

서로 다른 이중에너지 방사선흡수기계 기종(Hologic QDR 4500-A와 Lunar EXPERT-XL) 간의 골밀도 교차 보정

울산대학교 의과대학 서울중앙병원 핵의학과, 내분비내과,¹ 대림성모병원 방사선과²
조진만² · 김재승 · 김기수¹ · 김상욱¹ · 신중우 · 문대혁 · 이희경

Cross-calibration of Bone Mineral Density between Two Different Dual X-ray Absorptiometry Systems: Hologic QDR 4500-A and Lunar EXPERT-XL

Jin Man Jo, M.D.,² Jae Seung Kim, M.D., Ghi Su Kim, M.D.,¹ Sang-Wook Kim, M.D.,¹
Jung Woo Shin, M.D., Dae Hyuk Moon, M.D. and Hee Kyung Lee, M.D.

Departments of Nuclear Medicine and Endocrinology,¹ Asan Medical Center, University of Ulsan
College of Medicine, Seoul, Korea; and Department of Diagnostic Radiology,
Dae Rim St. Mary's hospital,² Seoul, Korea

Abstract

Purpose: A cross-calibration equation is needed to compare bone mineral density measured by different dual X-ray absorptiometry systems. We performed this study to establish appropriate cross-calibration equations between two different dual X-ray absorptiometry systems. **Materials and Methods:** Bone mineral density of anterior-posterior lumbar spine (L2-4 level) and femoral neck were measured in 109 women (55 ± 11yr) using two different dual X-ray absorptiometry systems (Lunar EXPERT-XL and Hologic QDR 4500-A). Bone mineral density values measured by two systems, including area, bone mass content, bone mineral density and percentile of young normals were compared and cross-calibration equations between two systems derived. **Results:** The bone mineral density values of 109 women measured by Lunar system were $0.958 \pm 0.17 \text{ g/cm}^2$ at L2-4 and $0.768 \pm 0.131 \text{ g/cm}^2$ at femur neck, which were significantly higher ($13 \pm 6\%$ at L2-4 and $19 \pm 7\%$ at femur neck, $p < 0.001$) than those ($0.851 \pm 0.144 \text{ g/cm}^2$ at L2-4 and $0.649 \pm 0.108 \text{ g/cm}^2$ at femur neck) by Hologic system. Bone mineral content and percentile of young normals measured by Lunar system were also significantly higher than those by Hologic system ($p < 0.001$), whereas there was no difference in area ($p > 0.05$). There was a high correlation between bone mineral density values of L2-4 and femoral neck obtained with both dual X-ray absorptiometry systems ($r = 0.96$ and 0.95 , respectively). Cross-calibration equations relating the bone mineral density were Lunar = $1.1287 \times \text{Hologic} - 0.0027$ for L2-4 and Lunar = $1.1556 \times \text{Hologic} + 0.0182$ for femoral neck. **Conclusion:** We obtained cross-calibration equations of bone mineral density between Lunar EXPERT-XL and Hologic QDR 4500-A. These equations can be useful in comparing bone mineral density obtained by different dual X-ray absorptiometry systems. (Korean J Nucl Med 1999;33:282-8)

Key Words: Dual X-ray absorptiometry, Bone mineral density, Osteoporosis, Cross calibration

Received Apr 8, 1999; revision accepted May 24, 1999

Corresponding Author: Jae Seung Kim, M.D., Department of Nuclear medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan
College of Medicine, 388-1 Pungnap-dong, Songpa-gu, Seoul 138-736, Korea
Tel: 82-2-2224-4594, Fax: 82-2-2224-4588, E-mail: jaeskim@www.amc.seoul.kr

서 론

골밀도(BMD: bone mineral density)는 골다공증을 진단하는데 필요한 중요한 요소 중의 하나로 이를 정확히 측정하는 것은 골다공증을 진단하는 것뿐만 아니라 골절의 위험도를 판단하고 치료 효과를 파악하는데 중요하다. 골밀도를 정확히 측정하기 위한 방법으로는 여러 종류의 검사법이 있으나 이중에너지 방사선 흡수법(Dual X-ray Absorptiometry: DXA)이 1987년에 도입된 이후 짧은 검사 시간과 우수한 정밀도(precision), 및 양광자 감마선 흡수법(Dual Photon Absorptiometry)과는 달리 동위원소를 교체할 필요가 없다는 점등의 장점 때문에 현재 가장 널리 이용되고 있다.^{1,2)}

현재 전세계적으로 사용되고 있는 DXA 기종은 Hologic Inc.과 Lunar Corp. 및 Norland Corp. 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.³⁻⁶⁾ 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 보고되어 왔는데,^{5,7,9)} 지금까지 보고된 논문에서 사용된 DXA 기종은 현재 널리 사용되지 않는 구형(old version)의 기종으로 골밀도의 차이가 기종 간의 차이 때문만이 아니라 같은 기종이라 하더라도 X-ray 발생장치 등의 기계적 장치(hardware)나 작동 및 분석 프로그램(software)의 향상(upgrade) 의해서도 발생하므로^{10,11)} 구형의 기종을 바탕으로 만들어진 결과를 현재 사용되는 기종에 그대로 적용하는 것은 무리가 있다.

이에 저자들은 현재 국내에서 골밀도 측정을 위

해 널리 사용 중인 Lunar EXPERT-XL과 QDR 4500-A로 측정된 골밀도의 차이를 평가하고, 그 차이를 보정하기 위한 두 기종간의 골밀도 교차보정식을 얻고자 하였다.

대상 및 방법

최근 2개월 간 건강검진 및 골다공증 진단을 위해 내원한 103명의 여성과 6명의 젊은 여성 자원자를 대상으로 하였다. 대상군의 나이는 30대 이하가 7명, 40대가 20명, 50대가 49명, 60대가 26명, 70대 이상이 7명으로 21세부터 92세에 걸쳐 있었고 평균 나이는 55 ± 11 세(평균 \pm 표준 편차)였다. 대상군 선정시 2차적으로 골다공증을 의심할 수 있는 상황 즉 부갑상선 기능 항진증, 류마티오이드 관절염, 갑상선 기능 항진증, 제1형의 당뇨병, 신질환, 스테로이드 사용, 흡연, 카페인 과다 섭취환자, 골밀도가 증가할 수 있는 말단 비대증과 수술 후의 부갑상선 기능 저하증 환자 등은 제외시켰다. 그리고 요추에 골밀도 측정에 지장을 줄 정도의 심한 압박성 골절이 있거나 금속성 고정물 또는 대치물이 있는 환자도 제외시켰다.

총 109명의 연구 대상자들에게는 이 연구의 목적을 설명한 후 검사에 대한 동의를 얻었고 전향적으로 같은 날, 두 종류의 DXA 기종(Lunar EXPERT-XL, Medison, USA and Hologic QDR 4500-A, Waltham, USA)을 사용하여 제2-4 요추와 대퇴골 경부 부위를 중심으로한 전후면의 골밀도 검사를 각각 시행하였다. 검사의 오차를 최소화하기 위하여 제2-4 요추 부위는 양와위에서 고관절을 굴곡시키고 하지를 다리걸이에 올려놓은 상태에서 검사하였고, 대퇴 경부는 대퇴골을 약 30도 가량 내전시킨 상태에서 검사하였으며 두 DXA 기종 각각에 6개월이상 DXA 촬영을 전담한 숙련된 방사선사가 검사를 시행하였다.

검사 후 얻어진 제2-4 요추와 대퇴골 경부의 측정 영역(area), 골무기질량(BMC: bone mineral content), 골밀도와 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율 등을 이용하여 두 기종간의 차이를 비교하였다.

두 기종에서 T-score를 계산하기 위해 이용되는

각각의 정상 참고치는 측정된 골밀도를 정상 참고치에 대한 백분율로 나누고 그 값에 100을 곱하여 역으로 추정하였고 두 기종간의 측정영역, 골무기질량, 골밀도, 정상 참고치에 대한 백분율(percentile of young normals)의 차이 등은 paired T-test를 사용하여 통계학적 의의를 검증하였다.

또한 Hologic기종에서 얻은 T-score를 기준으로 T-score가 -2.5 이하를 골다공증군으로, -1 이상을 정상군으로 분류하여 골밀도의 높고 낮음에 따라 두 기종간 골밀도의 차이가 변화하는지를 독립 표본 T-test로 검증하였다.

제2-4 요추와 대퇴골경부의 교차보정식을 얻기 위해 측정영역과 골무기질량, 골밀도, 정상 참고치에 대한 백분율 등에서 각각 선형 회귀 분석으로 기울기(slope)와 절편(intercept)을 구하였고 상관 계수(correlation coefficient: R)와 표준 예측 오차(standard error of estimate: SEE)도 구하였다.

결 과

1. 두 기종 고유의 정상 골밀도 참고치

측정된 골밀도와 정상골밀도 참고치에 대한 백분율로 계산하여 얻어진 제2-4 요추에 대한 정상 골밀도 참고치는 Lunar 기종은 1.121 g/cm²이었고 Hologic 기종은 1.029 g/cm²이었다. 대퇴골 경부의 정상 골밀도 참고치는 Lunar 기종은 0.901 g/cm² 이었고 Hologic 기종은 0.805 g/cm²이었다.

2. 측정 영역(Area)

제2-4 요추에서 Lunar 기종으로 측정된 109명의 평균 측정영역은 43.6±3.7 cm²이었고 Hologic 기종은 43.9±3.9 cm²로 Lunar 기종이 Hologic 기종보다 평균 0.7% 적었으나 유의한 차이는 없었다(p=0.192). 대퇴골 경부에서는 Lunar 기종은 5.1±0.4 cm²이고 Hologic 기종은 5.0±0.5 cm²로 Lunar 기종이 평균 10.4% 컸으나 통계학적 차이는 없었다(p=0.584). 제2-4 요추 부위와 대퇴골 경부의 측정영역에 대한 Lunar 기종과 Hologic 기종간의 교차보정식은 각각 Table 1과 같고 상대적으로 제2-4 요추 부위에 비해 대퇴골 경부의 상관계수가 0.59로

낮았다.

3. 골무기질량(BMC)

제2-4 요추에서 Lunar 기종으로 측정된 평균 골무기질량은 41.9±8.8 g이었고 Hologic 기종은 37.7±8.5 g으로 Lunar 기종이 평균 12% 높게 측정되었고 두 기종간의 유의한 차이가 있었다(p<0.001). 대퇴골 경부에서도 Lunar 기종은 3.8±0.7 g이었고 Hologic 기종은 3.2±0.6 g으로 Lunar 기종이 평균 18% 높게 측정되었고 역시 유의한 차이가 있었다(p<0.001). 제2-4 요추 부위와 대퇴골 경부의 골무기질량에 대한 두 기종간의 교차 보정식은 Table 2와 같고 요추와 대퇴골에서 모두 높은 상관 관계를 보였다.

Table 1. Cross-Calibration Equations of Area for L2-4 and Femoral Neck between Lunar Expert-XL and Hologic QDR 4500-A (n=109)

Cross-calibration equations	r	SEE (cm ²)
L2-4		
Lunar=0.7539×Hologic+10.493	0.8	0.198
Hologic=0.856×Lunar+6.5712	0.8	2.34
Femur Neck		
Lunar=0.4515×Hologic+2.7564	0.59	0.284
Hologic=0.7721×Lunar+1.121	0.59	0.378

Table 2. Cross-Calibration Equations of BMC for L2-4 and Femoral Neck between Lunar Expert-XL and Hologic QDR 4500-A (n=109)

Cross-calibration equations	r	SEE (g)
L2-4		
Lunar=0.9902×Hologic+4.5689	0.96	0.609
Hologic=0.9214×Lunar-0.9124	0.96	0.252
Femur Neck		
Lunar=0.9683×Hologic+0.6948	0.94	0.94
Hologic=0.9067×Lunar-0.234	0.94	0.224

4. 골밀도(BMD)

제2-4 요추에서 Lunar 기종으로 측정된 골밀도는 $0.958 \pm 0.17 \text{ g/cm}^2$ 이었고 Hologic 기종은 $0.851 \pm 0.144 \text{ g/cm}^2$ 로 Lunar 기종이 Hologic 기종에 비해 평균 13% 높았고 통계적으로 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.001$). 대퇴골 경부에서도 Lunar 기종이 $0.768 \pm 0.131 \text{ g/cm}^2$ 이었고 Hologic 기종이 $0.65 \pm 0.011 \text{ g/cm}^2$ 로 Lunar 기종이 Hologic 기종보다 평균 19% 높았고 통계적으로도 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.001$). 단 1명의 환자에서 Hologic 기종에서 측정된 골밀도가 Lunar 기종에 비해 더 높게 측정되었는데 이 환자는 Lunar 기종에서의 골밀도가 0.511 g/cm^2 로 대상군 중에 가장 낮게 측정된 환자였으며 Hologic에서는 골밀도가 0.617 g/cm^2 였다. 제2-4 요추와 대퇴골 경부에서 측정된 골밀도의 기종간 교차 보정식은 Table 3와 같고 두 기종간의 골밀도는 요추와 대퇴골에서 모두 높은 상관 관계를 보였다.

두 기종간의 골밀도 차이는 Lunar 기종이 Hologic 기종보다 골다공증군($n=23$)에서 제2-4 요추가 평균 $13.0 \pm 9.0\%$ 높았고 정상군($n=31$)에서도 $13.3 \pm 6.8\%$ 높아 골다공증군과 정상군 간의 차이는 없었다($p=0.676$).

5. 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율(percentile of young normals)

두 기종간의 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율은 제2-4 요추와 대퇴골 경부에서 모두 높은 상관 관계를 보였고 제2-4 요추에서 Lunar 기종으로 측정된 백분율은 $85.4 \pm 15.1\%$ 이었고 Hologic 기종에선 $82.7 \pm 14.0\%$ 로 Lunar 기종이 평균 3.3% 높았다 ($p < 0.001$). 대퇴골 경부에서는 Lunar 기종이 $85.2 \pm 14.5\%$ 이었고 Hologic 기종이 $80.6 \pm 13.3\%$ 로 Lunar 기종이 평균 5.7% 높았다($p < 0.001$). 제2-4 요추와 대퇴골 경부에서 Lunar 기종과 Hologic 기종간의 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율의 교차 보정식은 Table 4와 같았다.

고 찰

골밀도는 같은 환자라도 어느 DXA 기종으로 측정하느냐에 따라 그 절대치에 차이가 날 수 있는데 일반적으로 Lunar 기종에서 Hologic 기종보다 골밀도가 높게 측정되는 것으로 알려져 있다.^{3,6)} Gundry 등⁴⁾은 222명의 환자에서 제2-4 요추를 대상으로 골밀도를 측정한 결과 Lunar 기종이 Hologic 기종에 비해 약 10%정도 높게 측정된다고 하였다. 이렇게 기종에 따라 골밀도 절대치의 차이가 나는 이유를 Gundry 등⁴⁾은 두 기종간의 발생된 이중에너지 준위의 차이, 측정 영역 결정의 차이, 측정 영역의 테두리를 결정하는 차이, 보정 방식의 차이 때문이라고 하였다. Lunar EXPERT-XL은 에너지의 발생원에

Table 3. Cross-Calibration Equations of BMD for L2-4 and Femoral Neck between Lunar Expert-XL and Hologic QDR 4500-A (n=109)

Cross-calibration equations	r	SEE (g/cm ²)
L2-4		
Lunar=1.1287×Hologic−0.0027	0.96	0.048
Hologic=0.8166×Lunar+0.0689	0.96	0.04
Femur Neck		
Lunar=1.1556×Hologic+0.0182	0.95	0.04
Hologic=0.7849×Lunar+0.046	0.95	0.033

Table 4. Cross-Calibration Equations of Percentile of Young Normals for L2-4 and Femoral Neck between Lunar Expert-XL and Hologic QDR 4500-A (n=109)

Cross-calibration equations	r	SEE (%)
L2-4		
Lunar=1.0365×Hologic−0.2779	0.96	4.3
Hologic=0.8882×Lunar+6.8067	0.96	4.0
Femur Neck		
Lunar=1.0341×Hologic+1.869	0.95	4.4
Hologic=0.8785×Lunar+5.7442	0.95	4.1

서 134 kVp의 단일 에너지 준위만 생성되지만 검출기에서 낮은 에너지 영역(channel)과 높은 영역으로 나누어 감지한다. 반면에 Hologic QDR 4500-A의 경우는 에너지 발생원 자체에서 100 kVp와 140 kVp의 2개의 에너지를 발생시킨다. 측정 영역의 결정이나 테두리 결정은 두 기종 고유의 소프트웨어(software)에 의해 결정되고, 보정 방식(calibration) 역시 Lunar 기종은 고유의 팬텀(phantom)을 가지고 수동으로 보정을 하나 Hologic 기종은 self-calibrating system에 의해 자동 보정된다. 본 연구에서도 Lunar 기종이 Hologic 기종에 비해 골밀도가 제2-4 요추에서는 12.5%, 대퇴골 경부에서는 18%로 높게 측정되었는데 골무기질량이 Lunar 기종에서 Hologic 기종보다 높게 측정된 반면, 측정영역은 차이가 없어 두 기종 간의 골밀도 차이가 측정 영역보다는 주로 골무기질량의 차이 때문에 생겼으리라 생각된다.

여러 종류의 DXA를 비교한 이전의 연구들에 의하면 제2-4 요추와 대퇴골 경부에서 측정영역과 골무기질량, 골밀도는 모두 기종간에 높은 상관 관계를 보인다고 하였는데,^{4,6)} 본 연구에서도 대퇴골 경부의 측정영역($r=0.59$)을 제외하고는 모두 0.8 이상의 높은 상관관계를 보였다. 대퇴골 경부의 측정영역 상관계수가 상대적으로 낮은 이유는 대퇴골 경부가 Ward 영역보다는 상대적으로 정밀도가 높지만 요추에 비해서는 해부학적 변이가 많고 환자의 자세나 대퇴골의 내전 각도에 따라 정확한 관심영역(Region of Interest)의 위치 결정에 어려움이 있기 때문이다.¹²⁾

본 연구에서 얻어진 교차보정식들(Table 3)은 이전 연구 결과에서 보고된 식들과 다소 차이가 있었다. 제2-4 요추의 골밀도 교차보정식은 Genant 등⁵⁾에 따르면 $Hologic=0.906 \times Lunar - 0.025$ 인데 본 연구결과는 $Hologic=0.8166 \times Lunar + 0.689$ 이었다. 이렇게 교차보정식의 각 상수에 차이가 있는 것은 본 연구가 이전 연구 때 사용했던 기종에 비해 하드웨어(hardware)와 소프트웨어가 모두 향상된 기종을 사용했고(Hologic QDR 2000 and Lunar DPX-L vs Hologic QDR 4500-A and Lunar EXPERT-XL), 대상군의 인종이나 환경 차이 때문이라고 생각된다.^{13,14)}

골밀도 검사시 얻을 수 있는 결과들 중에 골다공증을 판별하는데 이용되는 지표로 T-score와 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율이 있다. DXA 기종에 따라 골밀도 절대치의 측정에 차이가 있다 하더라도 기종 고유의 정상 골밀도 참고치가 같은 정상대상군을 측정하여 얻어진 값이라면 T-score나 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율은 어느 기종으로 검사를 하여도 같은 결과가 나와야 하고, 반대로 골밀도 절대치의 측정값이 기종간에 차이가 없어도 정상 골밀도 참고치의 대상군이 서로 다르다면 T-score나 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율은 다른 결과를 보이게 된다. 본 연구에서 사용한 두 DXA 기종은 골밀도 절대치의 측정값이 서로 차이가 날뿐만 아니라 각각 다른 정상대상군을 측정하여 얻어진 정상 참고치를 이용하는데 Lunar 기종에서는 한국인(20~40세 여성, 요추: 247명, 대퇴골: 163명)을 대상으로 얻은 젊은 정상 성인의 평균치를 사용하지만 Hologic 기종에서는 일본인(20~40세 여성, 요추: 545명, 대퇴골: 211명)을 대상으로 얻은 젊은 정상 성인의 평균치를 사용하고 있다. 따라서 추적검사시 골밀도 절대치와 함께 골밀도 변화를 나타내는 지표로 이용되는 T-score와 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율의 변화를 정확히 알기 위해서는 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율을 직접 교차 보정하거나 교차보정된 골밀도 측정치와 기종 고유의 정상 골밀도 참고치를 이용하여 T-score와 정상골밀도 참고치에 대한 백분율을 다시 산출하여 비교해야 하는 번거로움이 생기므로 추후에 DXA기종마다 다르게 이용하고 있는 정상 골밀도 참고치를 통일화하는 작업이 필요하리라 생각된다.

본 연구는 폐경기 전후의 여성을 주된 연구 대상으로 하였는데 그 이유는 일반적으로 골다공증은 여성에서 빈발하고 골다공증의 위험도 역시 남성보다 높기 때문이다.⁵⁾ 또한 DXA로부터 얻어지는 T-score와 Z-score 중 T-score를 산출하는데 필요한 젊은 정상 성인의 골밀도 평균치(정상 참고치)와 이에 대한 백분율만을 분석 대상으로 하였는데 그 이유는 65세 이상의 고령 환자에서는 골질을 예방하기 위한 치료시 T-score보다는 각 연령별 평균 골밀도를 고려한 Z-score를 사용하는 것이 좋다는 의견도 있으

나, 일반적으로 T-score가 젊은 성인과 폐경기 전후의 여성의 골밀도 상태를 평가하고 골밀도와 골절 위험도간의 관계를 평가하는 데 우수하기 때문이다.^{15,16)}

본 연구의 제한점으로 Genant 등⁵⁾은 내부의 수산화인회석(hydroxyapatite) 함량을 알고 있는 표준 팬텀을 사용해 한 기종에서 다른 기종의 골밀도로 전환할 수 있는 상수를 얻음으로써 각 기종간 골밀도의 차이를 줄일 수 있는 표준 골밀도를 얻었으나 본 연구에서는 표준 팬텀을 구할 수 없어 이를 얻지 못하였다는 점과 현재 사용 중인 세 종류의 DXA 기종 중 두 기종만을 대상으로 하였다는 점, 그리고 보정공식의 표준 예측 오차가 일반적으로 알려진 DXA의 정밀도(precision)보다 크기 때문에 이 교차보정식을 일상적인 추적 골밀도 검사시 널리 이용하기에는 제한이 따른다는 점이다.

결론적으로 저자들은 국내에서 널리 이용되고 있는 Lunar 기종과 Hologic 기종간의 골밀도 교차보정식을 얻을 수 있었고, 본 연구에서 얻어진 교차보정식은 불가피하게 추적 검사를 다른 DXA 기종으로 시행한 경우나 한 기종으로 측정된 연구 결과를 다른 기종으로 측정된 연구 결과와 비교 분석하고자 할 때 유용하게 사용될 수 있을 것이라고 생각된다. 그러나 보다 이상적인 교차보정을 위해서는 표준 팬텀을 이용하여 각 기종간의 골밀도 절대치를 표준화하고 정상 골밀도 참고치의 통일화가 필요하리라 생각한다.

요 약

목적: 골밀도는 DXA 기종에 따라 그 측정치의 차이가 발생하는 것으로 알려져 있어 현재 널리 사용 중인 Lunar EXPERT-XL과 Hologic QDR 4500-A에서 측정된 골밀도의 차이를 비교하고 그 차이를 보정할 수 있는 교차보정식을 구하고자 하였다. **대상 및 방법:** 109명의 여성(평균 나이: 55 ± 11 년)을 대상으로, 같은 날 대상 환자의 제2-4 요추와 대퇴골 경부를 Lunar EXPERT-XL과 Hologic QDR 4500-A로 각각 촬영하여 얻어진 측정 영역(area)과 골무기질양(BMC), 골밀도(BMD)와 정상 골밀도 참

고치에 대한 백분율의 차이를 분석하였다. 또한 측정영역, 골무기질양, 골밀도와 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율에 대해 각각 선형 회귀 분석으로 교차 보정식(cross-calibration equation)과 상관 계수(R), 표준 예측 오차(SEE)를 구하였다. **결과:** Lunar 기종으로 측정된 제2-4 요추와 대퇴골경부의 골밀도(각각 평균 $0.958 \pm 0.17 \text{ g/cm}^2$, $0.767 \pm 0.131 \text{ g/cm}^2$)가 Hologic 기종으로 측정된 값보다(각각 $0.851 \pm 0.144 \text{ g/cm}^2$, $0.649 \pm 0.108 \text{ g/cm}^2$) 각각 평균 13%와 19% 높았다. 골무기질양과 정상 골밀도 참고치에 대한 백분율도 Lunar 기종에서 모두 유의하게 높았으나($p < 0.001$), 측정영역은 두 기종간의 차이가 없었다($p > 0.05$). 두 기종간 골밀도는 높은 상관관계($r > 0.95$)를 보였고 교차 보정식은 제2-4 요추에서 Lunar = $1.1297 \times \text{Hologic} - 0.0027$, 대퇴골 경부에서 Lunar = $1.1556 \times \text{Hologic} + 0.0182$ 이었다. **결론:** 두 DXA 기종간의 골밀도 측정치는 서로 차이가 있었으나 높은 상관 관계를 보여 교차 보정식을 얻을 수 있었다. 이 교차 보정식은 환자의 추적 검사상 불가피하게 다른 기종으로 검사를 받은 경우나 하나의 기종으로 검사를 받은 연구 집단의 결과를 다른 기종으로 검사한 연구 집단의 결과와 비교 분석시 유용하리라 생각한다.

참 고 문 헌

- 1) Jergas M, Genant HK. Current methods and recent advances in the diagnosis of osteoporosis. *Arthritis Rheum* 1993;36:1649-62.
- 2) Johnston CC, Slemenda CW, Melton LJ. Clinical use of bone densitometry. *N Engl J Med* 1991; 324:1105-9.
- 3) Reid DM, Lanham SA, McDonald AG. Speed and comparability of three dual energy X-ray absorptiometer (DXA) models. *Osteoporosis* 1990;2: 575-7.
- 4) Gundry CR, Miller CW, Ramos E, Moscona A, Stein JA, Mazess RB, et al. Dual-energy radiographic absorptiometry of lumbar spine: Clinical experience with two different systems. *Radiology* 1990;174:539-41.
- 5) Genant HK, Grampp S, Gluer CC, Faulkner KG, Jergas M, Engelke K, et al. Universal standar-

- dization for dual X-ray absorptiometry: patient and phantom cross-calibration results. *J Bone Miner Res* 1994;9:1503-14.
- 6) Pocock I.NA, Sambrook PN, Nguyen T, Kelly P, Freund J, Eisman JA. Assessment of spinal and femoral bone density by dual X-ray absorptiometry: Comparison of Lunar and Hologic instruments. *J Bone Miner Res* 1992;7:1081-4.
 - 7) Van Stetten EC, Steiger S, Steiger P, Kelly TL. Cross-calibration of dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) bone densitometry systems. *Calcif Tissue Int* 1992;52:166.
 - 8) Fischer M, Kempers B. Phantom studies in osteoporosis. *Eur J Nucl Med* 1993;20:434-9.
 - 9) Cho JA, Kim SW, Kim A, Ku JR, Kim YT, Yim CH, et al. Standardization for dual energy X-ray absorptiometry. *Korean J Med* 1997;52:445-8.
 - 10) Faulkner KG, Gluer CC, Estilo M, Genant HK. Cross calibration of DXA equipment: Upgrading from a Hologic QDR 100/W to a QDR 2000. *Calcif Tissue Int* 1993;52:79-84.
 - 11) Simmons A, Barrington SF, Archbold LJ, O'Doherty MJ, Coakley AJ. Assessment of changes in dual-energy X-ray absorptiometry performance following a system upgrade. *Nucl Med Commun* 1996;17:331-41.
 - 12) Blanke GM, Fogelman I. Interpretation of bone densitometry studies. *Semin Nucl Med* 1997;27:248-60.
 - 13) Pock NA, Eisman JA, Yeates MG, Sambrook PN, Eberl S. Physical activity is a determinant of femoral neck and lumbar spine bone density. *J Clin Invest* 1986;78:618-21.
 - 14) Pock NA, Eisman JA, Hooper JH, Yeates MG, Sambrook PN, Eberl S. Genetic determinants of bone mass in adults: A twin study. *J Clin Invest* 1987;80:706-10.
 - 15) Cummings SR, Black DM, Nevitt MC, Browner WS, Cauley JA, Genant HK, et al. Appendicular bone density and age predict hip fracture in women. *JAMA* 1990;263:665-8.
 - 16) Ross PD, Wasnich RD, Vogel JM. Detection of prefracture spinal osteoporosis using bone mineral absorptiometry. *J Bone Miner Res* 1988;3:1-11.