

<원저>

Longbone 검출기를 이용한 Scanogram의 유효성 평가

장수한·허지은

순천향대학교 부천병원 영상의학과

Effectiveness Evaluation of Scanogram Using Longbone Detector

Jang Su-han, Heo Ji-eun

Department of Radiology, Sooncheonhyang University Hospital

Abstract Scanogram is that combine several practical images into one image to observation. So it is an important consideration in many clinical situation such as iliac measurement, leg alignment measurement and Scoliosis. Currently, scanogram examinations are mainly conducted for children and elderly patients. In this study, in order to apply the longbone detector to children or elderly patients who are difficult to cooperate with, we compared the longbone detector from D equipment with the G equipment discovery 656 Puls equipment in reproducibility of images, distribution of irradiation dose, scattering dose, irradiation time and image acquisition time. D equipment took more than twice as much time as G equipment. The scattered dose generated about 50% more G equipment than D equipment. In the whole spine scanogram and the measurement length of the lower leg, D equipment was also measured longer than G equipment. However, both methods did not show much difference from the CT scanogram, so there was no problem in measurement. The height of the thyroid radiation dose of G equipment was produced more radiation than D equipment. However, the longbone detector deviated from the x-ray center line relative to the tube rotation method, and was measured lower by the directionality of the measuring instrument, so that the error could not be corrected. In the conclusion of study, using the longbone detector is excellent for applying to children or elderly patients to reduce scattering dose. However, using CR may be useful to normal patients. Because, the image quality may deteriorate due to an imbalance of dose difference in thickness depending on the body part. So, it is useful to using a compensation filter or tube rotation method when we take a whole spine scanogram.

Key Words: Scanogram, Lone bone detector, Scoliosis, Whole spine scanogram, Lower leg scanogram, Single expourse method, Tube ratation method

중심 단어: 장골계측, 장골검출기, 척추측만증, 전척추 검사, 전하지 검사, 단일 조사방식, 튜브 회전방식

1. 서론

Scanogram이란 한 장의 X선 필름에 담을 수 없는 영상정보를 여러 장의 사진으로 나누어 촬영하고 하나로 합성시켜 관찰하는 검사방법을 말한다. 이는 주로 길이가 긴 장골계측이나 하지정렬 계측 또는 척추 측만증이 의심될 때 사용하는 촬영법이다. Scanogram으로 촬영하는 전장 전후 기립 방사

선영상(Lower-leg scanogram)은 하지정렬을 방사선학적으로 분석할 때 이용하는 기본영상이다. 하지정렬을 측정하기 위해서는 하지의 역학축인 고관절의 중심점에서 발목관절의 중심점을 잇는 하지의 전체적인 영상이 필요하다. 미국 척추 측만증 연구회(American scoliosis Research Society; ASRS)는 균일하고 비교할 만한 값을 구할 수 있도록 관상면에서 척추만곡을 평가하는 표준측정방법으로 Cobb방법을 추

Corresponding author: Jang Su-han, Department of Radiology, Sooncheonhyang University Hospita, 170, Jomaru-ro, Bucheon-si, Gyeonggi-do, 14548, Republic of Korea / Tel: +82-32-621-5864 / E-mail: suhan82@naver.com

Received 24 May 2020; Revised 19 June 2020; Accepted 25 June 2020

Copyright ©2020 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

천하며[1], 전 척추의 기립 전후 방사선영상(Whole-spine scanogram)에서 측정한다[2]. 척추만곡의 평가 시 척추의 한 부분만 촬영하거나, 작은 필름으로 영상을 획득 시 다른 부위의 측만증을 놓칠 수 있기 때문에 큰 필름을 통해 전체를 관찰해야 하며[3], 하지정렬 또한 같은 이유로 scanogram을 통한 영상획득이 일반적으로 사용되고 있다.

Scanogram의 촬영 대상은 소아와 노인으로 주를 이룬다. 노인 인구는 세계적으로 급증하고 있으며, 노인 인구의 약 60%에서 척추변형을 나타낸다[4]. 이들에 대한 변형 교정 수술도 점점 증가하고 있으며, scanogram을 이용한 전신체 시상학 정렬(total body sagittal alignment) 영상을 임상 결과를 확인하거나 예측하는 지표로 사용하고 있다[5]. 2016년에 건강보험심사평가원의 2011년에서 2015년간의 건강보험과 의료보험급여를 분석한 결과, 척추측만증 진료 인원의 40% 이상이 10대이며, 특히 성장기인 13세에서 16세 사이에 주로 발견된다고 한다[6]. 측만증을 치료하는 과정에서 환자는 추적검사의 영향으로 인해 주기적으로 방사선 피폭에 노출되며 진단에 따라 4~12개월 간격으로 주기적인 추적관찰이 필요한 경우가 많다[7]. 2019년 한 해 동안 S병원을 내원하여 whole spine scanogram 검사를 시행한 검사 건수는 총 1,131건이었으며, 그중 18세 이하의 소아 청소년은 130건으로 약 11.5%이며, 연간 5회 이상 검사한 4명 중 3명은 18세 미만의 소아 또는 청소년이었다. 소아 및 청소년기 환자는 같은 선량을 받은 성인에 비해 더 높은 평균적 압 발생 위험이 있다[8]. 이들은 기대여명이 길어 방사선으로 인한 유해한 영향이 발현할 시간이 더 많으며 발달하는 장기나 조직은 방사선에 더욱 민감하다. 소아 환자는 일반적으로 비협조적이고 통제가 어려우므로 방사선에 노출 시간이 짧아야 한다[9,10]. 현재 많이 사용되고 있는 tube rotation 방식의 scanogram은 긴 시간을 서서 검사하기 때문에 낙상 위험이 큰 노인 환자나, 소아 환자에게 적용하기 어려운 문제점이 있다. 실제로 입원환자 중에서 낙상의 대부분은 65세 이상의 노인으로 5명 중 1명은 낙상하는 것으로 보고되며, 노인환자 1,000명당 0.6에서 3.6명이 낙상을 경험한다[11]. 따라서 검사 시간을 최소화하여 낙상 위험을 방지하고 재촬영에 따른 불필요한 피폭을 감소시키는 노력이 scanogram검사에 필요하다.

이에 본 연구에서는 3개의 검출기(detector)를 이어 붙여 1회의 X선 조사로 많은 영역의 정보를 획득할 수 있는 D사의 longbone 검출기를 이용해 검사를 시행했을 때의 장·단점과 유효성을 G사의 tube rotation 방식을 이용한 방식과 비교해 영상의 재현성, 조사선량의 분포, 산란선량, 조사 시간과 영상획득시간의 영역에서 비교 관찰하였다.

II. 대상 및 방법

1. 실험기기

1) X선 발생장치와 영상획득장치

진단용 X선 발생장치(FCX RP-01A, Shimadzu, Japan)와 43×129 cm의 longbone 검출기(FXRD-1751SB, Vieworks, Korea), 진단용 X선 발생장치(Discovery 656 plus, General eletron, USA)를 사용하였다. 전산화단층촬영장치(Revolution CT, General eletron, USA)를 비교군으로 사용하였다.

2) 전신팬텀

영상획득을 위해 전신팬텀(PBU-60, kyoto kagaku, Japan)을 사용하였다.

3) 조사선량 측정기

X선 관에서 발생하는 X선을 방사선 감수성이 높은 부위에서의 실제 조사선량을 측정하기 (Victoreen NERO mAx, FLUKE Biomedical, USA)를 사용하였다.

4) X선 산란선량 측정기

X선으로 인하여 발생한 산란선을 측정하기 위해 비례계수관(FH40G-I, Terumo fisher scientific messtechnik GmbH, Germany)을 사용하였다.

5) 영상분석 및 측정

영상분석은 PACS system(DEJA-view, Dong-eun information, Korea)을 이용하여 획득한 영상을 측정하고 분석해 보았다.

2. 실험방법

1) 영상획득

Whole spine scanogram과 Lower-leg scanogram의 영상을 D사의 Longbone 검출기를 이용한 단일 조사방식과 G사의 분할 조사 방식으로 획득하였다. CT scanogram은 계측에서 정확성을 확보할 수 있으므로 G사 revolution CT 장비를 이용하여 Whole body phantom의 scanogram의 영상을 획득하여 계측의 기준으로 삼았다. 영상획득을 위하여 D사 장비와 G사 장비 모두 검출기와 X선 초점간의 거리를 180 cm로 동일하게 위치시키고, 80 kVp, 250 mA, 160 msec의 동일한 조건으로 조사하였다. 조사야의 경우 D사 장비는

1회 단일 조사 방식으로서 whole spine scanogram은 인체 모형 팬텀의 목적 부위인 경추 1번 높이부터 치골결합 부위까지 포함하여 90×43 cm로 조정하였고, lower-leg scanogram은 대퇴관절 상연부터 거경관절부위까지 85×43 cm로 조정하였다. G사장비는 3회에서 4회 분할 조사방식으로 41×41 cm의 조사야가 3회 분할 조사 되도록 조정하여 D사 장비와 동일한 범위의 영상을 획득하였다.



Fig. 1. Whole spine and lower leg CT scanogram

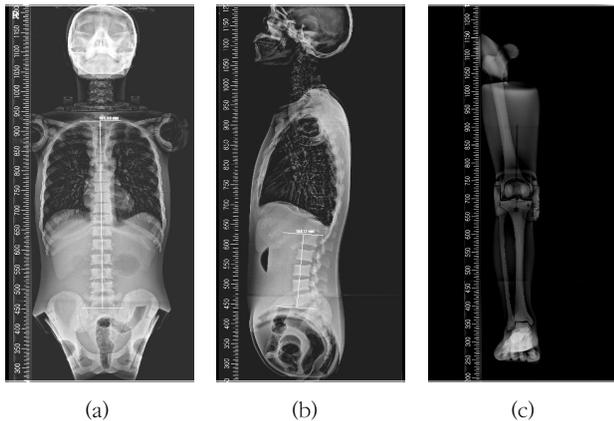


Fig. 2. D equipment whole spine AP(a) & Lat(b) scanogram and lower leg(c) X-ray image

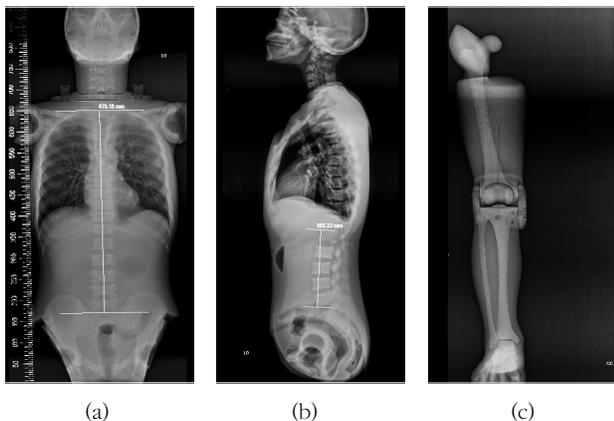


Fig. 3. G equipment whole spine AP(a) & Lat(b) scanogram and lower leg(c) X-ray image

2) 조사시간과 영상획득시간 분석

D사의 long bone 검출기는 단일 조사방식으로 80 kVp, 250 mA의 조건으로 발생장치 스위치를 누른 시점부터 조사가 끝나는 시점을 측정하였으며, G사는 3회 분할조사방식으로 동일조건으로 발생장치 스위치를 누른 시점부터 마지막 3회 조사가 끝나는 시점까지의 시간을 각각 10회 측정하였다. 영상획득시간은 각 장비의 조사가 끝나는 시점부터 최종 영상을 획득하여 합성이 끝나는 시점까지를 각각 10회 측정하여 비교하였다.



Fig. 4. PBU-60

3) 조사선량 측정

조사선량의 측정은 80 kVp, 250 mA, 160 msec의 whole spine scanogram의 조건으로 방사선 감수성이 높은 감상선 높이에서 각 5회씩 측정을 시행하였다.



Fig. 5. Victoreen NERO mAx

4) 산란선 측정

80 kVp, 250 mA, 160 msec의 whole spine scanogram의 조건으로 40 cm 떨어진 거리에서 인체 모형 팬텀의 감상선 높이에 인체모형팬텀 쪽으로 방향성을 가지고 산란선 측

정기를 위치시켜 측정하였다. D사의 longbone 검출기를 이용한 단일 조사방식에서의 산란선 측정은 1회 조사 누적 선량으로 20회 반복 측정하였다. G사의 tube rotation 방식은 3회 분할 조사로 3회 조사 시 1회 누적선량으로 20회 반복 측정하였다.



Fig. 6. FH40G-I

5) 영상분석 및 측정

DE-JA view를 이용하여 획득한 영상을 측정하고 재현성을 분석해 보았다. Whole spine scanogram은 흉추 1번 높이에서 요추 5번까지의 높이를 측정하였고, Lowerleg scanogram은 대퇴관절 상연에서 거경관절 부위까지의 길이를 CT scanogram과 비교하여 정확도를 분석해 보았다[10]

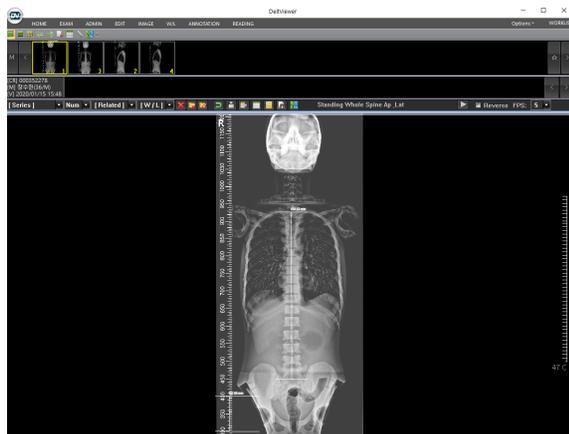


Fig. 7. Deja-view

6) 통계

통계적 유의성 평가를 위해서 Spss V.18을 이용하여 독립표본검정과 일표본검정을 하였고, 각 항목의 통계학적 기법에 따라 유의확률이 95%($p < 0.05$) 이상이면 통계학적으로 유의하다고 판단하였다.

III. 결과

1. 조사시간과 영상 획득 시간

조사시간의 측정 결과, D사 장비는 1회 단일 조사로서 조사조건인 0.016 sec의 조사시간이 필요하였다. G사 장비는 3회 분할 조사로 첫 번째 조사가 시작된 순간부터 마지막 세 번째 조사가 끝나기까지의 시간이 9.934 ± 0.49 sec이었다. 조사시간과 영상획득에 필요한 시간은 통계적으로 유의하게 나타났다($P < 0.05$), <Table 1>.

조사가 끝난 시점부터 영상이 획득되기까지의 시간은 D사 장비가 7.02 ± 0.26 sec의 시간이 필요하였으며, G사 장비는 5.84 ± 0.48 sec의 시간이 필요하였으며, 통계적으로 유의하게 나타났다($P < 0.05$), <Table 2>.

조사가 시작된 시점부터 최종 영상의 획득까지 필요한 시간은 D사 장비는 7.04 ± 0.26 sec이었으며, G사 장비는 15.77 ± 0.72 sec이었으며, 통계적으로 유의하게 나타났다($P < 0.05$), <Table 3>.

2. 조사선량 측정

80 kVp, 250 mA, 160 msec의 동일한 X-ray 조사조건으로 whole spine scanogram 영상획득 시 갑상선 높이에 조사선량 측정기를 위치하고 선량을 측정한 값을 독립표본검정하였으며, 통계적으로 유의하였다. D사 장비에서는 40.96 ± 0.76 mR의 조사선량이 발생하였고, G사 장비에서는 76.48 ± 0.17 mR로 D사 장비보다 많은 조사선량이 발생하였다($P < 0.05$), <Table 4>.

3. 산란선량 측정

인체모형 팬텀의 갑상선 높이에서 40 cm 떨어진 곳에서 X-ray tube 쪽으로 방향성을 가지고 산란선을 측정할 결과를 독립표본검정 하였으며, 통계적으로 유의미하였다. D사 장비는 영상을 획득하는데 필요한 1회 조사 시 누적선량 1회로 7.64 ± 0.10 μ Sv였으며, G사 장비는 영상을 획득하기 위해 3회 분할 조사로 3회 조사 시 1회 누적 선량으로 15.39 ± 0.96 μ Sv의 산란선량이 발생하여 영상획득을 위한 산란 선량은 D사 장비보다 G사 장비가 많이 발생하였다($P < 0.05$), <Table 5>.

4. 재현성 측정

영상의 왜곡이 작은 G사의 Revolution CT를 이용한 인

Table 1. X-ray exposure time

Division	<i>N</i>	Exposure time (sec)	<i>P</i> value
D equipment	20	0,016 ± 0,00	0,000
G equipment	20	9,934 ± 0,49	0,000

Table 2. The time from Image acquisition time to end exposure time

Division	<i>N</i>	Exposure time (sec)	<i>P</i> value
D equipment	20	7,02 ± 0,26	0,000
G equipment	20	5,84 ± 0,48	0,000

Table 3. Total scanogram examination time

Division	<i>N</i>	Exposure time (sec)	<i>P</i> value
D equipment	20	7,04 ± 0,26	0,000
G equipment	20	15,77 ± 0,72	0,000

Table 4. DK and GE exposure dose level of thyroid gland

Division	<i>N</i>	Exposure dose (mR)	<i>P</i> value
D equipment	5	40,96 ± 0,76	0,000
G equipment	5	76,48 ± 0,17	0,000

Table 5. Scattering dose at the level of the thyroid of the human phantom 40 cm away

Division	<i>N</i>	Scattering Dose (μSv)	<i>P</i> value
D equipment	20	7,64 ± 0,10	0,000
G equipment	20	15,39 ± 0,96	0,000

Table 6. Reproducibility measurement of CT scanogram compared from DK and GE whole spine scanogram

Division	<i>N</i>	Length (cm)	<i>P</i> value
DK	10	48,41 ± 0,23	0,000
GE	10	47,39 ± 0,25	0,003

Table 7. Reproducibility measurement of CT scanogram compare from DK and GE lower-leg scanogram

Division	<i>N</i>	Length (cm)	<i>P</i> value
DK	10	78,48 ± 0,32	0,000
GE	10	77,54 ± 0,68	0,003

체모형의 scanogram 영상을 측정된 값을 기준으로 정하였다. CT scanogram 영상에서 whole spine의 흉추1번 높이에서 요추 5번 높이의 측정 길이는 47.06 cm였으며, lower leg의 대퇴골 중심에서 발목관절 중심까지의 길이는 76.38 cm였다. CT에서 측정된 길이와 D사, G사에서 획득한 영상

의 측정길이를 일표본검정한 결과, 유의한 값이 나타났다. CT scanogram을 기준으로 whole spine scanogram 영상에서의 측정 길이는 D사 장비에서 48.41±0.23 cm, G사 장비에서 47.39±0.25 cm로 D사 장비가 G사 장비에 비해 영상보다 더 길게 측정되었다($P < 0.05$), <Table 6, 7>. Lower-leg

scanogram 영상에서 측정 길이는 D사 장비에서 78.48 ± 0.32 cm, G사 장비에서 77.54 cm로 역시 D사 장비가 길게 측정되었다($P < 0.05$), <Table 6, 7>. X선 초점에서 조사야 양쪽 끝단까지의 거리가 긴 D사 장비가 영상의 확대가 더 있음을 알 수 있었다. 하지만 두 장비 모두 CT scanogram의 영상과 큰 차이는 없었다.

IV. 고 찰

Scanogram은 척추 기립 사진이나, 하지 정렬을 보기 위한 기본적인 검사이다[3]. 대한 척추외과 학회에서 발표한 척추의 측만증 검사를 위한 단순 방사선검사에서의 유의하여야 할 사항은 다음과 같다. 첫째, 사진은 반드시 일어선 상태에서 촬영해야 한다. 누워서 찍었을 때 20° 로 측정이 되는 측만증도 일어서서 촬영하게 되면 30° 로 나타날 수 있다. 만곡의 각도는 일어서서 촬영한 사진으로만 정확하게 알 수 있다. 둘째, 영상을 촬영할 때는 한꺼번에 척추의 전장(whole spine)이 전부 나오게 큰 필름을 사용해야 한다. 만약 작은 필름으로 척추의 한 부위만 나오게 찍는다면 다른 부위의 측만증을 놓칠 수 있다. 일반적으로 17×14 inch 나 3 pt 정도 길고 큰 필름을 사용하는 것이 권장된다. 셋째, 가능하면 단순 방사선 검사횟수를 줄여야 한다[3]. 불필요하게 자주 촬영을 하는 것은 성장기에 있는 소아의 신체 장기에 방사선 위해를 가할 수 있다는 점에서 바람직하지 않다고 하였다[9,13]. 기존의 검사 방식은 tube를 수평으로 고정하고 목적 부위를 조사야 안에 모두 포함한 상태로 3개의 영상판(Image Plate; IP) 혹은 필름을 합친 카세트를 홀더에 장착해 1회 조사하는 방식이었다. Computed Radiography(CR) 장치를 이용한 scanogram은 영상의 화질이 각 부위의 두께 차에 따라 균일하지 않았고[14], 촬영이 끝나고 현상기를 통해 영상을 획득하기까지 약 3분 이상을 소요되어 영상을 획득할 수 있었다. 노인환자나 협조가 잘되지 않는 소아 환자의 경우 움직임에 의한 불선예도로 인해 재촬영이 증가하여 불필요한 피폭선량이 증가하였다. 그뿐만 아니라 현상 중 현상기의 기계적 오류도 존재하였다. 현재는 디지털평판검출기가 대중화되면서 scanogram 방식은 기존의 필름이나 IP를 사용하는 CR 방식에서 디지털평판검출기를 이용한 Digital Radiography(DR) 방식으로 변화하였고, 빠른 시간 내에 우수한 영상을 획득할 수 있게 되었다. 대표적으로 slot 방식과 tube rotation 방식이 있으며 현재는 tube rotation 방식이 촬영을 주도하게 되었다. Slot 방식은 tube와 검출기가 함께 움직이며 영상을 분할 획득하는 방식

이며, tube rotation 방식은 tube는 조사야의 중심부 높이에서 고정되어 위에서 아래로 각도를 바꾸면서 X-ray가 분할 조사되면 검출기가 위에서 아래로 따라서 이동하면서 영상을 획득하는 방식이다. Hong 등의 “검사방법에 따른 lower extremity scanogram을 비교한 연구”에서 tube rotation 방식이 slot 방식보다 확대율은 높지만, 검사 시간이 빨라서 반드시 선 자세로 검사해야 하는 경우 tube rotation 방식이 비교적 유용하며 실측에 가까운 영상이 필요한 경우 slot 방식을 추천하였다[15]. Tube rotation 방식은 성인의 경우 3회에서 4회의 분할 조사로 영상을 획득하고 획득된 영상을 재구성 중 겹쳐진 부분의 영상에서 같은 농도 값을 찾아 합성하는 방식이기 때문에 합성 시 같은 농도 값을 찾지 못할 시 합성 오류가 발생하거나, 첫 번째 조사 후 환자가 움직이면 두 번째 영상과 합성이 되지 못해 환자 움직임에 취약하다. 또한, 같은 목적 부위이지만, 분할 조사하여 합성하는 방식(stitching method)이기 때문에 합성을 위한 겹쳐진 부위의 중복 피폭을 피할 수 없다. 반면, longbone 검출기는 43×43 cm의 평판형디지털검출기 3개를 이어붙인 형태로 43×129 cm 대면적의 평판형디지털검출기를 만들어 분할 조사를 통해서만 계속에 필요한 영상을 획득할 수 있는 기존의 단점을 극복할 수 있게 만들었다. 분할 조사가 필요 없어진 만큼 조사시간은 짧게 줄일 수 있고 전체 검사 시간이 절반 이하로 떨어졌다. 1회 조사로 모든 영상을 획득하기 때문에 분할 조사에 비해 산란선 또한 약 50% 가까이 줄일 수 있었다. 또한, 같은 목적 부위의 조사야 일지라도 영상 합성을 위한 중복된 부위의 방사선 조사가 없어 실제로 환자가 받는 피폭선량 또한 줄어들 것으로 사료된다. Scanogram을 검사하는 대상이 방사선 감수성이 높은 소아 및 청소년과 낙상 위험이 큰 노인이 많다는 것을 고려할 경우 검사 시간이 짧아진다는 것은 큰 장점이 될 수 있다. 다만 D사의 whole spine lateral 영상 [Fig. 2](b)에서 보이는 것과 같이 인체의 두께 차이가 큰 경우 1회 조사로 영상을 획득하는 방식은 목이나 발목과 같이 두께가 얇은 부위와 골반이나 복부와 같이 두꺼운 부위와의 차이에서 오는 X선 감쇄로 인해 균일한 영상정보를 획득하기 어려운 단일 조사방식의 한계를 벗어날 수는 없었다. 반면 G사의 whole spine lateral 영상 [Fig. 3](b)의 경우 자동노출조절 기능(automatic exposure control; AEC)가 활성화되어 있는 상태라면 분할 조사 부위마다 적당한 조건으로 촬영할 수 있어 상대적으로 균일한 영상정보 획득이 가능했다. 영상의 재현성에서 longbone 검출기를 이용할 경우 tube 초점에서 목적 부위 골단부 끝까지의 각도가 tube rotation 방식에 비해 크기 때문에 영상에서의 확대가 더 큰 것을 알

수 있었다[16]. 하지만 두 방식 모두 CT scanogram과 큰 차이를 보이지 않아 계측에 문제가 없었다. 조사선량은 D사의 조사선량이 G사 보다 적게 검출되었는데 인체모형 팬텀의 갑상선 높이에서의 측정 시 longbone 검출기는 tube rotation 방식과 비교하면 상대적으로 X-ray 중심선 속에서 많이 벗어나 있어 측정기의 방향성에 의해 작게 측정되어 오차가 있을 것으로 사료된다. 이러한 오차를 보정하기 위해서는 중심선속이 검출기 중심에 조사되어야 하는데 원거리의 전자선조사면의 심부선량은 해부학적으로 전자선이 도달되지 않는 부위는 부가적 조사가 필요하며, 인체돌출부에는 과다선량이 도달되므로 전신 피부 조사의 선량분포 평가는 열형광선량계를 다수 부착하거나 Rando 팬텀을 이용한 흡수선량의 정량적인 평가가 이루어져야 할 것이다[17].

V. 결론

Longbone 검출기를 이용한 scanogram은 기존의 분할 조사방식에 비하여 월등히 짧은 조사시간으로 인하여 움직임에 의한 artifact가 있을 수 있는 소아나 노인층의 환자에게 적용하기 우수하며 1회 조사로 인해 불필요한 산란선에 의한 피폭을 줄일 수 있다. 하지만 건강한 성인의 경우 longbone 검출기를 이용한 scanogram에서 인체 부위에 따른 두께 차이로 인해 선속감약 차이로 G사 장비의 tube rotation 방식보다 영상의 질이 떨어질 수 있으므로 whole spine lateral 촬영 시 보상필터의 사용이나 tube rotation 방식을 이용하는 것이 유용할 것으로 판단된다.

REFERENCES

- [1] Simon W, Klaus W. Measurements and classifications in musculoskeletal radiology. Germany: Thieme Munich; 2014: 125.
- [2] Giordano A, Fuso L, Galli M, Calcagni ML, Aulisa L, Pagliari G, et al. Evaluation of pulmonary ventilation and diaphragmatic movement in idiopathic scoliosis using radioaerosol ventilation scintigraphy. Nucl Med Commun. 1997;18(2):105-11.
- [3] Jeong CH, Noh JH. Clinical and radiological analysis of angular deformity of lower extremities. J Korean Fract Soc. 2017;30(3):156-66.
- [4] Schwab F, Dubey A, Gamez L, et al. Adult scoliosis: Prevalence, SF-36, and nutritional parameters in an elderly volunteer population. Spine. 2005;30(9): 1082-5.
- [5] Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy JP. Pelvic tilt and truncal inclination two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. Spine. 2009;34(17):E599-E606.
- [6] Kim KH, Lee PH. Growth youth, spine health advisory. Health insurance review & assessment service [Internet]. 2016 [Cited 2016 December 22]. Available from: <https://www.hira.or.kr/bbsDummy.do?pgmid=HIRAA020041000100&brdScnBltno=4&brdBltNo=9281>
- [7] Noshchenko A, Hoffecker L, Lindley EM, et al. Predictors of spine deformity progression in adolescent idiopathic scoliosis: A systematic review with meta-analysis. World J Orthop. 2015;6:537-558.
- [8] Kim HS, Park SM, Lee SY, Baek SM, Chae SY, Park JH, et al. Development of the diagnostic reference level of pediatric radiography (10 years old). Ministry of Food and Drug Safety; 2014.
- [9] Khong PL, Ringertz H, Donoghue V, Frush D, Rehani M, Appelgate K, Sanchez R. Radiological protection in paediatric diagnostic and interventional radiology. ICRP Publication 121; 2016.
- [10] Cho PK. Distribution of the scatter ray on chest x-ray examinations. The Journal of the Korea Contents Association. 2012;14(1):356-63.
- [11] Kim SH, Kim MH, Jung MH. The level of elderly fall prevention activities & perception of patient safety culture among university hospital nurses. J Korean Soc Living Environ Sys 2013;20(1):81-7.
- [12] Suh CH, Kang HS, Jung JW, Yeon KM. A study of long bone measurement by CT scanogram: Comparison with spot scanogram. Journal of Korean Radiological Society. 1987;23(1):105-12.
- [13] Lee CS. Idiopathic scoliosis. Journal of Korean Spine Surg. 1999;6(2):288-96.
- [14] Lee HS. Review of orthoroentgenography. Journal of Korean Radiological Technologists Association. 1998;24(2):91-4.
- [15] Jung-Pyo Hong, Dong-Hyuk Jang, Kyung-Hwan Kim, Young-Ho Kwon. A Study on Lower Extremity Scanogram Comparison according to the Examination

- Method. Journal of The Korean Society of Radiological Imaging Technology 2016;13(1):13-19.
- [16] Se-Hoon Park, Chang-Ryong Ji, Seok-Min Yun, Jae-Sik Im, Soon-Kyu Park. Evaluation of the distortion rate for different ways of taking radiographs of the long bone. Journal of The Korean Society of Radiological Imaging Technology 2016; 13(1):91-97.
- [17] Choi TJ, Kim JH, Kim OB. Dose characteristics of total-skin electron-beam irradiation with six-dual electron fields. Radiation Oncology Journal. 1998; 16(3):337-45.

구분	성명	소속	직위
제1저자, 교신저자	장수한	순천향대학교 부천병원	방사선사
공동저자	허지은	순천향대학교 부천병원	방사선사