

<원저>

Size Specific Dose Estimates(SSDE)측정 위치에 따른 피폭선량 평가*
- Dose Assessment in Accordance with the Measured Position of Size Specific Dose Estimates -¹⁾원광보건대학교 방사선학과·²⁾고려대학교 보건과학연구소³⁾인제대학교 일산백병원 방사선과·⁴⁾고려대학교 방사선학과김정수¹⁾²⁾·홍성환³⁾·김정민⁴⁾

— 국문초록 —

본 연구에서는 소아 CT검사에서 환자의 크기를 고려한 보정을 위해 검상돌기부위, 장골능부위, 대퇴골두가 처음으로 보이는 부위의 스캔영상과 전체 스캔영역의 중간 부위에서 산정된 크기보정선량을 비교하였다. 각 위치에서 측정된 size specific dose estimates(SSDE)와 $CTDI_{vol}$ 값의 평균오차는 스캔영역 중간에서 산정한 보정선량 값에서 107.63%로 가장 큰 차이를 보였으며 검상돌기 영역에서 산정한 평균오차는 92.91%로 가장 작은 차이를 보였다. 또한 스캔영역의 중간 부위에서 산정한 SSDE와 골반의 장골능 부위에서 산정한 SSDE의 오차는 최대 7.48%의 오차를 나타냈고, 검상돌기 부위에서 산정한 SSDE와는 17.81%, 대퇴골두 부위와는 14.04%의 차이를 나타냈다. 이와 같이 SSDE는 산정부위에 따라 상당한 오차를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 따라서 임상에서 SSDE의 산정을 위해서는 환자의 신체적 형태를 파악하고 각 부위에서 SSDE를 산정하여 최대값을 사용하는 것이 방사선 방어의 입장에서 옳을 것으로 생각된다.

중심 단어: 단층촬영 선량지표, 크기보정, 방사선피폭, 소아단층촬영

I. 서 론

CT는 의료방사선 영역에서 가장 많은 선량을 부여하는 검사로 의료방사선의 활용에서 암을 일으키는 위험 요소로 평가된다. 2006년 미국의 조사에서 CT 검사 건수는 1980년대에 비하여 600% 이상 증가하였다¹⁾. 의료방사선의 활용은 최근 10~15년 사이에 급격히 증가하였으며 미국의 사례에서 총인구가 받는 방사선 피폭의 50%에 가까워지고 있다. 그 중 절반에 가까운 피폭은 CT에서 기인한 것이다²⁾. CT에서 환자에게 조사되는 방사선량은 CT장비에서 $CTDI_{vol}$ 이나 길이선량곱(dose length product; DLP)로 표시한다^{3),4)}. 이 정보는 CT장비의 콘솔에서 CT 검사가 이루어지기 전에

확인할 수 있다. $CTDI_{vol}$ 은 두부와 체부용 아크릴 실린더로 직경이 16 cm인 것과 32 cm으로 구분되며 16 cm은 두부 검사용이고 32 cm 체부 검사용으로 사용된다. 소아 CT 검사의 경우 직경 16 cm 두부 팬텀을 사용하여 측정하며 두 팬텀 모두 길이는 15 cm이다. $CTDI_{vol}$ 은 연속된 X선관의 회전에서 X선 빔 사이의 간격이나 중첩을 고려한 선량으로 알고 있는 $CTDI_w$ 를 사용해서 구해지며 $CTDI_w$ 는 관심영역의 횡단면에서 평균 $CTDI$ 값으로 $CTDI$ 팬텀에서 중심부 측정값의 1/3과 가장자리 측정값의 2/3과 합과 같다⁵⁾. $CTDI_w$ 는 특정한 kVp와 mAs에서 CT 장치의 출력 값으로 CT장치의 방사선 출력 값의 지표가 된다. DLP는 $CTDI_{vol}$ 에 스캔 길이를 곱한 값으로 스캔이 완료 되었을 때 흡수되는 전체 에너지를 받

* 이 논문은 2015년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행됨
교신저자: 김정수 (54538) 전북 익산시 익산대로 514

원광보건대학교 방사선학과 Tel: 063-840-1238 / E-mail: rtkjs@wu.ac.kr
접수일(2015년 11월 01일), 1차 심사일(2015년 11월 10일), 2차 심사일(2015년 12월 09일), 확정일(2015년 12월 16일)

영하여 스캔 프로토콜에 주어진 에너지를 표시하는데 더욱 적절한 값이다. 임상에서 사용하는 CT의 유효선량 계산은 일반적으로 DLP 값에 국제방사선방어위원회(International Commission on Radiological Protection ; ICRP)에서 권고하는 가중치를 곱해 나타낸다^(6),7),8). 하지만 이 유효선량 값에는 환자의 사이즈에 대한 고려가 포함되어 있지 않다. CT의 선량을 추정하는 간접적인 방법으로 $CTDI_{vol}$ 와 DLP가 사용되고 있으나 여기에도 환자의 크기에 따른 선량의 변화를 반영하지 못한다. 2013년 미국 의학물리학회에서는 이를 보정하기 위해 AAPM Repore No204에서 Size-specific dose estimates(SSDE)에 대한 보정 계수를 사용하여 환자의 크기에 따른 보정을 할 것을 권고하였다. SSDE의 산정은 전후방향의 길이를 이용하는 보정계수법, 측방향의 길이를 이용하는 보정계수법, 전후방향과 측방향의 합을 이용하는 보정계수법, 유효길이를 이용하는 보정계수법, 연령에 따른 보정 계수법을 이용하는 방법이 있다⁹⁾. 본 연구에서는 AAPM Report No204에 따라 SSDE를 산정하는 과정에서 각 보정계수를 산정하는 위치에 따른 SSDE의 차이를 평가하였다.

II. 대상 및 방법

2014년 05월부터 2014년 07월까지 경기도 소재 한 대학 병원에서 시행된 71명의 환자를 대상으로 전체 71건의 소아 복부 골반 CT 검사에 사용된 영상을 이용하여 SSDE를 산정하였다. 남자 36명 여자가 35명의 분포로 평균 연령은 7.83세이며 1세부터 14세에 분포하였다. 연령에 대한 빈도 분포는 Figure. 1과 같다.

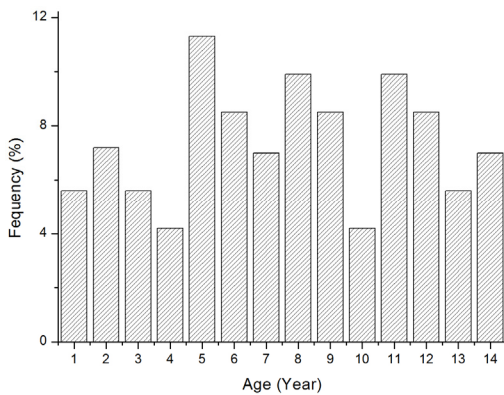


Figure 1 Age distribution of patient

CT 영상의 길이 측정은 마로시스(인피니트 헬스케어, 대

한민국)의 의료영상전송저장 시스템에서 제공하는 DICOM 영상 길이 측정 기능을 이용하였으며 검상돌기 위치, 전체 스캔영역 중 중간영역의 위치, 골반의 장골극 위치, 대퇴골두의 시작 위치에서의 전후방향, 측방향 길이를 측정하여 유효면적을 산정하였다. 유효면적 A의 산정은 다음과 같은 식을 사용하였다. 유효면적의 Figure 2과 같다⁹⁾.

$$r_1 = \frac{Lat\ dimension}{2}$$

$$r_2 = \frac{AP\ dimension}{2}$$

$$A = \pi r_1 r_2$$

A = the area of axial image

$$effective\ diameter = 2\sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

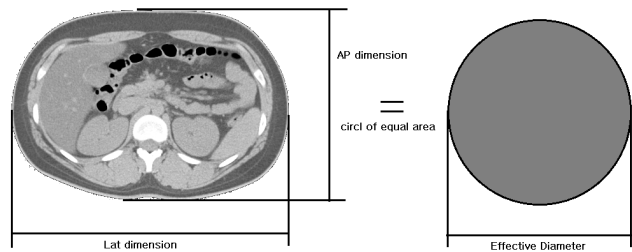


Figure 2 This figure was showed the anterior posterior and lateral dimension, effective diameter

$CTDI_{vol}$ 은 CT검사를 모두 종료한 이후에 생성되는 선량 보고서에 표시되는 값을 이용하였고 $CTDI_{vol}$ 과 유효면적을 이용하여 각 변환계수에 따른 SSDE를 산정하였다. SSDE의 계산은 $CTDI_{vol}$ 은 32 cm 두부 팬텀을 이용해 CT장비에서 산정된 값과 AAPM report No204에서 제공하는 변환 계수를 이용하여 사용하였다. SSDE의 산정 식은 다음과 같다.9)

$$size\ specific\ dose\ estimate = SSDE = f_{size}^{32X} \times CTDI_{vol}^{32}$$

통계분석은 SPSS Version 22(IBM Corp, US)을 이용하여 빈도분석과 상관분석, 이변량 상관분석을 시행하였다.

III. 결과

전체 환자의 $CTDI_{vol}$ 값에 대한 평균값은 5.53 mGy이고 최소값은 0.70 mGy, 최대값은 14.40 mGy를 나타냈으며, 검상돌기 부위 스캔에서 산정한 SSDE값의 최대값은 26.50

mGy 나타냈고 최소값은 1.86 mGy를 나타냈다. 전체 스캔 영역 중간에 해당하는 영상에서 측정된 유효면적을 이용한 SSDE 값은 최대 30.82 mGy에서 최소 2.00 mGy까지 나타났고 골반의 장골능 부위 스캔영상을 이용한 SSDE값은 최대 30.82 mGy에서 최소 1.93 mGy로 나타냈다. 또한 대퇴골두의 시작 부분 스캔 영상을 이용한 SSDE에서는 최대 27.50 mGy에서 1.93 mGy까지 나타냈다. CTDI_{vol} 값과 각각의 측정위치에 따른 SSDE의 오차율은 스캔영역 중간 영상에서 얻은 SSDE에서 최대 183% 최소 48%의 오차 범위에 분포하였고, 검사돌기 부위에서 산정한 SSDE의 경우 CTDI_{vol}값과 최대 166%, 최소 48%의 차이를 나타내었다. 장골능 부위에서 측정된 SSDE는 최대 176%, 최소 59%의 차이를 나타냈고, 대퇴골두가 나타나기 시작하는 영역에서 산정한 SSDE는 최대 176%에서 최소 53%의 사이에서 분포하였다. 각 부위에서 산정한 SSDE의 환자별 오차는 Figure 3과 같다. 각 부위의 SSDE 값의 표준편차는 장골능 부위에서 4.96, 검사돌기 부위에서 4.48, 스캔영역 중간에서 5.03, 대퇴골두 부위에서 4.52 를 나타냈다.

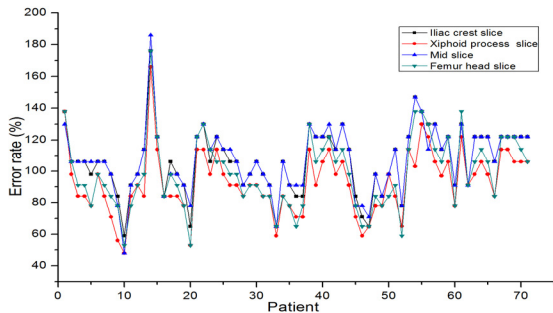


Figure 3 This figure was showed error rate of each localizer between CTDI_{vol} by each patient

각 위치에서 측정된 SSDE와 CTDI_{vol} 값의 평균오차는 스캔영역 중간에서 산정한 SSDE에서 107.63%로 가장 큰 차이를 보였으며 검사돌기 영역에서 산정한 평균오차는 92.91%로 가장 작은 차이를 보였다. 각 산정 부위에 대한 오차 값의 통계 결과는 Figure 4과 같다. CTDI_{vol} 값을 기준으로 한 상관관계 분석에서 스캔영역의 중앙에서 산정한 SSDE는 0.530의 음의 상관관계를 보였고, 검사돌기 부위에서 산정한 SSDE는 0.576의 음의 상관관계를 보였으며 장골능 부위에서 산정한 SSDE는 0.542의 음의 상관관계를 보였고, 대퇴골두가 보이기 시작하는 부위에서는 0.599로 가장 높은 음의 상관계수를 나타냈다. 모든 상관계수의 유의확률은 0.01보다 작은 값을 나타내어 양쪽으로 유의하였다. CTDI_{vol} 값과 각 부위에서 산정한 SSDE값의 이변량 상관분

석결과 검사돌기 부위 SSDE와의 pearson 상관계수는 0.976($p=0.01$), 대퇴골두 부위는 0.971($p=0.01$), 장골능 부위 0.976($p=0.01$), 스캔영역 중간 부위 0.954($p=0.01$)로 유의한 상관관계를 보였고, 나이와의 pearson 상관계수는 0.634($p=0.01$)로 유의한 상관관계를 가졌으나 성별과의 상관계수는 0.01($p=0.010$ 에서 유의하지 않은 것으로 나타났다.

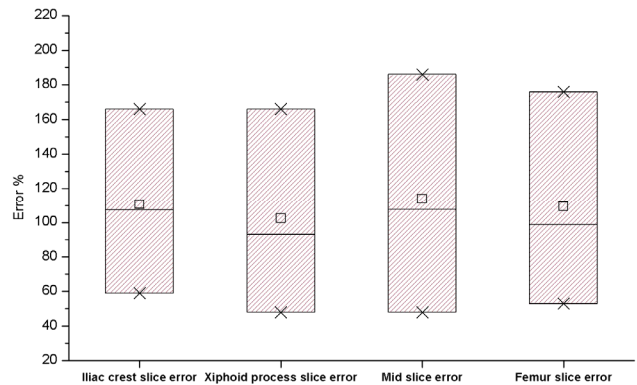


Figure 4 This figure was showed min error value, max error value and average error value of each localizer

IV. 고찰 및 결론

미국의학물리학회에서는 2011년에 AAPM Report No204 번을 통해 CT환자의 피폭선량 표시에 환자의 크기에 대해 보정할 것을 권고하였다. 하지만 국내의 경우 임상에서 SSDE를 고려한 선량 값을 기록하는 곳은 흔치 않다. 특히 소아 환자에서 동일한 나이라 하더라도 신체의 크기가 상당한 차이를 보이므로 방사선의 효과가 다르게 미친다. 따라서 SSDE에 대한 보정은 정확한 환자의 피폭량을 산정하는데 필수적이라 할 수 있다. 본 연구의 결과에서 스캔영역의 중간 위치와 스캔영역의 가장자리 부위에 속하는 검사돌기 위치와 골반의 장골능 위치, 대퇴골두의 시작 위치 측정된 SSDE는 다소 차이가 있었으나 스캔영역의 중간 위치에서 산정한 SSDE가 가장 크게 산정되는 것을 확인하였다. 스캔영역의 중간 부위에서 산정한 SSDE와 CTDI_{vol}이 가장 큰 차이를 보이는 것은 소아의 복부 체형이 타원 형태로 타원의 중앙 부위가 복부에 영역으로 스캔영역의 중간에 위치하기 때문이라 사료된다. SSDE의 표준편차에서 스캔영역 중간의 표준편차가 가장 높게 나타난 것은 스캔영역 중간의 크기가 가장 변동이 심하다는 것으로 환자의 신체 구조에 따라 스캔영역의 가장자리 보다 변동이 크다는 것을 확인할 수 있다. 또한 연령에 따라 각 부위의 SSDE값과의 상관분

석에서 모든 부위에서의 $CTDVI_{vol}$ 과 높은 상관관계를 가졌으나 스캔 중앙의 상관계수가 가장 낮은 것은 복부부위의 형태 변화가 다른 부위에 비해 크다는 것을 의미한다.

스캔영역의 중간 부위에서 산정한 SSDE를 기준으로 장골능 부위에서 산정한 SSDE의 오차는 최대 7.48%, 김상돌기 위치에서 산정한 SSDE와는 17.81%, 대퇴골두 위치에서 산정한 SSDE와는 14.04%의 차이를 나타냈다. 이와 같이 SSDE의 산정에서 산정부위에 따라 상당한 오차를 나타내는 것을 확인할 수 있다.

AAPM report No204에서는 SSDE의 산정부위로 스캔 길이의 중간 영역을 선택할 것을 권고하고 있다¹⁰⁾. 실제 임상에서 환자의 사이즈는 환자의 신체적 특성이나 질병의 상태에 따라 다르게 표현될 수 있다. 따라서 임상에서 SSDE의 산정을 위해서는 환자의 신체적 형태를 파악하고 각 부위에서 SSDE를 산정하여 최대값을 사용하는 것이 적당할 것으로 사료된다. 특히 방사선 방어의 입장에서 낮게 평가된 값을 사용하는 것 보다 높게 산정된 값을 사용하는 것이 방사선으로 인한 확률적 상해를 예방하기 위해 더욱 효과적인 일 것이다. 이와 더불어 임상적 CT 검사에서 환자에 대한 방사선 피폭의 지표로 $CTDI_{vol}$ 보다는 환자의 크기를 고려하는 유의한 지표로 사용되는 SSDE를 기록하는 노력이 수반되어야 할 것이다.

참고문헌

1. James A. Brink, Richard L. Morin, Size-specific Dose Estimation for CT: How Should It Be Used and What Does It Mean? *Radiology*, 265, 666-668, 2012
2. NCRP Report No. 160: National Council on Radiation Protection and Measurements, Ionizing radiation exposure of the population of the United States, Bethesda, National Council on Radiation Protection and Measurements, 2009
3. Thomas B. Shope, Robert M. Gagne, Gordon C. Johnson.: A method for describing the doses delivered by transmission x-ray computed tomography. *Med Phys.* 6, 488, 1981
4. Robert L. Dixon.: A new look at CT dose measurement: Beyond CTDI. *Med Phys.* 30, 1272, 2003
5. W. Leitz, B. Axelsson, G. Szendr .: Computed Tomography Dose Assessment - A Practical Approach. *Radiat Prot Dosimetry.* 57(1-4): 377-380, 1995
6. Karen E. Thomas, Bo Wang.: Age-specific effective doses for pediatric MSCT examinations at a large children's hospital using DLP conversion coefficients: a simple estimation method. *Pediatr Radiol.* 38:645-656, 2008
7. Jodie A. Christner, James M. Kofler, Cynthia H. McCollough.: Estimating Effective Dose for CT Using Dose-Length Product Compared With Using Organ Doses: Consequences of Adopting International Commission on Radiological Protection Publication 103 or Dual-Energy Scanning. *AJR* 194:881-884, 2010
8. K.A. Jessena, P.C. Shrimptonb, J. Geleijnsc, W. Panzerd, G. Tosi.: Dosimetry for optimisation of patient protection in computed tomography. *Applied Radiation and Isotopes* 50, 165-172, 1999
9. AAPM report No204: American Association of Physicists in Medicine, Size-Specific dose estimates in pediatric and adult body CT examinations. 2011
10. Pourjabbar, S., Singh, S., Padole, A et al.: Size-specific dose estimates: Localizer or transverse abdominal computed tomography images?. *World journal of radiology* 6.5, 210, 2014

•Abstract

Dose Assessment in Accordance with the Measured Position of Size Specific Dose Estimates

Jung-Su Kim¹⁾²⁾·Sung-Wan Hong³⁾·Jung-Min Kim⁴⁾

¹⁾*Department of Radio-technology, Health Welfare, Wonkwang Health Science University*

²⁾*The Institute of Health Science Research, Korea University*

³⁾*Department of Radiology, Inje University Ilsan Paik Hospital*

⁴⁾*Department of Radiological Science, Korea University*

This study investigated the size specific dose estimates of difference localizer on pediatric CT image. Seventy one cases of pediatric abdomen-pelvic CT (M:F=36:35) were included in this study. Anterior-posterior and lateral diameters were measured in axial CT images. Conversion factors from American Association of Physicists in Medicine (AAPM) report 204 were obtained for effective diameter to determine size specific dose estimate (SSDE) from the CT dose index volume (CTDIvol) recorded from the dose reports. For the localizer of mid-slice SSDE was 107.63% higher than CTDIvol and that of xiphoid-process slices SSDE was higher than 92.91%. The maximum error of iliac crest slices, xiphoid process slices and femur head slices between mid-slices were 7.48%, 17.81% and 14.04%. In conclusion, despite the SSDE of difference localizer has large number of errors, SSDE should be regarded as the primary evaluation tool of the patient radiation in pediatric CT for evaluation.

Key Words : CT dose index, Size estimated, Radiation exposure, Pediatric CT