부 CT로 인한 방사선의 피폭을 최대한 줄이려는 노력이 필요하다.

국내에서 2010년 이후 최신 CT장비 도입으로 인한 두부 CT검사에 대한 노출 파라메타 및 선량과의 관계에 대한 연구는 매우 드물고 관련된 몇 종의 연구사례가 있다. 김^[3]의 연구에서는 다양한 노출 파라메타의 조절을 통해서 선속경화현상을 저감화 할 수 있는 노출조건을 제시하였다. 권^[4]의 연구에서는 관전류 변조기법에 따른 눈의 선량과 화질을 평가하였고, 최^[5]의 연구에서는 최저 관전압을 사용하고 화질을 개선하는 연구를 하였다. 현재 최신 장비의 두부 CT검사서 파라메타의 변화와 선량변화에 대한 연구가 부족하다. 특히 노이즈, 균일도 해석 및 선량변화에 대한 연구가 부족하다.

따라서 본 연구에서는 노출 파라메타 중 관전압, 슬라이스 두께, 피치변화에 대해 분석하고 이때 발생하는 현상에 대해서 연구하고자 하였다.

* Corresponding Author: Im In Chul

E-mail: icim@deu.ac.kr

Tel: +82-51-890-2678

II. MATERIAL AND METHODS

1. 연구대상

실험을 위한 장비로는 384채널 Dual-source CT(MSCT) system(SOMATOM Force, SIEMENS Healthcare, Germany)과 Water phantom calibration (AAPM CT performance, USA)을 사용하였다. CT 매개변수는 관전류량 250 mAs, 회전시간 1.0 sec, 관전압 80, 100, 120, 140 kVp, 슬라이스 두께 5 mm, 10 mm, Pitch는 0.5, 1, 1.5를 사용하였다.

2. 연구방법

2.1 영상의 획득과 팬텀사용

획득된 결과는 PACS(Picture Archiving Communication System, DEIT Version 14.3.27; KOR)를 이용하여 영상 상태를 확인하였다.

화질평가와 선량평가를 위해 물 팬텀(Water phantom calibration)을 helical 모드에서 스캔하였다. 두부 검사와 동일한 위치에 올려놓고 120 kVp, 42 mAs의 조건으로 획득한 scout영상을 Fig. 1에 나타내었다. 또한 각각의 노출 파라메타에 대한 영상을 획득하였으며 선량은 CT 장비에서 제시되는 CTDIvol값과 DLP값을 Fig. 2에 나타난 선량보고서 (Dose report)을 이용하였다.

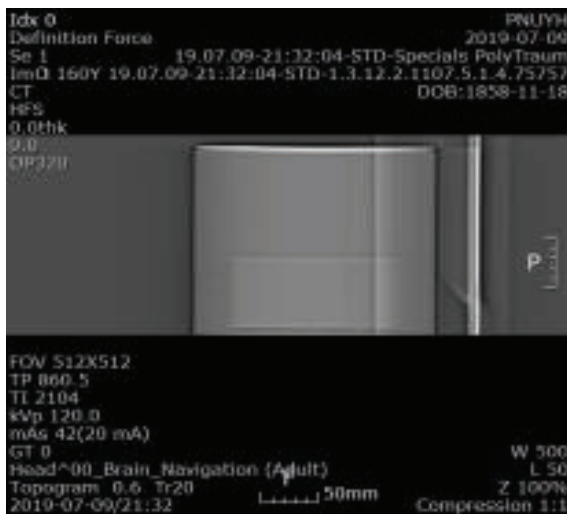


Fig. 1. Scout image obtained by checking the possibility of experiment.

Scan	kV	thk	ref	CTDIvol* mGy	DLP mAs/mGy	TI s	DI, mAs
10_180_1.5	18	100	250	23.528	188.2	1.8	8.8
10_120_0.5	28	120	250	37.578	268.8	1.8	8.3
10_120_1.0	27	120	250	37.798	388.7	1.8	8.4
10_120_1.5	23	120	250	37.838	388.8	1.8	8.3
10_140_0.5	23	140	250	53.308	284.8	1.8	8.3
10_140_1.0	24	140	250	53.508	268.8	1.8	8.6
10_140_1.5	25	140	250	53.578	418.8	1.8	8.8

FOV 512X512
TP 0.0
TI 0
kVp 0.0
mAs 0
GT 0
Head^00_Brain_Navigation (Adult) W 50
Patient Protocol L 200
2019-07-09/22:00 50gr Z 100%
2019-07-09/22:00 50gr Compression 1:1

Fig. 2. Dose report of CTDI, DLP for dose assessment.

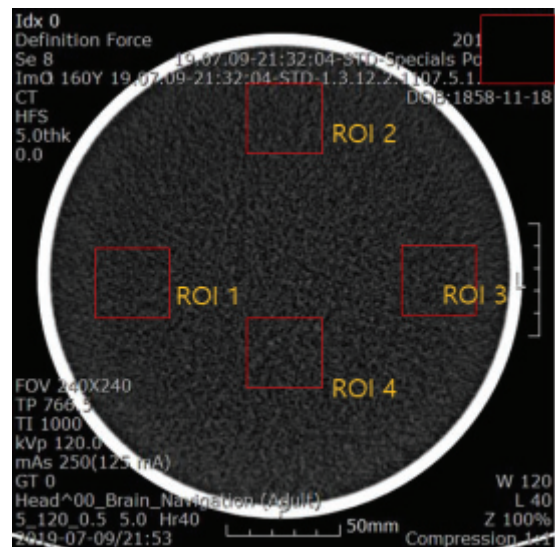


Fig. 3. Image for ROI measurement.

2.2 파라메타 변화에 따른 선량과 화질의 변화

관전압 변화에 따른 화질 및 선량의 변화를 알아보기 위하여 관전류량을 250 mAs로 고정하고 관전압 80, 100, 120, 140 kVp에 대해서 피치값 0.5, 1.0 1.5를 적용하였다. 피치값 증가에 따른 영상을 획득하기 위해 관전압을 20 kVp씩 증가하여 동일한 과정의 피치값 변화에 대한 영상을 획득하여 영상의 노이즈와 균일도를 측정하고 선량을 분석하였다. PACS에서 확인된 영상을 matlab을 이용하여 프로

그램을 제작하여 실험을 하였으며 기존 수동 측정 방법에 비해 재현성이 매우 우수한 특징이 있다고 할 수 있다. 화질 측정을 위해서 40x40 매트릭스의 사각형태 관심영역(Field of View, FOV)를 지정해서 분석할 구간을 정하였다. Fig 3은 팬텀영상에서 노이즈 측정을 위해서 하측 방향(ROI 4)⁶⁾을 기준으로 하여 픽셀값의 편차를 측정하였다. 다음으로 좌측(ROI 1), 우측(ROI 2), 상측(ROI 3) 3곳을 추가로 설정하여 픽셀값을 측정하고 균일도 계산에 이용하였다. 균일도는 하측 방향(ROI 4)의 픽셀값에 대한 각 방향의 픽셀값의 차로 계산된다. 각 파라메타 실험에서 5 슬라이스의 영상을 획득하였으며 그 중 3번째 슬라이스에 대해서 실험을 하였다.

III. RESULT

1. 균일도 측정 실험결과

균일도 측정결과 Fig 4에서 평균보다 매우 나쁜 실험 번호는 2, 3, 6, 12, 21, 24번으로 나타났다. 실험 번호 2번을 제외한 모든 곳에서 피치값이 1.5로 나타났다. 세 위치의 균일도 차이분석결과 모든 곳에서 좌측 균일도가 낮았고, 다음 상부, 우측 순으로 나타났다. 좌측 균일도는 Fig 5에서 매우 좋은(0.5이하)곳은 7, 10, 19, 20, 22번으로 나타났고, 이 중 20, 22번이 0.15이하로 우수하였다. 피치가 모두 0.5일 때(5개 실험) 우수하게 나타났다. 상단 균일도는 Fig 6에서 매우 좋은(0.5이하)곳은 1, 4, 5, 10, 13, 17, 20, 22번으로 나타났고, 이 중 1, 13, 20번이 0.15 이하로 매우 좋았다. 피치가 모두 0.5일 때(6개 실험)의 경우가 가장 많았다. 우측 균일도는 Fig 7에서 매우 좋은(0.5이하) 실험결과는 4, 7, 11, 12, 17, 22번으로 나타났고 이 중 12, 22번이 0.15이하로 매우 좋았다. 피치가 모두 0.5일 때(3개 실험)의 경우가 가장 많았다. 각 실험에 대해 좌측의 균일도가 다른 위치에 비해서 상대적으로 높게 나타났으며, 각 파라메타 중 피치값이 최소일 때 좋은 결과를 보였다. 모두 조합한 결과 균일도가 가장 조건은 140 kVp, 10 mm, pitch 0.5로 나타났다.

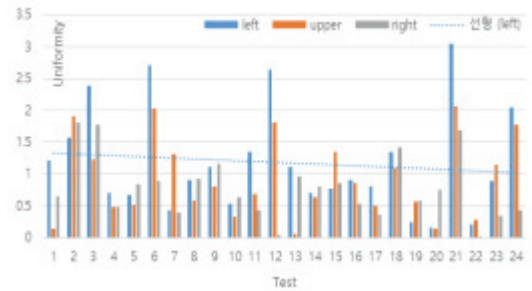


Fig. 4. Calculation of uniformity according to experimental parameter change.

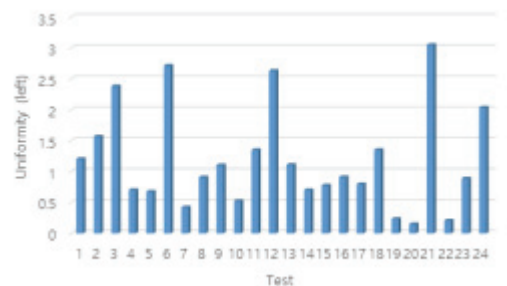


Fig. 5. Calculate left-side uniformity by changing experimental parameters.

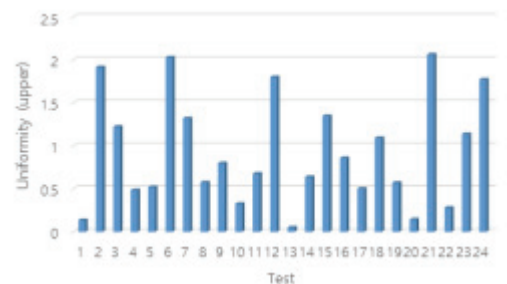


Fig. 6. Calculate upper-side uniformity by changing experimental parameters.

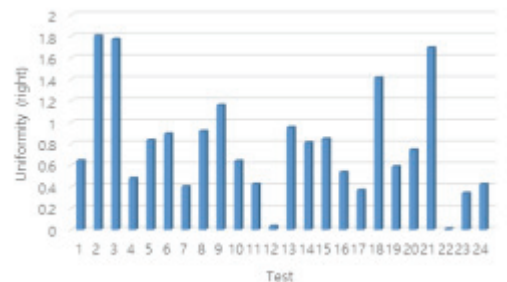


Fig. 7. Calculate right-side uniformity by changing experimental parameters.

2. 노이즈 측정 실험결과

Table 1. Noise measurement results for various parameter experiments.

Test No.	slice thickness	kVp	pitch	Noise ROI
1	5	80	0.5	12.82
2	5	80	1	15.02
3	5	80	1.5	14.91
4	5	100	0.5	9.37
5	5	100	1	9.48
6	5	100	1.5	10.40
7	5	120	0.5	7.82
8	5	120	1	8.30
9	5	120	1.5	7.51
10	5	140	0.5	6.35
11	5	140	1	6.00
12	5	140	1.5	6.79
13	10	80	0.5	9.55
14	10	80	1	11.01
15	10	80	1.5	10.00
16	10	100	0.5	7.10
17	10	100	1	6.91
18	10	100	1.5	7.48
19	10	120	0.5	5.35
20	10	120	1	5.31
21	10	120	1.5	5.73
22	10	140	0.5	4.75
23	10	140	1	5.07
24	10	140	1.5	4.56

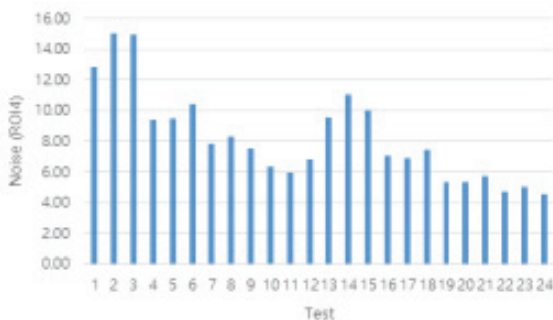


Fig. 8. Change of the noise according to the experimental parameters change(Variation of ROI area pixels).

Table 1과 Fig 8은 ROI 4 지역의 데이터를 노이즈 계산에 사용하였다. 실험 2번(5 mm, 80 kVp, 1

pitch)과 3번(5 mm, 80 kVp, 1.5 pitch)에서 노이즈가 매우 크게(14이상) 나타났다. 다음 실험 이후 노이즈가 점차 감소하다가 13, 14, 15번에서 다시 상승하였다. 해당 실험의 특징은 관전압 80 kVp일 때 두께가 10 mm로 증가시켰을 때이다. 노이즈가 가장 좋은 구간은 실험 22~24번 구간이었다. 해당 실험의 특징은 관전압 140 kVp에서 슬라이스 두께를 10 mm 피치 0.5~1.5로 조절했을 때였다. 관전압을 높이고 두께를 높이면 피치에 관계없이 노이즈는 개선되는 것을 알 수 있었다.

3. 선량 측정 실험결과

Table 2. Dose measurement results for various parameter experiments.

Test No.	slice thickness	kVp	pitch	CTDI _{Vol}	DLP
1	5	80	0.5	11.86	63.4
2	5	80	1	11.91	81.7
3	5	80	1.5	11.93	91.4
4	5	100	0.5	23.39	125
5	5	100	1	23.48	161.1
6	5	100	1.5	23.52	180.3
7	5	120	0.5	37.57	200
8	5	120	1	37.73	258
9	5	120	1.5	37.78	289
10	5	140	0.5	53.28	284
11	5	140	1	53.5	366
12	5	140	1.5	53.57	410
13	10	80	0.5	11.86	63.4
14	10	80	1	11.91	81.7
15	10	80	1.5	11.93	91.4
16	10	100	0.5	23.39	125
17	10	100	1	23.48	161
18	10	100	1.5	23.52	180.2
19	10	120	0.5	37.52	200.9
20	10	120	1	37.73	258.7
21	10	120	1.5	37.78	289.5
22	10	140	0.5	53.28	284.8
23	10	140	1	53.5	366.8
24	10	140	1.5	53.57	410.6

Table 2는 선량 측정결과를 피폭 볼륨 범위를 나타내는 DLP값을 기준으로 분석하였다. 실험 1번(63.4 mGy·cm)과 13번(63.4 mGy·cm)이 선량이 가장 낮았고 1~12번까지와 실험 13~24번까지 선량이 계속 증가하였다. 선량이 최고인 실험은 12번(410 mGy·cm)과 24번(410.6 mGy·cm)으로 나타났다. 실험결과 슬라이스 두께의 변화에 따른 선량의 변화는 거의 없고 관전압과 피치의 증가에 따른 선량의 변화가 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다.

IV. DISCUSSION

미국에서 발생한 암의 1.5-2.0%는 CT에 의한 원인으로 분석되었고 일반적으로 결정적 영향이 나타날 수 있는 역치는 방사선피폭이 100 mGy를 초과할 때로 간주되고, 결정적인 효과에 의한 방사선 손상은 일어나기 어렵다고 알려져 있으나 미국에서 뇌관류 CT(brain perfusion CT)검사를 시행한 수십 명의 환자에서 정상적인 경우보다 최대 8배의 방사선이 노출된 것이 원인인 것으로 알려졌다. CT에 의한 방사선 위해 중 결정적 영향 역시 무시할 수 없는 것으로 인식이 바뀌고 있다.^[7] 확률적 영향에 의한 방사선 위해는 좀 더 심각한 문제를 야기할 수 있는데, 이는 방사선 피폭이 암 발생의 원인이 될 수 있기 때문이다. 방사선에 의한 암 발생의 기전은 적은 양의 CT에 의한 저 선량의 방사선에서도 심각한 문제를 일으킬 수 있다. 따라서 CT로 인한 방사선의 피폭을 최대한 줄이려는 노력이 필요하다. CT검사에서의 방사선에 의한 환자 피폭을 감소시킬 수 있는 방법으로는 관전압과 관전류, 피치 등의 방법들이 소개되었고, 비교적 일찍부터 관심을 가져온 흉부 CT검사에서는 노출선량(mAs)을 감소시키는 방법이 주로 사용되어 왔다. 특히 흉부 CT에서 화질(image quality)은 여러 가지 요인들과 관련이 있는데 그 중에서도 선량은 화질과 유의한 양의 관련성을 보이는 것으로 알려져 있다. 하지만 질병 진단의 민감도를 높이기 위한 선량 증가는 환자의 피폭도 증가시키기 때문에 화질을 고려해서 노출 선량이 적정하게 이루어질 필요가 있다.^[7] CT 검사에서 피폭 저감화를 위해서 CT검사가 꼭 필요한 경우만 검사를 시행하는 것과 최적의 프로토콜을 사용하는 것이다. 본 연구에서는 균일도와 노이즈

분석을 하였다. 본 실험을 통해서 균일도와 노이즈분석에서 각 실험 파라메타 조합에 따른 결과는 차이가 있는 것으로 나타났고 두부 CT 사용 시 화질과 선량을 고려 시 참고할 데이터를 완성하였다.

V. CONCLUSION

본 연구에서는 노출 파라메타 중 관전압, 슬라이스 두께, 피치변화 조합에 따른 화질변화와 선량변화 현상에 대해서 분석한 결과, 균일도는 고관전압, 두꺼운 슬라이스 선택 및 최저 피치를 사용할 때 균일도가 좋음을 알 수 있었다. 노이즈는 관전압과 슬라이스 두께를 높이면 피치에 관계없이 개선되는 것을 알 수 있었고, 선량은 관전압과 피치의 증가에 따라 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다. 본 연구결과는 고 사양의 두부 CT 사용 시 참고자료가 될 것이다.

Reference

- [1] C. H Lee, C. S. Lim, "A study on Added Filters for Reduction of Radiation Exposure Dose in Skull A-P Projection," Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 12, No. 7, pp. 3117-3122, 2011.
- [2] H. L. Lee et al, "The Effect of a Thyroid Shield Made of a Tissue-Equivalent Material on the Reduction of the Thyroid Exposure Dose in Panoramic Radiography," Journal of Korean Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 13, No. 5, pp. 2278-2284, 2012.
- [3] H. J. Kim, "Usefulness Evaluation of Application of Metallic Algorithm Reducing for Beam Hardening Artifact Occur in Typical Brain CT Image," Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 11, No. 1, pp. 389~395, 2017.
- [4] S. M. Kwon, J. S. Kim, "The Evaluation of Eye Dose and Image Quality According to The New Tube Current Modulation and shielding Techniques in Brain CT," Journal of the Korean Society of Radiology, Vol. 9, No. 5, pp. 279-285, 2015.
- [5] S. Y. Choi, "Noise Reduction on Low Tube Voltage CT Images," Journal of the Korean Society of

Radiology, Vol. 11, No. 1, pp. 63-68, 2017.

- [6] *TEXTBOOK of Computed Tomography(Fourth edition)*, Chung Ku Publisher, p.470, 2017.
- [7] W. J. Lee, B. S. Ahn, Y. S. Park, "Radiation Dose and Image Quality of Low-dose Protocol in Chest CT: Comparison of Standard-dose Protocol," *Journal of Radiation Protection*, Vol. 37, No. 2, pp. 84-89, 2012.

두부 CT의 노출 파라메타에 따른 화질과 선량의 변화

최석윤,¹ 임인철^{2,*}

¹부산가톨릭대학교 방사선학과

²동의대학교 방사선학과

요 약

현재 최신 장비의 두부 CT검사에서 파라메타의 변화와 선량변화에 대한 연구가 부족하고 특히 노이즈, 균일도 해석 및 선량변화에 대한 연구가 부족하다고 생각된다. 따라서 높은 사양 두부 CT 사용 시 노출 파라메타 중 관전압, 슬라이스 두께, 피치변화에 대해 분석하여 이때 발생하는 현상에 대해서 연구하고자 하였다. 실험을 통해서 균일도는 고관전압과 두꺼운 슬라이스 선택 및 최저 피치를 사용할 때 균일도가 좋을 수 있었다. 모두 조합한 결과 균일도가 가장 조건은 140 kVp, 10 mm, pitch 0.5로 나타났다. 노이즈는 관전압과 슬라이스 두께를 높이면 피치에 관계없이 개선되는 것을 알 수 있었고, 선량은 관전압과 피치의 증가에 따라 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구결과는 고 사양의 두부 CT 사용에서 참고자료가 될 것이다.

중심단어: 관전압, 슬라이스 두께, 피치, 균일도

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	최석윤	부산가톨릭대학교 방사선학과	교수
(교신저자)	임인철	동의대학교 방사선학과	교수