

이중 에너지 엑스레이 흡수기의 가동 시간에 따른 골밀도 값의 평가

서울아산병원 핵의학과

이해정 · 김호성 · 김은혜

The Bone Mineral Density Value According to the Operating Time of the Dual Energy X-ray

Hae Jung Lee, Ho Sung Kim and Eun Hye Kim

Department of Nuclear Medicine, Seoul Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: Recently, the performance of the X-ray tube was very much improved by the power generation of the technology. However, the overload of equipment is occurred by the increment of the equipment operating time according to the increment of the examination number of cases. The X-ray dose can change by heat occurrence of the X-ray tube due to this. Moreover, the change of the bone mineral density value is possible to occur. Therefore, We tries to whether the change of the bone mineral density value of each equipment according to the difference of the examination number of cases and operating time occur or not. **Materials and Methods:** The BMD value was measured by the Aluminum Spine Phantom and the European Spine Phantom in each equipment, in order to find out about the difference of the time general classification bone mineral density value by using the Dual energy X-ray absorptiometry. And after scanning each phantom by using X-ray dose meter (Unfors Mult-O-Meter), a dose was measured by the same condition. As to, an average and standard deviation were found and the change of each equipment much BMD value was compared and it evaluated. **Results:** Mean \pm SD of each equipment by using the Aluminum Spine Phantom, A equipment was 1.174 \pm 0.002, 1.171 \pm 0.005, 1.173 \pm 0.005, B equipment was 1.186 \pm 0.003, 1.187 \pm 0.003, 1.185 \pm 0.003, C equipment was 1.180 \pm 0.003, 1.182 \pm 0.004, 1.183 \pm 0.002, D equipment was 1.188 \pm 0.004, 1.185 \pm 0.003, 1.185 \pm 0.004. By using the European Spine Phantom, A equipment was 1.143 \pm 0.006, 1.153 \pm 0.009, 1.161 \pm 0.003, B equipment was 1.134 \pm 0.004, 1.13 \pm 0.008, 1.127 \pm 0.015, C equipment was 1.143 \pm 0.006, 1.134 \pm 0.01, 1.133 \pm 0.006, D equipment was 1.14 \pm 0.001, 1.122 \pm 0.002, 1.131 \pm 0.008, altogether included in the normal range. **Conclusion:** There was no significant change of the BMD value of using a phantom by time zones. Therefore, if the quality control is made to use the extent management method of the equipment for beginning in the present application, the reliability of the BMD equipment will be able to be enhanced. (Korean J Nucl Med Technol 2010;14(1):40-45)

Key Words : DEXA, Aluminum Spine Phantom, European Spine Phantom, X-ray dose meter

서 론

일반적으로 X-ray 장비는 가동시간의 차이에 따라 Tube의 수명이 결정된다. 최근 과학의 발달로 인하여 장비의 수

명이 연장되긴 하였지만 과부하로 인한 검사의 오류는 계속 발생하고 있다.

골밀도 장비에서는 Dual energy X-ray absorptiometry가 정확도와 정밀도가 우수하여 가장 많이 사용되는 장비이다. 그러나 X-ray를 발생하여 검사를 하기 때문에 가동시간에 따른 차이로 인하여 검사의 오류가 발생할 가능성이 있다.

본원은 4대의 DEXA (A, B, C, D) 장비로 각각 하루 평균 50건, 50건, 25건, 15건의 검사가 이루어지고 있다. 그 중 A와 B장비의 월요일과 목요일 검사건수는 평균 70건 정도이

• Received: January 4, 2010. Accepted: January 20, 2010.
• Corresponding author: Eun Hye Kim
Department of Nuclear Medicine, Seoul Asan Medical Center, 388-1 Pung nap-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-4605, Fax: +82-2-3010-5429
Email: ksilversea@naver.com

고, C와 D장비는 검사건수의 변동이 거의 없다. 최근 장비의 가동시간이 많은 장비(A, B)의 오류(Daily QA Fail, 장비 가동 중 error message 발생, 장비의 이유 없는 멈춤 현상, F/U 시 환자의 예상치 못한 수치변화)로 인하여 재검사가 이루어지고 그에 따른 시간적, 경제적 손실이 발생하였다. 이런 현상이 장비의 과부하에 의한 것인지 파악하기 위하여 가동 시간의 차이에 따른 X-ray 발생량의 변화로 인한 BMD 값의 차이가 있는지 알아보려고 한다.

실험재료 및 방법

1. 팬텀 실험

GE Lunar prodigy advance (LUNAR Corporation, madison, USA) 네 대의 장비(Prodigy 1, 2, 3, 4) 를 이용하여 GE 표준 Phantom인 Aluminum Spine Phantom (ASP)과 범용성 Phantom인 European Spine Phantom (ESP)으로 BMD 값을 측정하였다. ESP는 각각 20번씩 이를 동안 40번 측정하였고 ASP는 reposition 없이 10번 측정하여 평균, 평균의 최소값, 평균의 최대값을 구하였다. $Mean \pm 1.5$ 를 각 장비의 기준 범위로 설정하였다. 측정방법은 ESP의 경우 레이저를 European Spine Phantom의 끝부분에 맞추고 L1-L3에 ROI를 지정하

여 골밀도 값을 비교하였고, ASP는 레이저를 water bath의 3분의 1지점에 위치시켜 Aluminum Spine Phantom을 레이저의 정중앙에 맞추고 L1-L4에 ROI를 지정하여 골밀도 값을 비교하였다. Water bath는 물의 높이에 따른 골밀도 값의 차이가 발생할 수 있으므로 물의 높이를 검은색 line (15 cm)으로 동일하게 맞추었다. 이와 같은 방법으로 매일 8시, 12시 30분, 17시에 장비당 ASP와 ESP를 이용하여 측정하고 시간대별 골밀도 값의 차이를 알아보았다. 골밀도 값이 기준 범위에 포함되는지 확인하고, 결과 값은 평균과 표준편차를 구하여 각 장비 별 골밀도 값의 변화를 비교하여 평가하였다.

2. 선량 측정

X선 선량계 Unfors Multi-O-Meter (Unfors Instruments, Billadal, Sweden)를 이용하여 X선 선량과 BMD 값의 관계를 알아보기 위해 각 팬텀을 스캔한 후 동일한 조건으로 선량을 측정하였다. 레이저를 선량계의 끝에 위치시키고 디텍터가 이동하는 동안 선량을 측정하였다. 기준 범위는 평균값의 5%로 설정하였고 선량의 평균값과 표준편차를 구하여 추이를 분석하였다.

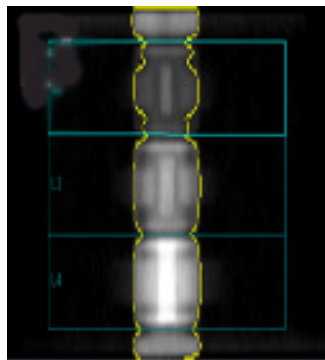


Fig. 1. (A) European Spine phantom. (B) BMD image of ESP.

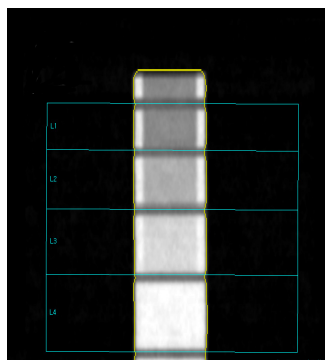
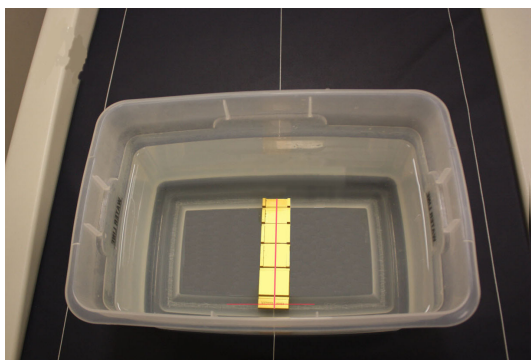


Fig. 2. (A) Aluminum Spine phantom scan on Prodigy. (B) BMD image of ASP.

결 과

1. 팬텀 실험 결과

ASP를 이용하여 측정된 결과 장비 별 Mean±SD 값은 A 장비는 1.174±0.002, 1.171±0.005, 1.173±0.005, B 장비는 1.186±0.003, 1.187±0.003, 1.185±0.003, C 장비는 1.180±0.003, 1.182±0.004, 1.183±0.002, D 장비는 1.188±0.004, 1.185±0.003, 1.185±0.004이고 ESP를 이용한 측정값은 A장비는 1.143±0.006, 1.153±0.009, 1.161±0.003, B 장비는 1.134±0.004, 1.13±0.008, 1.127±0.015, C 장비는 1.143±0.006, 1.134±0.01, 1.133±0.006, D 장비는 1.14±0.001, 1.122±0.002, 1.131±0.008으로 네 대의 장비 모두 기준 범위 안에 포함되었다. 하지만 골밀도 값의 변화를 비교한 결과 A장비에서 ASP 측정값은 다른 장비보다 낮게 측정되었고 ESP 측정값은 다른 장비보다 전체적으로 높게 측정되었다.

2. 선량 측정 결과

선량을 측정하였을 때 장비별 Mean±SD 값은 A장비에서 2.708±0.08, B장비에서 2.720±0.04, C장비에서 2.774±0.04, D 장비에서 2.732±0.02였다. X선량과 골밀도 값의 상관 관계를 알아보고자 phantom 측정과 동일한 시간대에 측정하였으나 X선량과 골밀도 값의 연관성은 없었다. 각 장비에서 측정된 X선량은 시간대별 차이는 발생되었지만 평균의 ±5% 이내에 모두 포함되었다.

고 찰

A장비와 B장비는 월요일과 목요일의 검사건수가 다른 요일의 검사건수보다 상당히 많기 때문에 가동 시간에 따른 차이가 발생할 것이라고 예상하였다. 하지만 각 장비별로 ASP, ESP를 이용하여 얻은 골밀도 값의 유의한 차이는 없었

Table 1. The bone mineral density value by using the ASP phantom

		월	화	수	목	금
A	8시	1.171	1.175	1.177	1.176	1.173
	12시 30분	1.163	1.173	1.177	1.173	1.17
	5시	1.164	1.174	1.177	1.174	1.175
B	8시	1.186	1.184	1.183	1.19	1.185
	12시 30분	1.19	1.183	1.189	1.189	1.184
	5시	1.185	1.182	1.183	1.188	1.187
C	8시	1.175	1.178	1.183	1.181	1.183
	12시 30분	1.178	1.181	1.18	1.184	1.187
	5시	1.181	1.182	1.186	1.182	1.185
D	8시	1.192	1.187	1.185	1.192	1.185
	12시 30분	1.183	1.19	1.183	1.182	1.185
	5시	1.18	1.187	1.184	1.19	1.184

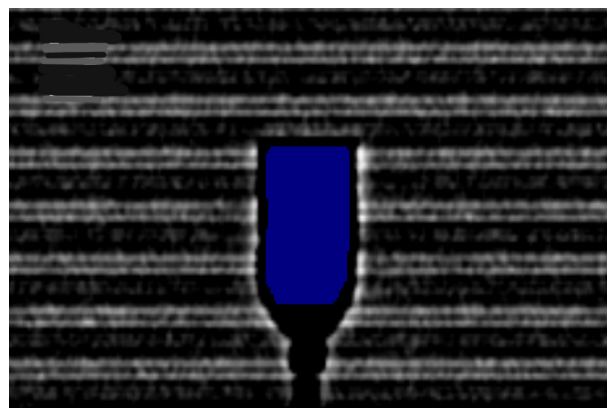
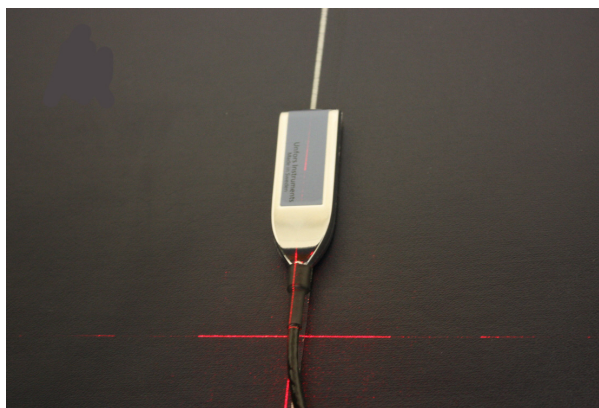


Fig. 3. (A) Measurement by using X-ray dose meter (B) Scan image of X-ray dose meter

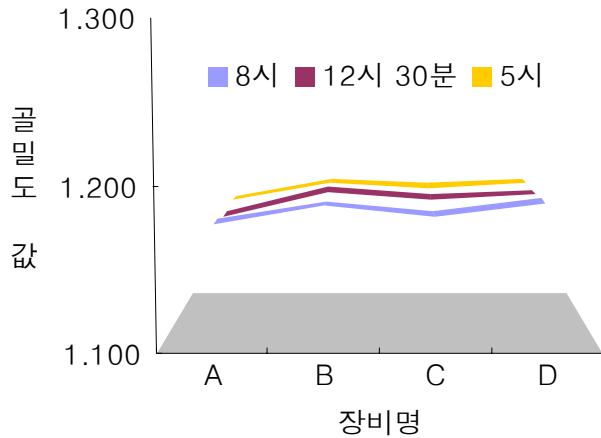


Fig. 4. The equipment comparison of the bone mineral density value measured in ASP phantom.

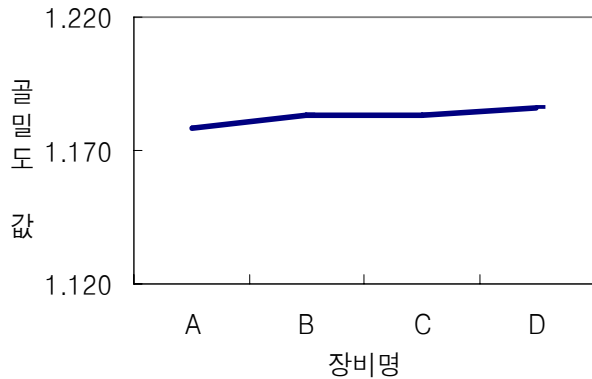


Fig. 5. Time comparison of the BMD value measured in ASP phantom.

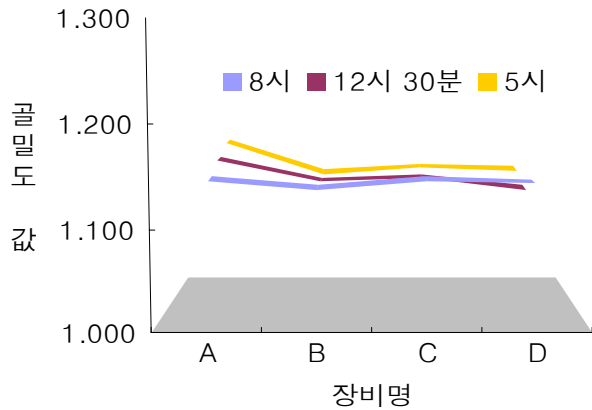


Fig. 6. The equipment comparison of the bone mineral density value measured in ESP phantom.

다. 다른 장비에 비해 A장비의 BMD 값과 X선량의 변화가 나타난 원인으로는 A장비의 노후로 인한 X-ray tube 손상으로 BMD 값의 미세한 차이가 생겼을 가능성이 있다.

아직 우리나라에서는 골밀도 기기의 정도 관리 방법은 phantom 측정 이외에는 시행되지 않는 것으로 알고 있다.

Table 2. The BMD value by using the ESP phantom

		월	화
A	8시	1.138	1.147
	12시 30분	1.146	1.159
	5시	1.158	1.163
B	8시	1.137	1.131
	12시 30분	1.124	1.136
	5시	1.116	1.138
C	8시	1.147	1.138
	12시 30분	1.141	1.127
	5시	1.137	1.129
D	8시	1.141	1.139
	12시 30분	1.124	1.12
	5시	1.125	1.137

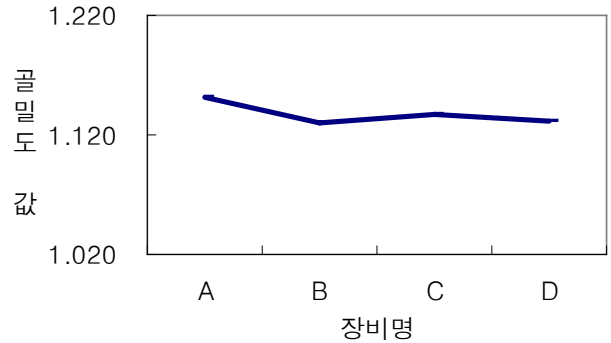


Fig. 7. Time comparison of the bone mineral density value measured in ESP phantom.

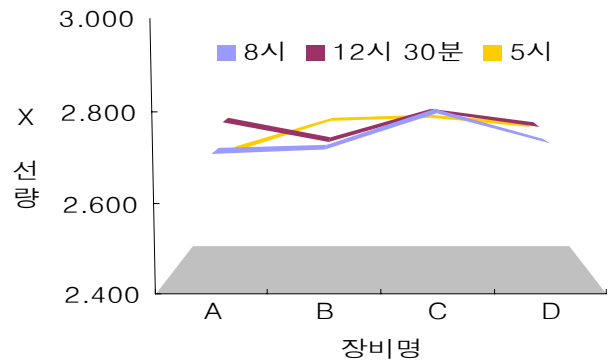


Fig. 8. The equipment comparison of the X-ray dose measured in X-ray dose meter.

따라서 향후 정비의 정밀도 및 정확도를 위하여서는 X-선 선질 평가가 함께 이루어져야 할 것이다. 또한 장비에 적합하도록 제작된 선량계가 없고 측정 방법에 있어서도 산란선을 차폐시키지 않고 측정하여 정확한 측정이 어려웠다.

본 실험에 사용된 장비는 K-edgy filter를 이용하여 두 개의 서로 다른 광전자 피크를 만들어내는 장비로, X-ray tube

Table 3. Measured X-ray dose by using X-ray dose meter

	Dose	월	화	수	목	금
A	8시	2.695	2.717	2.735	2.661	2.711
	12시 30분	2.741	2.743	2.762	2.777	2.762
	5시	2.718	2.727	2.689	2.452	2.735
B	8시	2.73	2.694	2.727	2.677	2.73
	12시 30분	2.605	2.739	2.714	2.711	2.772
	5시	2.717	2.729	2.721	2.729	2.811
C	8시	2.782	2.802	2.791	2.787	2.808
	12시 30분	2.717	2.787	2.798	2.807	2.789
	5시	2.727	2.694	2.745	2.799	2.77
D	8시	2.736	2.661	2.732	2.742	2.758
	12시 30분	2.725	2.745	2.742	2.749	2.762
	5시	2.747	2.727	2.711	2.709	2.739

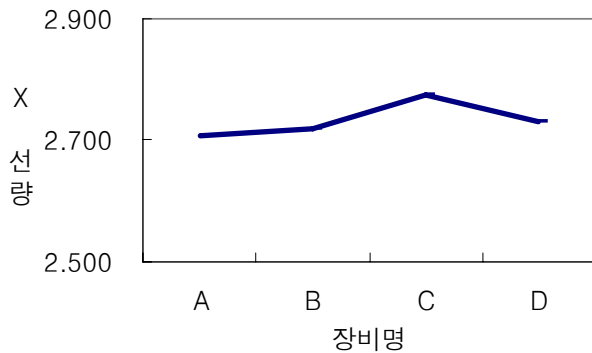


Fig. 9. Time comparison of the X-ray dose measured in X-ray dose meter.

에 pulsed power source를 사용하여 발생하는 다른 장비 (Hologic)를 대상으로 측정하여 비교하지 못하였다. 따라서 추후 방식의 차이를 고려해서 실험한다면 보다 신뢰성 있는 연구를 할 수 있을 것이다.

결론

X-ray tube의 과부하로 인해 발생하는 시간대별 골밀도 값의 차이를 예상하였으나 phantom을 이용한 실험 결과 장비 가동시간에 따른 골밀도 값의 유의한 차이는 없었다. 골밀도 장비의 tube는 일반 X-ray tube와 달리 구조적으로 크기가 작고 target의 angle이 일반 x-ray보다 크기 때문에 전자가 충돌하는 면적이 작다. 그리고 target의 열 발생이 적고 빠른 냉각이 이루어지기 때문에 장비의 가동 시간에 따른 BMD 값의 변화는 없을 것으로 판단된다. 하지만 tube의 평균 수명은 5~7년으로, 문제점 발생 원인은 tube의 진공상태

가 해제되었을 경우의 방전 현상, tube의 흠집, 필라멘트가 끊어졌을 경우 등이 있다. 이러한 문제가 발생하기 전에 본원에서는 QC의 이상으로 문제점이 있는 것을 알아내어 사전에 방지 할 수 있었다. 본원의 정도 관리 방법은 장비 자체에서 수행하는 daily QC와 monthly QC가 있다. daily QC를 통하여 BMD 값의 연속성과 최소한의 변화를 감지하여 흡수되는 양을 보정하고, monthly QC로는 일주일에 3번씩 ASP phantom을 이용하여 L1-4의 ROI를 설정하고 shewhart chart를 작성하여 월별 변동성을 평가하고 있다.

골다공증 검사는 골다공증의 유무를 판단할 뿐 아니라 치료 전후의 평가를 위해 많이 시행되는 검사이다. 골밀도를 측정하기 위해서는 실제 골밀도의 변화를 얼마나 나타낼 수 있는지가 중요하기 때문에 장비의 정도 관리가 잘 이루어져야 한다. 정도 관리는 ब्ल럭 팬텀을 이용하여 장비의 상태를 파악하고 골밀도 값의 수치 보정 및 평가를 할 수 있다. 따라서 정확한 검사를 위해서는 주기적인 정도 관리가 시행되어야 한다. 이로 인하여 골밀도 장비 및 검사의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. S. Kolta, P. Ravaud, J. Fechtenbaum, M. Dougados and C. Roux, Accuracy and Precision of 62 Bone densitometers Using a European Spine Phantom, *Osteoporosis Int.* 1999;10:14-19.
2. S. W. Garland, B. Less and C. Stevenson, DXA Longitudinal Quality Control: A Comparison of Inbuilt Quality Assurance, Visual Inspection, Multi-rule Shewhart Charts and Cusum Analysis, *Osteoporosis Int.* 1997;7:231-237 .
3. Sydney Lou Bonnick, Lori Ann Lewis. Bone densitometry for

- Technologists. 2001.
4. ANN Larkin. Radiation dose & BMD Accuracy: results& findings of EU DEXA study
 5. G. M. Blake, Replacing DXA Scanners: Cross-Calibration with Phantoms May Be Misleading. *Calcif Tissue Int.* 1996;59:1-5.
 6. Nina Emaus, G.K.R. Berntsen, R. Joakimsen, V. FØnnebØ, Bone mineral density measures in longitudinal studies: The choice of phantom is crucial for quality assessment. The TromsØ study, a population-based study. *Osteoporosis Int.* 2005;16:1597-1603.