

<원저>

Whole Spine Scanography의 검사방향에 따른 환자 선량 평가

- Patient Radiation Exposure Dose Evaluation of Whole Spine Scanography Due to Exposure Direction-

1) 고려대학교 대학원 바이오융합공학과

2) 원광보건대학교 방사선학과

3) 대구보건대학교 방사선학과

4) 고려대학교 보건과학대학 방사선학과

김정수¹⁾²⁾ · 서덕남¹⁾ · 권순무³⁾ · 김정민⁴⁾

— 국문초록 —

Whole spine scanography(WSS)는 전신에 X선을 조사하는 검사로 치료기간 동안 빈번한 X선 조사가 이루어지는 검사이다. 일반촬영 분야에서는 많은 X선이 전신에 조사되는 검사이다. 따라서 논문에서는 Auto image pasta 기법의 디지털 WSS 검사에서 환자의 검사방향에 따른 유효선량과 장기선량을 전산모사를 통하여 평가하였고, 영상에서 척추의 확대도와 각도의 변화를 평가하였다. 전후면 자세에서의 평균 유효선량은 0.069 mSv였고, 후전면 자세에서 평균 유효선량은 0.0361 mSv로 약 2배의 차이를 보였다. 전후면 자세에서 남성의 평균 유효선량은 0.089 mSv, 여성에 대한 평균 유효선량은 0.431 mSv로 나타났고, 후전면 자세에서 남성의 평균 유효선량은 0.050 mSv, 여성에서는 0.026 mSv로 나타났다. 확대율에서는 후전면 자세에서 전후면 자세에 비해 5%정도 확대 되었으나 각도에는 큰 변화를 보이지 않았다. 따라서 임상 환경에서 동일한 검사조건에서 환자의 자세를 변화시키는 것 만으로도 환자의 피폭선량을 감소시킬 수 있음을 확인하였다. 특히 WSS와 같이 치료기간 동안 반복되는 검사에서 환자의 피폭선량 최적화를 위하여 검사 프로토콜의 재정립이 필요함을 확인하였다.

중심 단어: 전신척추촬영, 유효선량, 환자선량, 조사방향, 최적화

I. 서 론

Whole spine scanography(WSS)는 관상면과 시상면에서 척추의 전후방향과 측면방향 굴곡을 진단하는 검사이다. 19세기에는 척추측만증의 진단을 위해 scoliosimeter를 주로 활용했다¹⁾. 이후 임상에서는 X선을 이용한 whole spine scenography를 이용하여 척추측만증의 진단과 추적 관찰을 시행해 왔다. WSS X선 검사는 척추측만증의 진단과 치료에 있어 사전 진단에서부터 추적 관찰에 이르기까지 여러

단계에서 사용되고 있다. 환자는 척추측만증을 치료하는 과정에서 수차례에 걸쳐 WSS를 검사하게 된다. 치료 경과에 따라 3년간 척추측만증의 진단과 치료를 하는 과정에서 순차적으로 22회의 방사선 검사가 이루어지기도 한다²⁾. WSS는 전신에 X선을 조사하는 검사로 치료기간 동안 자주 반복되는 검사로 다른 일반촬영 X선검사 보다 환자에 대한 방사선 피폭이 많은 검사이다³⁾. 뿐만 아니라 척추측만증의 진단을 받기 위해 WSS검사를 시행하는 환자의 상당수는 방사선의 민감도가 높은 소아나 청년층의 환자이다^{4,5)}.

교신저자: 김정민 (136-713) 서울특별시 성북구 안암동5가 고려대학교 안암캠퍼스 하나과학과 656호

고려대학교 보건과학대학 방사선학과 방사선보건안전 연구실. Tel: 02-940-2824 / E-mail: minbogun@korea.ac.kr

접수일(2015년 01월 29일), 심사일(2015년 02월 11일), 확정일(2015년 03월 16일)

임상에서 이루어지고 있는 WSS의 검사는 환자가 image receptor(IR) 앞에 위치한 전후면 자세(AP position)에서 검사를 시행하여 척추 굴곡의 형태를 검사한다. 본 연구에서는 임상에서 사용하는 WSS의 검사에서 환자의 검사자세에 대한 유효선량과 장기선량을 평가하여 환자의 피폭선량을 최소화하기 위한 검사방법을 제안하고자 한다.

II. 실험방법

1. 척추측만증 검사

2012년 11월부터 2013년 1월 사이 서울 소재 C병원을 내원한 23명의 digital WSS환자의 영상을 분석하여 환자에 조사된 유효선량과 장기선량을 분석 하였다. 환자의 구성은 남자가 13명, 여자가 10명으로 평균 52.96세이고 대상으로 하였다. 환자에 대한 자료는 표 1과 같다.

모든 척추측만증 환자의 영상은 Definium 6000 digital radiography system (GE Medical Systems, Milwaukee, US)를 사용하여 획득 하였다. WSS 검사는 환자의 1번 경추에서 꼬리뼈까지 모든 척추가 포함되도록 검사를 시행하였다. 이 장치는 41 cm × 41 cm의 amorphous nontiled silicon photodiode와 thin film transistor array (2048×2048 pixels and 0.2-mm pixel pitch)로 구성된 cesium iodide scinillator를 사용하였다⁶⁾. 전후면 자세에서는 80kVp 관전압에 auto exposure control 모드를 사용하였다. 사용된 X선 타겟의 각도는 12.5도이고 양극의 회전속도는 10800 rpm, 유효초점의 크기는 0.6 mm/ 1.25 mm이다. 고유여과 필터는 부가여과 0.8 mm Al equivalent, 고유여과 0.3 mm Al equivalent이다. 검사는 경추의 1번 높이에서부터 골반 아래가 모두 포함되도록 하였고 환자의 신장에 따라 IR을 이동하며 5장에서 7장의 검사가 이루어진 후 자동으로 영상을 합성하는 Auto image pasta 기법을 사용하여 AP position에서 검사를 시행 하였다. 영상을 모든 검사에서 Auto Image Paste를 시행하기 전에 촬영된 각 부분의 영

상에서 DICOM(digital imaging and communication in medicine)의 tag 정보를 확인하여 각 영상의 면적선량(Dose Area Product, DAP)을 표시하는 DICOM tag 정보와 촬영 조사야 크기, 관전압, AEC 사용 여부, 디텍터와 X선관 사이의 거리에 관한 정보를 수집하였다. DICOM tag 정보의 확인은 Centricity CA1000 workstation(GE Medical Systems, Milwaukee, US)에서 각 영상의 DICOM 정보를 확인하였다. Tag 정보 0018,115E에서는 DAP 정보를 확인할 수 있고 관전압, 관전류, 조사시간, 초점-디텍터 사이거리 등 촬영과 관련되는 정보의 확인이 가능하다⁷⁾. Centricity CA1000 workstation에서 DICOM tag 정보 뷰어는 Figure 1과 같다.



Figure 1 DICOM tag viewer by Centricity workstation (GE Medical Systems, Milwaukee, US). Each image DICOM tag information showed image area product by DICOM tag number 0018.115E.

2. 선량 평가

유효선량과 장기선량의 평가는 수학적 전산모사시스템인 PCXMC V2.0(STUK, Finland)를 사용하여 모든 환자에서 AP projection의 유효선량과 장기선량을 평가한 후 동일한 촬영조건으로 후전면 자세(PA position)에서의 유효선량과 장기선량을 다시 평가하였다. 선량평가에 사용된 인자는 DICOM tag 정보에 획득한 DAP 정보를 사용하였다. 전산 모사를 위해서는 환자의 키, 몸무게, 성별, X선 타겟의 각

Table 1. Patient height, weight, age, and body mass index.

	Height(cm)	Weight(kg)	BMI(kg/m ²)	Total DAP(mGy/cm ²)
Mean	166.317	63.143	22.66	472.34
Standard deviation	7.81	12.1	3.11	282.23
Range	28.3	44.9	12.78	1141.81
Minimum	151.7	43.8	17.51	256.3
Maximum	180	88.7	30.29	424.2

도, filter 정보, 디텍터 사이즈, 디텍터와 X선관 사이의 거리, 관전압, DAP 정보를 사용하였다⁸⁾.

3. 확대율 및 각도 평가

CT/X-RAY Phantoms 3D Spine Phantom Model 025 (CIRS, Virginia US)을 사용하여 초점 IR 간 거리를 180 cm에서 전후면 자세와 후전면 자세로 각각 촬영하여 척추의 확대도를 평가하기 위해 5번 요추 양쪽 횡돌기의 길이를 측정하였다.

AP position과 PA position에서 각도의 평가를 위해 요추 3, 4, 5번의 왼쪽 횡돌기가 이루는 각도를 각각 5회 측정하여 평가하였다. 요추 경계면의 정확한 구분을 위해 연부 조직 부위에 식염수를 채우지 않은 상태에서 촬영하였다. 3D spine phantom의 높이는 23.6 cm, 두께는 21 cm, 폭은 20.2 cm의 원통 모양이다(Figure 2).



Figure 2 CT/X-RAY Phantoms 3D Spine Phantom Model 025(CIRS). This phantom included L-spine

4. 통계 분석

통계분석은 SPSS V20(IBM Corp, US)을 사용하여 빈도분석과 집단별 평균분석, 경향성 분석, 상관관계 분석을 시행하였다.

III. 결 과

1. 선량의 평가

26명의 WSS의 영상을 분석한 결과 WSS 전후면 자세 영상을 만들기 위한 Auto image pasta 기법에 사용된 영상은

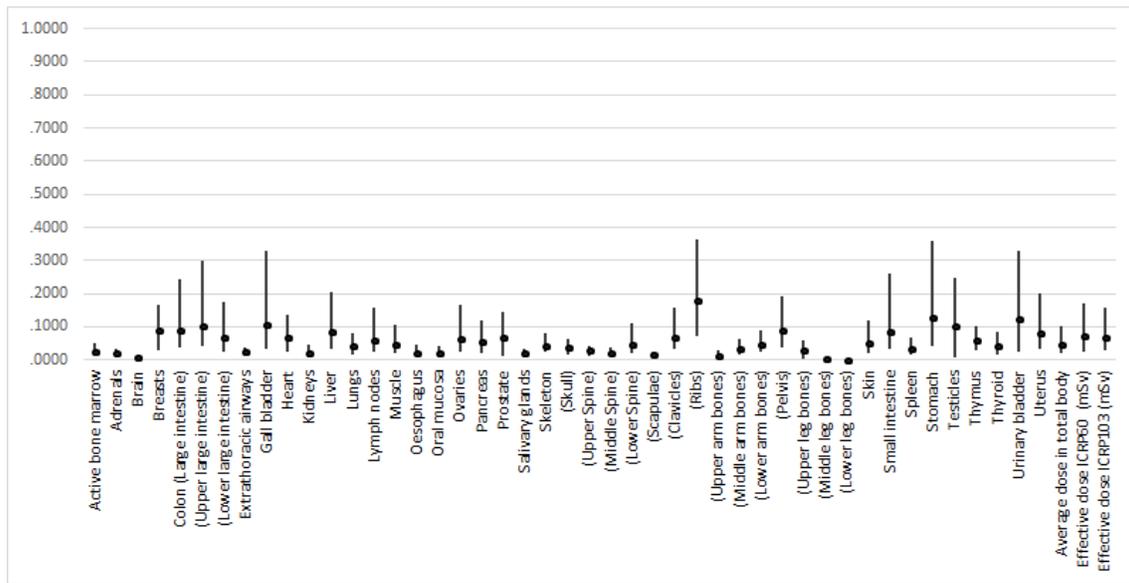
최소 5장에서 최대 7장으로 평균 6.35 장이 사용 되었다. 전체 샘플에 대한 평균 DAP값은 432.3464 mGy/cm²으로 최대값은 1296.0759 mGy/cm², 최소값은 154.2639 mGy/cm²으로 나타났다.

촬영자세에 따른 통계결과에서 평균 유효선량은 전후면 자세와 후전면 자세에서 각각 0.069 mSv, 0.0361 mSv를 나타냈고 각 장기에 따른 장기선량은 Figure 3과 같다.

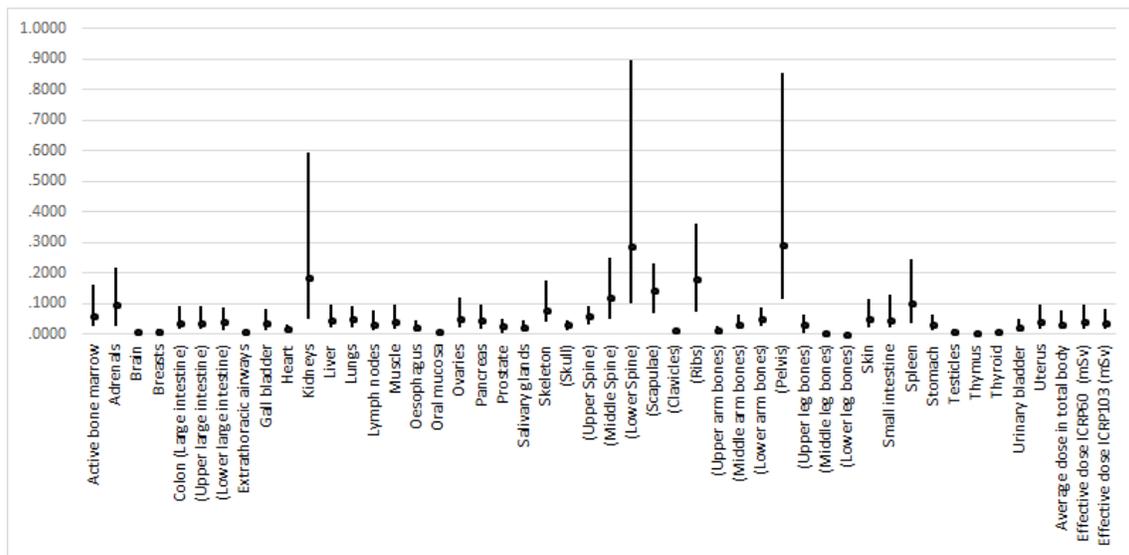
전후면 자세와 후전면 자세 전체 샘플에 대한 유효선량의 최대값은 0.159 mSv, 최소값은 0.016 mSv며 평균 유효선량은 0.052 mSv로 나타났다. 성별에 따른 유효선량 평가에서 남성의 경우 최대 0.169 mSv에서 최소 0.268 mSv로 평균 0.071 mSv를 나타냈고 여성의 경우 최대 0.069 mSv에서 최소 0.017 mSv로 평균 0.35 mSv를 나타냈다. 전후면 자세에서 남성의 평균 유효선량은 0.089 mSv, 여성에 대한 평균 유효선량은 0.431 mSv로 나타났고, 후전면 자세에서 남성의 평균 유효선량은 0.050 mSv, 여성에서는 0.026 mSv로 나타났다. 여성에서 전후면 자세와 후전면 자세에서 유방에 대한 평균선량과 최대선량, 최소선량은 각각 0.0876 mSv, 0.1655 mSv, 0.0291 mSv와 0.0097 mSv, 0.0176 mSv, 0.0044 mSv로 전후면 자세가 후전면 자세에 비해 평균 9.02배의 높은 흡수선량을 나타냈고 갑상선에 대한 전후면 자세와 후전면 자세에 대한 평가에서 전후면 자세의 평균 흡수선량은 0.4261 mSv, 후전면 자세의 평균 유효선량은 0.0067 mSv로 6.3배의 차이를 보였고 흉선의 경우 전후면 자세와 후전면 자세에서 각각 0.0568 mSv, 0.0055 mSv로 11.6배의 차이를 나타냈다. 생식선에서는 평가에서 여성의 난소에서는 평균 흡수선량이 전후면 자세와 후전면 자세에서 0.0636 mSv와 0.0477 mSv로 1.3배의 차이를 보였으나 남성의 정소에서는 전후면 자세와 후전면 자세에서 각각 0.1008 mSv와 0.0086mSv로 11.6배의 차이를 나타냈다.

2. 확대율 및 각도 평가

전후면 자세에서 요추 5번 횡돌기 사이의 거리를 5회 측정한 평균값은 10.34 cm이었고 후전면 자세에서 5회 측정한 평균값은 10.96 cm로 측정되었다. 요추 3번 횡돌기의 왼쪽 끝과 요추 4번 횡돌기 왼쪽 끝, 요추 5번 횡돌기의 왼쪽 끝이 이루는 각도를 5회 측정한 평균값은 전후면 자세 영상에서 156.5°였고, 후전면 자세 영상에서 156.6°로 근소한 차이를 보였다. 전후면 자세의 팬텀 영상에서 횡돌기 사이 거리와 각도의 측정은 Figure 4와 같이 시행하였다.



A



B

Figure 3 This figure showed each organ dose and effective dose of AP position(A) and PA position(B).

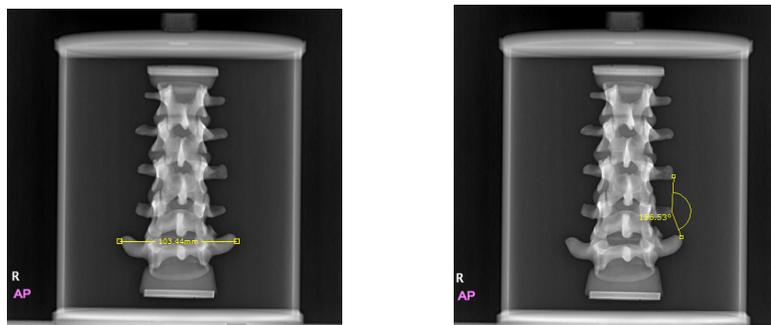


Figure 4 This phantom images showed AP image of L5 transverse process distance and L3,4,5 Lt transverse process angle.

IV. 결론 및 고찰

일반 X선 촬영에서 1회 조사로 피폭되는 선량은 흉부 후전면 자세 촬영은 0.013 mSv, 요추 전후면 자세 촬영은 0.44 mSv에 해당한다⁹⁾. 본 조사에서 측정된 WSS의 최대 유효선량은 Linet 등이 제시한 흉부 1회 촬영의 8.2배에 해당한다. 전체 치료기간동안 22회의 WSS를 촬영하는 것으로 계산하면 흉부 촬영 180회에 해당한다. 척추측만증 검사의 경우 방사선에 민감한 소아에서부터 청소년기에 주로 진단이 이루어지고 치료과정 또한 동일한 시기에 이루어진다⁵⁾. 본 연구의 결과에서 방사선에 민감한 장기에 조사되는 선량이 환자에게 조사되는 X선의 방향에 따라 현저한 차이가 있음을 확인할 수 있다. 특히 여성의 유방과 갑상선, 생식선에서 두드러지는 차이를 나타냈고 남성의 생식선에서도 동일한 결과를 보였다. 촬영거리 100 cm에서 시행되는 X선 검사에서 전후면 자세를 주로 사용하는 이유는 피사체 장기의 확대를 방지하기 위함이다. 하지만 WSS의 검사의 경우 확대의 영향을 작게 받는 180 cm에서 검사가 이루어지고, 진단과 치료의 목적이 동일한 자세에서 측정된 Cobb angle¹⁰⁾의 변화 관찰이 주된 목적이다. 본 연구의 확대율의 평가에서는 전후면 자세 영상에서 보다 후전면 자세 영상에서 5% 정도의 확대를 보이고 있으나 각도의 측정에서 유의한 차이를 나타 내지 않았다. WSS 검사는 척추의 굴곡 정도를 평가하는 Cobb's angle¹⁰⁾의 측정에는 영향을 미치지 않는다. 그러므로 전후면 자세와 후전면 자세 영상에서 측정 각도의 차이가 없는 경우 환자의 피폭선량을 줄여주는 후전면 자세에서 검사를 시행하는 것이 유리하다. 척추측만증의 진단을 위한 초기 검사에서부터 후전면 자세로 검사를 시행하고 추적 검사에서도 동일한 자세로 검사를 시행하는 것이 환자의 피폭선량을 저감하는데 도움이 된다.

WSS 검사는 치료기간 동안 동일한 검사를 여러 번 시행하는 검사이며 일회 검사에서 전신에 X선을 조사하기 때문에 모든 장기가 일시에 피폭된다. 따라서 환자의 자세 변화에 따라 현저하게 다른 피폭선량이 부가되는 경우에는 적절한 촬영법을 선택하여 검사에 진행하여야 한다. 하지만 국내 의료기관에서 이루어지는 대부분의 WSS 검사는 특별한 이유 없이 전후면 자세에서 이루어지고 있다. 모든 방사선 검사의 기본 원칙은 최소의 선량으로 최적의 정보를 얻는 영상을 만드는 것이다. 따라서 임상에서 환자의 자세 변화만으로도 피폭 선량을 현저하게 감소시킬 수 있다면 검사 프로토콜의 최적화를 시행하여 적절한 검사법을 선택해야 할 것이다.

참고문헌

1. LW Young, AE. Oestreich and LA Goldstein : Roentgenology in scoliosis: contribution to evaluation and management. American Journal of Roentgenology 108(4), 778-795, 1970
2. CL. Nash, EC. Gregg, RH. Brown and K. Pilai : Risks of exposure to X-rays in patients undergoing long-term treatment for scoliosis. J Bone Joint Surg Am 61(3), 371-374, 1979
3. H. Geijer, B. Verdonck, KW. Beckman, T. Andersson, J. Persliden : Digital radiography of scoliosis with a scanning method: radiation dose optimization. Eur Radiol 13, 543-551, 2003
4. Report No 80 : National Council on Radiation Protection and Measurements. Induction of thyroid cancer by ionizing radiation : National Council on Radiation Protection and Measurements, 1985
5. ICRP Publication 60 : 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP. Elsevier Health Sciences 1991
6. R. HEATH, A. ENGLAND, A. WARD, P. CHARNOCK, M. WARD, P EVANS and L. HARDING : Digital Pelvic Radiography: Increasing Distance to Reduce Dose. RADIOLOGIC TECHNOLOGY 83(1), 20-28, 2011
7. General Electric Co: Technical Publications, Definium 8000 DICOM Conformance Statement. 4-15, 2005
8. Markku Tapiovaara, Teemu Siiskonen: PCXMC 2.0 User's Guide. November 2008
9. M S. Linet, K P Kim and P. Rajaraman : Children's exposure to diagnostic medical radiation and cancer risk: epidemiologic and dosimetric considerations. Pediatr Radiol 39, S4-S26, 2009
10. M. Mogaadi, L. Ben Omrane and A. Hammou, EFFECTIVE DOSE FOR SCOLIOSIS PATIENTS UNDERGOING FULL SPINE RADIOGRAPHY. Radiation Protection Dosimetry. 149(3), 297-303, 2012

•Abstract**Patient Radiation Exposure Dose Evaluation of Whole Spine Scanography due to Exposure Direction**Jung-Su Kim¹⁾²⁾ · Deok-Nam Seo¹⁾ · Soon-Mu Kwon³⁾ · Jung-Min Kim⁴⁾¹⁾*Department of Bio-convergence Engineering, Graduate School of Korea University*²⁾*Department of Radio-technology, Wonkwang Health Science University*³⁾*Department of Radiologic Technology, Daegu Health College*⁴⁾*Department of Radiological Science, Korea University*

Whole spine scanography (WSS) is a radiological examination that exposes the whole body of the individual being examined to x-ray radiation. WSS is often repeated during the treatment period, which results in a much greater radiation exposure than that in routine x-ray examinations. The aims of the current study were to evaluate the patient dose of WSS using computer simulation, image magnification and angulation of phantom image using different patient position. We evaluated the effective dose(ED) of 23 consecutive patients ($M : F = 13:10$) who underwent WSS, based on the automatic image pasting method for multiple exposure digital radiography. The Anterior-Posterior position(AP) and Posterior-Anterior position(PA) projection EDs were evaluated based on the PC based Monte Carlo simulation. We measured spine transverse process distance and angulation using DICOM measurement. For all patient, the average ED was 0.069 mSv for AP position and 0.0361 mSv for PA position. AP position calculated double exposure then PA position. For male patient, the average ED was 0.089 mSv(AP) and 0.050 mSv(PA). For female patient, the average ED was 0.0431 mSv(AP) and 0.026 mSv(PA). The transverse process of PA spine image measured 5% higher than AP but angulation of transverse process was no significant differences. In clinical practice, just by change the patient position was conformed to reduce the ED of patient. Therefor we need to redefine of protocol for digital radiography such as WSS, whole spine scanography, effective dose, patient exposure dose, exposure direction, protocol optimization

Key Words : Whole spine scanography, Effective dose, Patient exposure dose, Exposure direction, Protocol optimization