

이화여자대학교부속  
동대문병원  
경희의료원  
핵의학과  
이 승 진  
최 유 진  
이 평 재  
\* 권 영 호  
\* 정 은 선  
\* 서 길 원  
\* 황 승 연

# Phantom을 이용한 Precision의 측정과 서로 다른 DEXA System의 BMD 교차보정의 유용성

## ABSTRACT

### The Efficiency of BMD Cross-calibration for each different DEXA-System and Measurement of Precision used by Phantom

*Ehwa woman's university dongdaemun hospital radiology  
Kyunghee medical center Nuclear medicine\**

seung jin Lee, yu jin Choi, pyeong jae Lee, young ho Kwon,  
eun sun Jung, kil won Seo, seung yeon Whang

To know the Difference of BMD value actually measured by the Hologic equipment and the Lunar equipment that is the latest machine due to the acknowledgement for the difference of value when the follow-up test was performed by other different equipment after or during the BMD patient's cure,

To get the useful equation which comes out from the Cross-Calibration for each different DEXA-System,

Finally, to demonstrate the reliability of the precision each different equipment.

Prodigy from Lunar(L, Kyunghee medical center Nuclear medicine) and QDR-4500W from Hologic(H, Ehwa woman's university dongdaemun hospital radiology) were used as a test equipment. The precision of these equipments was measured and compared and analyzed from the own phantom of each equipment.

First, 60 women who are aged from 20 to 60, and who never got any medical cure for BMD for a certain period of time and never had got the fracture for 2 years and never got any disease which could effect the BMD value. Each of them was cross-scanned twice by each equipment on the same day.

The BMD data which came out from the cross scan of 60 volunteers was compared with the equation that could calibrate each equipment's BMD value through the regression analysis.

As a result of the measurement of the precision that was measured by phantom, CV%(; Percent Coefficient of Variation) value of H was 0.67% and of L was 0.34% -each of those was within a possible error in measurement, 2%, and the average BMD measured by H was analyzed that it was about 10% lower than measured by L when the volunteers were scanned by another equipment.

The Cross-Calibration( $Hologic = 0.890 * Lunar + 0.1317$ ,  $Lunar = 1.088 * Hologic + 0.01699$ ) was obtained from the BMD-data through the regression analysis about the volunteers. R(; correlation coefficient) between each equipment's BMD value was very excellent : 0.984 and SEE(; Standard E Error) was low : 0.0239.

Each equipment's precision was very excellent as a result of comparison and analysis of the BMD values through the test, and it was proved that each phantom was made most suitable for each equipment.

Even though the same volunteers showed some difference on the BMD value according to each equipment. It is regarded as a difference of the mechanism calculating the BMD value of each equipment and of data-collecting methods. Finally is considered that it should be necessarily compared through the cross-calibration because it is so important data that we can expect the symptoms for the follow-up test of the patient who has same disease with a volunteer.

## I 서 론

골다공증의 유병률은 인종이나 지역에 따라 다른 것으로 알려져 있는데, 한국인 50세 이상 여성에서 골감소증을 포함한 골다공증의 유병률이 46%로 보고 된 바 있다. 2001년 통계청의 발표에 따르면 한국인의 평균수명은 여성이 2001년 80.6세에서 2050년대에는 86.24세, 남성이 2001년 76.53세에서 2050년대에는 79.95세로 증가될 전망이다. 따라서 향후 인구 노령화에 따른 골다공증 환자의 증가는 자연적인 현상이 될 것으로 추정된다<sup>1)</sup>.

골다공증의 진단은 1963년 Cameron 등이 제시한 골밀도검사(in vivo)에 의해 처음 이루어졌다<sup>2)</sup>. 이후 지속적인 발전을 통하여, 여러 종류의 검사법이 개발되었으며, 이중에너지 방사선 흡수법(Dual Energy X-ray Absorptiometry : DXA)이 1987년에 도입된 이후 짧은 검사 시간과 우수한 정밀도(precision), 정확성(accuracy), 재현성 및 양광자 감마선 흡수법(Dual Photon Absorptiometry)과는 달리 동위원소를 교체할 필요가 없다는 점 등의 장점 때문에 현재 가장 널리 이용되고 있다.

현재 전 세계적으로 사용되고 있는 DXA 기종은

Hologic사와 GE-Lunar사 및 Norland사 세 회사에서 만든 기종으로, 어느 DXA 기종으로 골밀도를 측정하느냐에 따라 같은 환자라 하더라도 골밀도 측정치와 T-score 및 젊은 정상 성인의 골밀도 평균치(정상 참고치)에 대한 백분율이 차이가 나는 것으로 알려져 있다. 따라서 같은 환자가 서로 다른 병원에서 다른 DXA 기종으로 골밀도 검사를 받거나, 같은 병원에서 검사를 받았더라도 다른 기종으로 추적 검사를 시행하여 골밀도의 차이가 발생할 경우에는 이 차이가 실제 환자 자체의 골밀도 변화 때문인지 DXA 기종의 차이 때문에 생긴 오차인지를 판단하기가 어려울 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 서로 다른 DXA 기종간의 골밀도 측정치를 교차보정(cross calibration)하기 위한 연구는 그동안 여러 논문에서 보고 되어왔다<sup>3,4)</sup>. 이에 저자들은 먼저, 장비의 우수성을 입증하고자 정밀도와 정확성을 표현하는 precision을 실험을 통해 알아보하고자 한다. 또한 실제 환자의 BMD를 두 장비로 교차 scan하여 그에 따른 BMD값의 차이를 평가하고 그에 따라 서로 보정할 수 있는 교차방정식을 구하고자 하였다.

1) 통계청. 장래인구추계 통계청 2001.12

2) JA, REA, MB, CHEN, J, LI, GM, BLAKE, P, STEIGER, HK, GENANT, and FOGELMAN. Morphometric X-Ray Absorptiometry and Morphometric Radiography

3) Gundry HK, Grampp S, Gluer CC, Faulkner KG, Jergas M, et al. Universal Standardization for dual X-ray absorptiometry; patient and phantom cross-calibration Results. *J Bone Miner Res* 1994;9:1503-14

4) Van Stetten EC, Steiger S, Steiger P, Kelly Cross-calibration of dual-energy X-ray absorptiometry(DXA) bone densitometry systems. *Calci Tissue Int* 1992;52:166.

## II 대상 및 방법

### 1. 두 장비간의 정밀도(Precision) 평가

서로 다른 기종(LUNAR PRODIGY와 HOLOGIC QDR-4500W)에 맞게 제작된 두 Phantom(LUNAR #12536/HOLOGIC #11786)을 이용하여 각 기종의 재현성과 정확성을 평가하였다. 그 방법으로 각 사에서 제작된 Phantom을 기종에 맞추어 50번씩 scan하였으며, scan 시에 Phantom의 위치를 달리하여 실험에 신뢰성을 더 하였다.

### 2. 서로 다른 기종간의 교차방정식 평가

최근 일정기간동안 골다공증과 관련한 약물치료(부신 피질호르몬, 갑상선호르몬, 항경련제, 해파린, 에스트로겐, 칼슘제)를 한 적이 없고, 최근 2년간 골절 경험이 없으며, 흡연이나 카페인 과다 섭취환자, 저 체중, 골밀도 수치를 변화시킬 수 있는 질병(내분비질환, 신장 질환, 소화기질환, 갑상선질환, 부갑상선질환, Cushing 증후군, 성선 기능저하증)이 없는 20~60세 여성 60명을 모집하였다. 평균연령 40.4세이고 평균 체중은 58.2 kg이며, 평균 신장은 158.2 cm이었다. 이들은 동일한 날에 각각의 장비(LUNAR PRODIGY, HOLOGIC QDR-4500W)를 사용하여 제2-4 요추부위를 중심으로 전후면의 골밀도 검사를 각각 1번씩 교차 시행하였다. 검사의 오차를 최소화하기 위하여 제2-4 요추 부위는 바로 누운 자세에서 고관절을 굴곡 시키고, 하지를 보조기구에 올려놓은 상태에서 검사하였고, 1년 이상 숙련된 방사선사가 검사를 시행하였다.

두 기종간의 같은 대상자의 제2-4 요추 골밀도 값을 선형회귀 분석을 통해 기울기(slope)와 절편(intercept)을 구하여 두 DXA기종간의 교차방정식을 구하였다. 또한 두 가지 측정 data군의 연관성을 나타내는 상관계수(correlation coefficient : R)와 교차방정식을 통해 발

생할 수 있는 BMD집단간의 오차인 표준오차(standard error of estimate : SEE)를 구하였다. 이 결과를 토대로 각 기종간의 교차방정식을 구하여 비교하였다.

## III 결과

### 1. 두 장비간의 정밀도(Precision) 평가

LUNAR PRODIGY장비에서의 phantom을 이용하여 precision을 측정한 결과 평균값(Mean)은  $1.238(\text{g}/\text{cm}^2)$ 이며, 표준편차 값(SD)은  $\pm 0.004(\text{g}/\text{cm}^2)$ , 변동계수율(CV%)은 0.34%, 제곱근 평균 제곱 표준편차(Root-mean-square SD ; RMS-SD)는  $0.063\text{g}/\text{cm}^2$ 이었다. 한편, HOLOGIC QDR-4500W장비에서의 평균값(Mean)은  $1.192(\text{g}/\text{cm}^2)$ 이며, 표준편차 값(SD)은  $\pm 0.006(\text{g}/\text{cm}^2)$  변동계수율(CV%)은 0.48%, 제곱근 평균 제곱 표준편차(Root-mean-square SD ; RMS-SD)  $0.077(\text{g}/\text{cm}^2)$ 이다(Table 1 참조).

Lunar와 Hologic장비 모두 ISCD(International Society for Clinical Densitometry)의 국제 표준 규정에 의한 변동을 CV(%)  $\pm 2\%$ 안에 포함되었음을 알 수 있었다(Figure 1).

### 2. 서로 다른 기종간의 교차방정식(Cross-calibration equations) 평가

제2-4 요추에서 Lunar 기종으로 측정된 골밀도는  $0.958 \pm 0.17(\text{g}/\text{cm}^2)$ 이었고 Hologic 기종은  $0.851 \pm 0.144(\text{g}/\text{cm}^2)$ 로 Lunar 기종이 Hologic 기종에 비해 평균 13% 높게 측정되었고 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.001$ ).

이를 회귀분석을 이용하여 제2-4 요추에서 측정된 골밀도의 기종간 교차보정식(Hologic =  $0.890 * \text{Lunar} + 0.1317$ , Lunar =  $1.088 * \text{Hologic} + 0.01699$ )을 구하였고, 각 장비 간 BMD값 사이의 상관계수(r)는 0.984

Table 1. 장비별 Phantom 기준으로 한 Precision data의 평가

	Mean ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	SD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )	CV (%)	RMS SD ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )
LUNAR PRODIGY	1,238	$\pm 0.004$	0.340	0.063
HOLOGIC QDR-4500W	1,192	$\pm 0.006$	0.480	0.077

Table 2. 두 장비간의 phantom의 data 값

No	Lunar prodigy	Hologic QDR-4500W	No	Lunar prodigy	Hologic QDR-4500W
	L-phantom	H-phantom		L-phantom	H-phantom
1	1.236	1.015	26	1.234	1.021
2	1.237	1.017	27	1.236	1.027
3	1.234	1.033	28	1.244	1.019
4	1.234	1.030	29	1.235	1.025
5	1.249	1.025	30	1.242	1.024
6	1.244	1.024	31	1.243	1.019
7	1.235	1.020	32	1.237	1.019
8	1.238	1.017	33	1.243	1.030
9	1.243	1.025	34	1.229	1.027
10	1.237	1.026	35	1.236	1.026
11	1.241	1.024	36	1.238	1.022
12	1.229	1.024	37	1.240	1.024
13	1.236	1.021	38	1.235	1.021
14	1.233	1.021	39	1.236	1.060
15	1.240	1.024	40	1.234	1.035
16	1.246	1.023	41	1.245	1.028
17	1.244	1.032	42	1.239	1.026
18	1.241	1.026	43	1.239	1.029
19	1.233	1.021	44	1.234	1.023
20	1.237	1.025	45	1.236	1.023
21	1.238	1.024	46	1.241	1.010
22	1.235	1.024	47	1.240	1.022
23	1.236	1.029	48	1.235	1.024
24	1.240	1.027	49	1.239	1.019
25	1.234	1.021	50	1.245	1.020

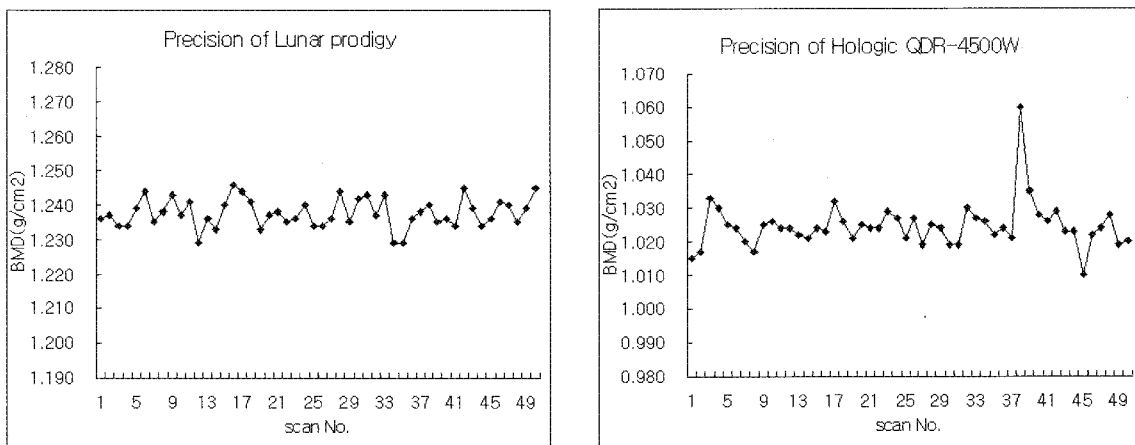


Figure 1. 두 장비의 정밀도(Precision)

Table 3. Cross-Calibration Equations of BMD for L2-4 spine Lunar Prodigy and Hologic QDR 4500-W.

Cross-calibration equations	r	SEE(g/cm <sup>2</sup> )
Lunar = 1,088 * Hologic + 0,01699	0,984	0,0239
Hologic = 0,890 * Lunar + 0,1317	0,984	0,0216

Table 4. 환자를 대상으로 한 교차 Scan BMD값(g/cm<sup>2</sup>)

NO	Lunar prodigy	Hologic QDR-4500W	NO	Lunar prodigy	Hologic QDR-4500W
1	1,208	1,076	31	0,912	0,830
2	1,292	1,151	32	0,981	0,893
3	1,163	1,236	33	0,876	0,797
4	1,134	1,026	34	1,068	0,964
5	1,164	1,053	35	1,151	1,039
6	1,090	0,983	36	1,048	0,946
7	1,126	1,046	37	0,912	0,821
8	1,219	1,132	38	0,995	0,896
9	1,102	1,024	39	0,883	0,795
10	0,873	0,849	40	1,108	1,014
11	1,039	1,010	41	1,158	1,060
12	0,865	0,841	42	1,108	1,014
13	1,140	0,996	43	0,905	0,794
14	1,201	1,049	44	0,934	0,819
15	1,106	0,966	45	0,874	0,767
16	1,161	1,051	46	0,984	0,883
17	1,230	1,113	47	1,057	0,949
18	1,089	0,986	48	0,966	0,869
19	0,844	0,737	49	0,760	0,693
20	0,958	0,837	50	0,861	0,785
21	0,831	0,726	51	0,741	0,675
22	0,910	0,803	52	1,055	0,938
23	0,940	0,829	53	1,038	0,930
24	0,861	0,760	54	0,781	0,713
25	0,904	0,838	55	1,041	0,931
26	0,995	0,922	56	0,802	0,725
27	0,904	0,838	57	0,796	0,731
28	1,009	0,965	58	0,819	0,741
29	1,075	0,906	59	1,032	0,918
30	0,960	0,862	60	1,045	0,935

로 매우 우수하였으며, 표준예측오차(SEE)는 0.0239 (Lunar), 0.0216(Hologic)으로 낮은 오차를 나타냈다 (Table 3 참조).

## IV 고찰

골다공증은 폐경 이후 또는 노인 중에서 골 형성의

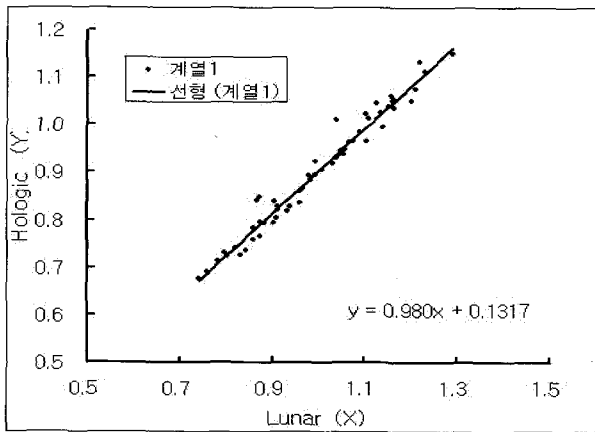


Figure 5. Prodigy와 QDR-4500W의 상관관계

감소 및 골 흡수의 증가로 인하여 골의 양이 전반적으로 감소하는 질환으로 골 피질이 얇아지고, 골소주의 수량과 크기가 감소될 뿐만 아니라 골의 약화를 일으키게 되어, 결과적으로 뼈가 쉽게 부러지거나 골절에 대한 감수성이 증가되는 상태이다. 골다공증을 유발하는 위험인자로는 칼슘부족, 비타민D 부족, 만성질환의 유무, 호르몬 장애, 운동부족, 약물복용, 흡연 및 음주, 저 체중이나 연령에 의한 것 등이 있을 수 있다<sup>5)</sup>.

임상에서 흔히 골다공증이라고 판정된 원인으로는 크게 일차성과 이차성 골다공증 두 가지로 분류된다. 일차성 골다공증은 가장 흔한 형태로 어떤 확실한 원인 없이 발생한 골밀도 감소라고 한다. 그 위험 요인은 폐경기 상태(postmenopausal-status), 인종, 수술로 인한 폐경(surgical menopause), 골다공증의 가족력, 알콜이나 흡연, 오랫동안 무활동에 기인된다. 이 차성 골다공증은 잠재적 원인론(병인론)을 확인할 수 있는 감소된 골밀도라고 하며, 이 차성 요인으로는 만성 신부전, 소화기계의 질환(흡수장애, 간 질환/부전, 수술), 악성종양(다 골수종multiple myeloma, 전이성 질환), 대사성 골 질환(osteomalacia, Paget's disease), 내분비 질환(갑상선기능항진증, hypercortisolism, 부갑상선기능항진증 hypogonadism), 약물(cortico-steroids, 갑상선 호르몬, phenobarbital or phenytoin과 같은 항경련제)로 구분되어진다. 과거에는 골밀도 진단을 단순 X선 촬영으로 확인하였으나 최근에는 미세한 골밀도 변화를 감지 할 수 있는 정량화된 측정기를 이용하여

진단하는데 측정 원리에 따라 광자를 이용한 방법(Photon absorptiometry ; PA), 이중 에너지 X선을 이용한 방법(Dual Energy X-ray Absorptiometry : DXA), 초음파를 이용하는 방법(Quantitative ultrasound ; QUS), CT를 이용하는 방법(Quantitative computed tomography ; QCT) 등이 있다. 최근에 개발된 DXA장비는 검사시간이 짧고 정밀도 오차가 적으며 동위원소를 교체할 필요가 없는 장점이 있으므로 대다수의 사용자들이 DXA장비를 이용하여 BMD를 측정한다. 방사선이 인체를 투과할 때 생기는 투과율 차이로써 물질의 밀도를 산출하는 방식을 말하며, 이는 연부조직을 투과하는 저에너지와 골 조직을 투과하는 고 에너지의 방사선을 이용한다.

최근에는 다중검출기와 fan beam 방식을 사용하여 방사선 사진과 같은 정도의 우수한 해상력과 함께 검사 시간도 수십 초 단위(한 부위에 15초~2분)로 단축되었다. 우수한 정밀도(요추 : 0.5~1.5%, 대퇴골 : 1~2%, 전신, 상완 : 1% 이하)를 보여서 추적 검사로 적합하며, 유효 방사선 피폭량은 단순흉부촬영의 50분의 1 정도이므로 방사선 안전관리 측면에서도 아무런 문제가 없다<sup>6,7)</sup>.

시간경과에 따른 골밀도의 변화를 정확하게 알아보기 위해서는 장비의 정밀도(precision) 혹은 정확도(accuracy)가 중요하다. 이것들을 알아보기 위해서는 SD (Standard Deviation : 표준편차), RMS SD(Root-mean-square SD : 제곱근 평균 제곱 표준편차), CV(Coefficient of Variation : 변동계수), CV%(Percent Coefficient of Variation : 변동계수율), PE(Precision Error : 정밀도 오차)를 구하여야 한다.

골밀도수치는 동일한 환자라도 어느 DXA 기종으로 측정하느냐에 따라 그 절대치에 차이가 날 수 있는데 일반적으로 Lunar Prodigy 장비가 Hologic QDR-4500W장비보다 약간 높게 측정되는 것으로 알려져 있다. 이렇게 기종에 따라 골밀도 절대치의 차이가 나는 이유를 Gundry 등은 두 기종간의 발생된 이중에너지

5) 양승오, 함수연, 골밀도 측정법을 이용한 골다공증 치료의 경과 추적. 대한내분비 학회지:2001;16(4-5):401-402

6) Van stetten EC, Steiger S, Steiger P, Kelly Cross-calibration of dual-energy X-ray absorptiometry(DXA) bone densitometry systems, *Calc Tissue Int* 1992;52:166  
7) Yang S-O, Hagiwara S, Engelke K, Dhillon MS, Guglielmi G, Bendavid EJ, Soejima O, Nelson DL, Genant HK: Radiographic absorptiometry for bone mineral measurement of the phalanges: precision and accuracy study. *Radiology* 192:857-859, 1994

Table 5. Performance of Fan-Beam Densitometers (precision : 1.0%)

	Precision (CV)	Time (spine) scan + scout (sec) [2,4]	Effective Patient Dose	Operator Exposure at 1 m
Prodigy	1.0%	30 + 0 = 30	0.7~1.3 $\mu$ Sv	< 0.3 mR/hr
QDR-4500W	1.0%	30 + 10 = 40	3.0~4.0 $\mu$ Sv	< 2.3 mR/hr

준위의 차이, 측정 영역 결정의 차이, 측정 영역의 테두리를 결정하는 차이, 보정 방식의 차이 때문이라고 보고하였다<sup>8)</sup>.

Lunar Prodigy 장비는 에너지의 발생원에서 134 kVp의 단일 에너지 준위만 생성되고, CZT(Cadmium Zinc Tellurites)검출기에서 낮은 에너지 영역(channel)과 높은 영역으로 나누어 감지한다. CZT란 X-ray를 빛으로 바꾸기 전에 전자 신호로 변환시켜 주는 에너지 감응물질로 에너지 변환에 요구하는 energy-blind 감지기의 고유의 특성을 가지고 있어 동시에 측정할 수 있다.

반면에 Hologic QDR-4500W의 경우는 에너지 발생원 자체에서 100 kVp와 140 kVp의 2개의 에너지를 발생시킨다. 이를 이용하여 직접 두 종류의 에너지를 방출하는 방법이 있다. narrow fan beam 방식인 Lunar Prodigy와 fan beam 방식인 Hologic QDR-4500W의 scan 시간과 유효선량, 확대율의 차이, 재구성의 오차로 인해 기계적인 차이를 가질 수 있다. 측정 영역의 결정이나 테두리 결정은 두 기종 고유의 소프트웨어(software)에 의해 결정되고, 보정 방식(calibration) 역시 Lunar Prodigy기종은 고유의 팬텀(phantom)을 가지고 수동으로 보정을 하나 Hologic QDR-4500W 기종은 self-calibrating system에 의해 자동 보정된다.

여러 종류의 DXA를 비교한 이전의 연구들에 의하면 제2-4 요추에서 골밀도는 기종간에 높은 상관관계를 보인다고 하였는데, 본 연구에서도 0.984의 높은 상관관계를 보였다. 본 연구에서 얻어진 교차 보정식들은 이전 연구 결과에서 보고된 식들과 다소 차이가 있었다. 제2-4 요추의 골밀도 교차 보정식은 Genant 등에 따르면  $Hologic = 0.906 \times Lunar - 0.025$ 인데, 본 결과는  $Hologic = 0.890 \times Lunar + 0.1317$ 이었다. 이렇게 교차보정식의 차이는 본 연구가 이전 연구 때 사용했던

기종에 비해 하드웨어(hardware)와 소프트웨어가 모두 향상된 기종을 사용했고(Lunar Prodigy vs Hologic QDR 4500-W)대상군의 인종이나 환경 차이 때문이라고 생각된다<sup>9,10)</sup>.

Genant 등은 연령별 골대사의 변화에 따른 내부의 수산화인회석(hydroxyapatite) 함량을 알고 있는 표준 팬텀을 사용해 한 기종에서 다른 기종의 골밀도로 전환할 수 있는 표준 골밀도 값(sBMD)을 얻음으로써 각 기종 간 골밀도의 차이를 줄일 수 있는 표준 골밀도를 얻었다. 그러나, 본 연구에서의 제한점은 표준 팬텀을 구할 수 없어 이를 얻지 못하였다는 점과 현재 사용 중인 세 종류의 DXA 기종 중 두 기종만을 대상으로 하였다는 점으로, 교차 보정식을 일상적인 추적 골밀도 검사 시 널리 이용하기에는 제한이 따른다는 점이다.

## IV 결론

본 실험을 통하여 각 장비의 precision은 Lunar Prodigy장비가 0.340%, Hologic QDR-4500W장비가 0.480%로 매우 우수하였다.

교차 검사를 시행한 환자의 data를 이용하여 Lunar Prodigy 기종과 Hologic QDR-4500W기종간의 골밀도 교차보정식( $Hologic = 0.890 \times Lunar + 0.1317$ ,  $Lunar = 1.088 \times Hologic + 0.01699$ )을 얻을 수 있었다. 이는 추적 검사를 다른 DXA 기종으로 시행한 경우나 한 기종으로 측정된 연구 결과를 다른 기종으로 측정된 연구 결과와 비교 분석하고자할 때 유용하게 사용될 수 있을 것이라고 생각된다.

8) Gundry HK, Grampp S, Gluer CC, Faaulkner KG Jergas M, et al. Universal Standardization for dual X-ray absorptiometry; patient and phantom cross-calibration Results. J Bone Miner Res 1994;9:1503-14

9) Gundry HK, Grampp S, Gluer CC, Faaulkner KG Jergas M, et al. Universal Standardization for dual X-ray absorptiometry; patient and phantom cross-calibration Results. J Bone Miner Res : 1994;9:1503-14

10) Precision of DXA scanning assessed over years in forty postmenopausal women, Osteoporosis Int 11:68-75, 2000

그러므로 추적 검사의 경우는 반드시 처음 검사와 비교하여 관심영역의 위치와 요추의 영역설정, 대퇴골의 회전 정도 등을 일관성 있게 유지한 상태에서 검사하고, 분석해야 하며, 골밀도 측정 기기의 정도관리(Quality Assurance; QA) 또한 신중히 이루어져야 할 것으로 생각된다.

다 기종간의 BMD값의 이상적인 비교를 위해서는 표준 팬텀을 이용하여 각 기종간의 골밀도 절대치를 표준화하고 정상 골밀도 참고치의 통일화가 필요하리라 생각된다. 동일 환자라 하더라도 장비에 따라 BMD값이 일정한 간격의 차이를 보였는데, 이는 각 장비의 BMD값을 산출하는 Mechanism과 data수집방법의 차이라고 보여지며, 동일 환자의 follow-up 검사시에 예후를 판단할 수 있는 중요한 자료이므로 반드시 교차 보정식을 통한 비교가 후처리되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 김상욱, 김홍규, 홍정수, 박종열, 김기수. 정읍지역 폐경 후 여성에서 TGF- $\beta$ 1 유전자 다형성과 골 초음파 지표와의 상관관계. 대한 골 대사학회 :2000;7(1):13-20
2. 김혜완, 이규훈, 김덕윤 등. 골밀도 검사에서 골다공증의 관련인자 분석. 대한재활의학회지 :1999;23(1):168-174
3. 우선옥, 배상수, 김동현. 여성 골다공증의 위험요인에 관한 환자-대조군 연구. 예방의학회지 :1995;28(3): 609-622
4. 한인권. 골다공증의 진단과 치료의 최신지견. 가정의학회지 1997;18(11):1291-1298
5. 김혜완, 이규훈, 김덕윤 등. 골밀도 검사에서 골다공증의 관련인자 분석. 대한재활의학회지 1999;23(1):168-174
6. 조진만, 강재승, 김기수 외; 서로 다른 이중 에너지 방사선 흡수기계 기종간의 골밀도 교차보정 :1999;33.35: 282-288
7. Cho JA, Kim SW, Kim A, Ku JR, Kim YT, Yim CH, et al. Standardization for dual energy x-ray absorptiometry. Koren J Med 1997;52:445-8
8. Spine BMD and Heel Stiffness Correspond in Postmenopausal Osteoporosis and its Treatment with Estrogen. J.Stepan et al (Bone 1998:23)
9. WHO study group. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. WHO Technical Report Series :1994:843
10. RS. WEINSTEIN. True Strength JBMR 15:4, 621, 2000
11. HM. FROST. On the Trabecular "Thickness"-Number Problem JBMR 14:11, 1816, 1999
12. KG.FAULKNER. Bone Matters: Are Density Increases Necessary to Reduce Fracture Risk? JBMR 15:2, 183, 2000
13. DW. DEMPSTER. The Contribution of Trabecular Architecture to Cancellous Bone Quality JBMR 15:1, 20, 2000
14. JC. VAN DER LINDEN, J. HOMMINGA, JN. VERHAAR, and H. WEINANS. Mechanical Consequences of Bone Loss in Cancellous Bone JBMR 16:3, 457, 2001
15. JH. KINNEY, DL. HAUPT, M. BALOOCH, AJC. LADD, JT. RYABY, and NE. LANE. Three-Dimensional Morphometry of the L6 Vertebra in the Ovariectomized Rat Model of Osteoporosis: Biomechanical Implications JBMR 15:10, 1981, 2000
16. RD. BLANK. Breaking Down Bone Strength: A Perspective on the Future of Skeletal Genetics JBMR 16:7, 1207, 2001
17. JA. REA, MB. CHEN. J. LI, GM. BLAKE, P. STEIGER, HK. GENANT, and FOGELMAN. Morphometric X-Ray Absorptiometry and Morphometric Radiography of the Spine: A Comparison of Prevalent Vertebral Deformity Identification JBMR 15:3, 564, 2000
18. Ross PD, Kress BC, Parson RE, Wasnich RD, Armour KA, Mizrahi IA. Serum Bone Alkaline Phosphatase and Calcaneus Bone Density Predict Fractures : A Prospective Study. Osteoporosis Int. 2000; 11: 76-82
19. Evaluation of Quantitative Ultrasound and Dual X-ray Absorptiometry Measurements in Women with and without Fractures. Anne Peretz et al. ((Journal of Clinical Densitometry, vol 2, no. 2, 127-133
20. Cameron JR, Sorenson J. Measurement of bone mineral in vivo : An improved method. Science 1964; 142: 230-2