

이중에너지 흡수계측기를 이용한 골다공증성 척추 골절의 평가 - 방사선적 형태계측법과의 비교 -

연세대학교 의과대학 정형외과학교실

양익환 · 문성환 · 이원준 · 박시영 · 장준섭 · 한수봉 · 이환모

- Abstract -

Assessment of Osteoporotic Vertebral Fractures with Morphometric Dual Energy X-ray Absorptiometry -Comparison with Radiographic Morphometry-

Ik Hwan Yang, Seong Hwan Moon, Won Jun Lee, Si Young Park, Jun Seop Jahng,
Soo Bong Hahn, Hwan Mo Lee

Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea a

Background: Osteoporotic vertebral fractures are a common and important consequence of osteoporosis and are identified by morphometry on a plain lateral spine radiograph. A new method of vertebral morphometry using images acquired on a dual energy X-ray absorptiometry scanner (DEXA morphometry) has recently been developed. The purpose of this study was to compare the diagnostic value of DEXA morphometry in osteoporotic vertebral fractures with that of radiographic morphometry in Korean women.

Methods: Fifty-six postmenopausal women with osteoporotic vertebral fractures were included in this study. Plain lateral radiographs of the thoracic and lumbar vertebrae were taken and radiographic morphometry with 6 point placement and caliper measurements were done. DEXA morphometry using Lunar Expert (Madison, WI) was also performed in the same patients from T6 to L4. Osteoporotic vertebral fractures were defined by any deformity of more than 3 standard deviation from the mean in radiographic and DEXA morphometry. Agreement of fracture identification and reproducibility between radiographic morphometry and DEXA morphometry were compared using Kappa statistics.

Results: The mean coefficient of variation of inter and intra-observer variability for radiographic morphometry were 1.5%, 2.4%, respectively and those of DEXA morphometry were 0.8%, 3.2%, respectively. Agreement of fracture identification between the two methods was excellent (Kappa=0.896).

Conclusion: Fracture identification using DEXA morphometry showed excellent agreement with that of radiographic morphometry and both methods showed relatively the same reproducibility.

Key Words: Vertebra, Osteoporosis, Fracture, Morphometry, DEXA

서 론

골다공증성 척추 골절의 진단을 위해서는 낮은 골밀도와 동반된 척추체 골절의 확인이 필요하다¹⁾. 이러한 척추 골절의 정확한 진단은 임상적 진단 또는 치료 중 추적 검사에서 중요하다.

척추 골절의 진단에 있어서, 최근까지는 흉요추부 측면 일반 방사선 촬영의 정성적, 반정량적, 혹은 정량적인 판독 결과에 기반을 두어 왔다²⁻⁷⁾. 즉, 일반적인 방사선적 형태계측법 (morphometry)은 척추체의 길이를 참고치 혹은 정상치와 비교함으로써 얻어지는 것이다^{3,8,9)}.

그러나, 이러한 방사선적 형태계측법은 상대적으로 높은 방사선 노출 이외에도 영상의 확대, 왜곡 등 근본적인 문제점을 가지고 있다^{10,11)}.

최근 척추체의 형태계측에 있어서 이중에너지 흡수계측기 (DEXA)를 이용한 새로운 방법이 도입되었다¹²⁻¹⁵⁾. 제 1세대 DEXA기기가 척추체의 영상화에 그친 반면¹⁵⁾, 제 2, 3세대 기기들은 향상된 기술로 인하여 척추체의 형태 계측적인 측정이 가능하게 되었다^{12,14,15)}.

DEXA기기의 정확성, 재현성, 참고치 등은 이미 보고된 바 있으며^{11,14,15)}, 방사선 형태계측법과 DEXA기기를 이용한 형태계측법 사이의 진단적 일치관계에 대해서도 보고된 바 있다¹⁶⁾. 그럼에도 불구하고 한국인의 정상 형태계측 수치를 이용하여 한국인의 골다공증 척추 골절을 진단함에 있어 방사선 형태계측법과 DEXA기기를 이용한 형태계측법의 효용성에 대해서는 보고된 적이 없었다.

따라서, 본 논문의 목적은 폐경 후 한국여성에서 골다공증성 척추 골절을 진단함에 있어서 방사선적 형태계측법과 DEXA기기를 이용한 형태계측법을 진단적 일치도 알아보고 진단의 불일치의 경우를 밝히고자 함이다.

연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

골다공증성 척추 골절을 동반한 폐경 후 여성 56명을 대상으로 하였으며 평균 연령은 58세, 연령분

포는 52세에서 81세였다. 심각한 외상으로 인한 척추 골절 환자는 제외하였다. 골다공증성 척추 골절은, 방사선적 또는 DEXA를 이용한 평가에 있어서 정상 평균치보다 제 3표준편차 이하일 때로 정의하였다⁴⁻⁷⁾.

2. 방사선적 형태계측법

흉추부는 제 8흉추를 중심으로, 요추부는 제 3요추를 중심으로 하여 105 cm의 간격을 두고, 흉요추부의 전후방과 측면 촬영을 시행하였다. 각각의 척추체에 대하여 전후방 방사선 필름과 늑골의 개수, 피부에 부착한 방사선 비투과성 표지자 등을 참고로 하여 위치표시를 하였다. 제 6흉추에서 제 5요추까지 각각의 척추체에 대하여 6개의 위치를 표시하였다¹⁷⁾. 점의 위치를 자세히 기술하면 척추체 전방부위에서 최상 및 최하점, 척추체 후방부에서 최상점 및 최하점, 척추체 정중앙부의 상부 및 하부점 각각 6점을 표시하였다.

특히 척추체가 비스듬히 찍혀 중간점이 확실하지 않는 경우는 타원형의 척추체 종판 (end plate)의 중간지점을 상하점으로 인정하였다. 이러한 위치표시를 기준으로 하여 척추체 전방높이 (Ha), 중간높이 (Hm), 후방높이 (Hp)를 0.1 mm 단위로 특정하였으며 수치는 밀리미터 단위로 표시하였다. 이러한 수치를 이용하여 췌기 압박비율 (Wedge Compression ratio) (Ha/Hp), 양요비율 (Biconcavity ratio) (Hm/Hp), 함몰비율 (Crush ratio) (Hpi-1/Hpi) (Hpi-1: 상위 척추체의 후방높이) 등 3가지 척추변형 수치를 계산하였다.

3. DEXA기기를 이용한 형태계측법

방사선적 형태계측법과 유사한 방법으로 이루어졌다. DEXA로 얻어진 영상에 대한 분석은 숙련된 판독자에 의해 시행되었다.

판독자에게는 확대된 흉요추부 측면 영상이 제공되었고, 컴퓨터 화면을 통하여, 각각의 척추체에 6개의 위치표시를 하였다 (Figure 1).

Ha, Hm, Hp 수치를 구한 후, 전술한 바와 같은 3가지의 척추체 변형 수치는 자동적으로 계산되었다.

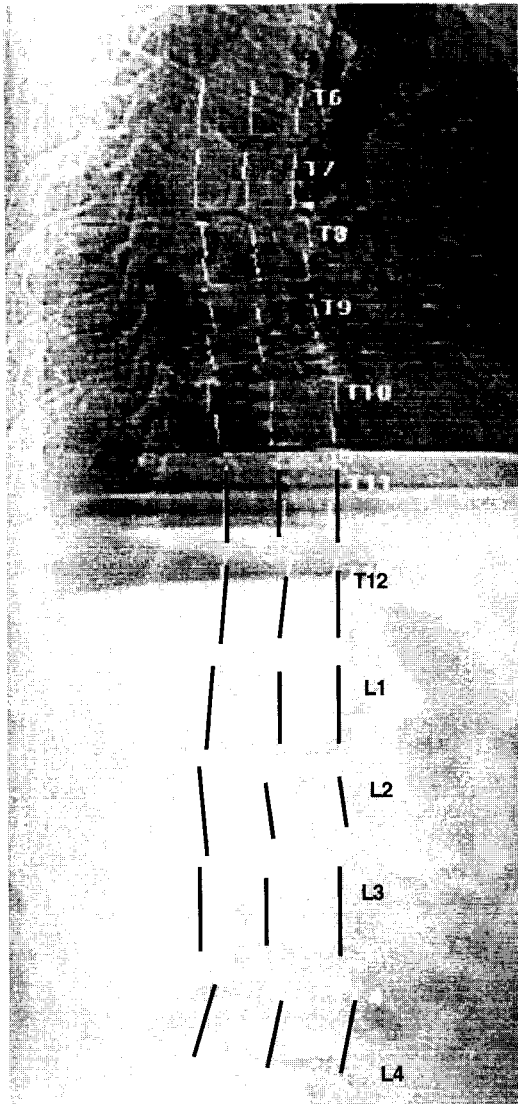


Figure 1. Point placement from T6 to L4 and Ha, Hm, Hp measurement on a DEXA image acquired in a patient with L2 vertebral compressive fracture.

4. 방사선적 혹은 DEXA 형태계측법의 정상 참고치

방사선적 형태계측법에 있어서 정상 참고치는 폐경 전후의 60명의 여성으로부터 구하였다. 평균 연령은 48세 범위는 30~60세였다¹⁸⁾. DEXA 형태계측법의 정상 참고치는 폐경 전후의 50명의 여성으로부터 구하였다. 평균 연령은 54세 범위는 45~60세

였다. 모든 여성은 흉요추부 방사선 촬영의 판독에 있어서 정상소견을 보였고 심각한 외상이나 대사성 골 질환의 병력이 없었다.

5. 방사선적 형태계측법과 DEXA 형태계측법의 비교

측정치의 관찰자간과 관찰자내 오차를 측정하기 위하여 단일 관찰자에 의한 측정치와 3명의 독립적인 관찰자에 의한 측정치를 각각의 형태계측법에 대하여 분석하였다. 제 6흉추에서 제 4요추까지 각각의 척추체에 대하여 방사선과 DEXA 형태계측법 사이의 골절 진단 일치율을 분석하였다. 골절의 유무에 상관없이 전술한 2가지 방법에 의하여 56명의 대상으로부터 총 616개의 척추체를 분석하였다.

6. 통계

관찰자간, 관찰자내 오차는 Coefficient of Variation 백분율 (CV%)로 표시되었고, SPSS (SPSS Inc. Chicago, IL) 프로그램을 자료 분석에 이용하였다. 방사선과 DEXA 형태계측법 사이의 척추 골절의 진단에 대한 일치율은 Cohen의 Kappa 통계¹⁹⁾를 이용하였다.

결 과

1. 형태계측법의 재현성

방사선적 형태계측법의 관찰자간과 관찰자내 평균 Coefficient of Variation은 각각 1.5%와 2.4%였고, DEXA 형태계측법에 있어서는 0.8%와 3.2%였다.

2. 척추 골절 진단의 일치도

방사선적 형태계측법으로 85개의 척추 골절을 진단하였으며 (Figure 2A) 이를 살펴보면 췌기 압박 골절 62개 양요 골절 11개, 함몰 골절 12개를 진단하였다. DEXA 형태계측법으로는 76개의 척추 골절을 진단하였다 (Figure 2B). 방사선 형태계측법과 DEXA 형태계측법으로 진단한 척추 골절을 비교하면 중하위 흉추부에서 약간의 차이가 있음을 알 수 있다 (Figure 2C). 총 616개의 척추체에 대하여, 방사선적 방법과 DEXA를 이용한 방법이 있어서 골절 진단에 대한 일치율은 통계적으로 유의한 높은

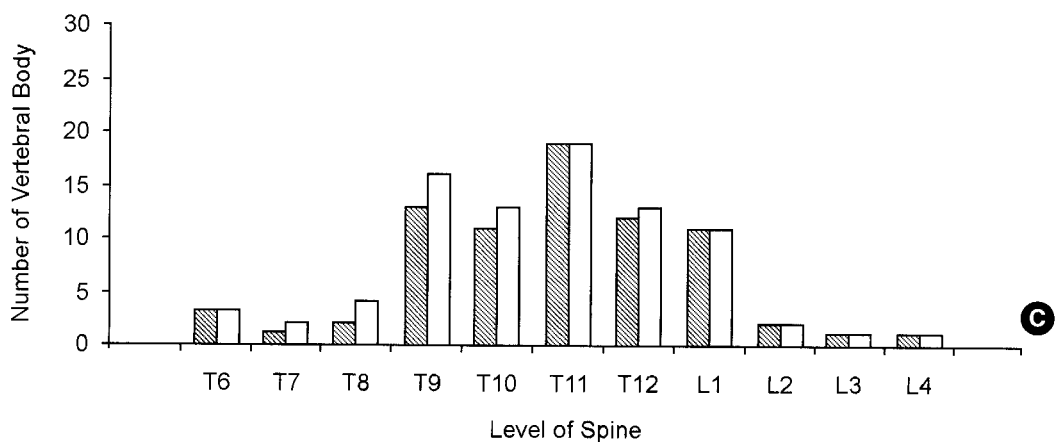
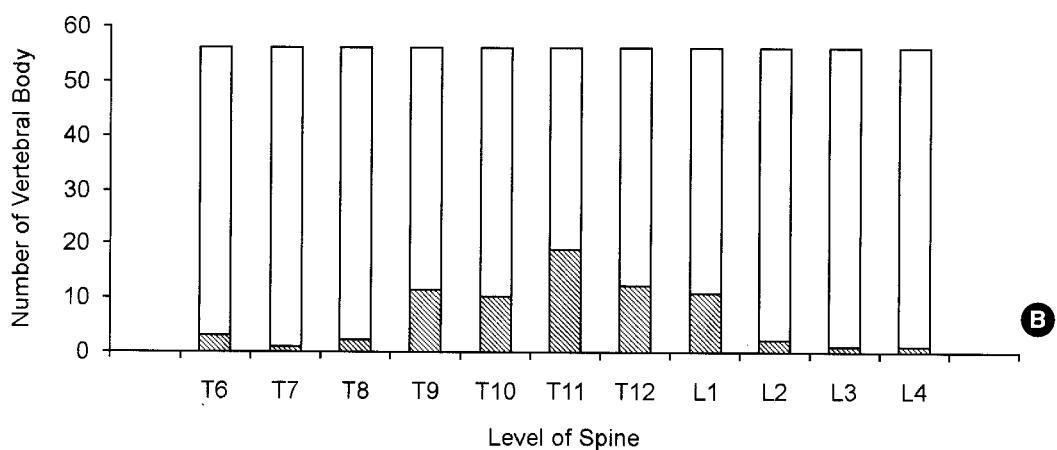
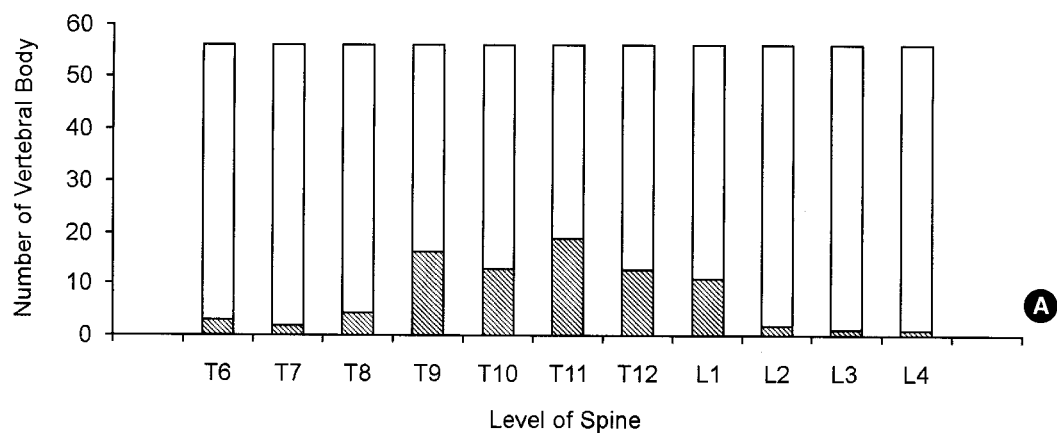


Figure 2. A. Distribution vertebral fracture identified by radiographic morphometry, black bar denotes fractured vertebral body and white bar denotes unfractured vertebral body. B. Distribution of vertebral fracture identified by dual X-ray absorptiometric (DEXA) morphometry, black bar denotes fractured vertebral body and white bar denotes unfractured vertebral body. C. Comparison of distribution of fractures between radiographic (white bar) and DEXA morphometry (black bar).

Table 1. Fracture identification in DEXA and radiographic morphometry

DEXA Morphometry	Radiographic Morphometry		Total
	Fracture	Normal	
Fracture	73	3*	76
Normal	12 [#]	528	540
Total	85	531	616

DEXA: Dual Energy X-Ray Absorptiometry

*: Number of fracture which is normal in radiographic morphometry and fracture in DEXA morphometry.

[#]: Number of fracture which is normal in DEXA morphometry and fracture in radiographic morphometry

수준이었다 (Kappa = 0.896). 73개의 척추체 골절과 528개의 정상 척추체에 대하여, 두 방법 모두 같은 진단을 하였으나 15개의 골절에 대하여는 두 방법 간에 진단의 차이를 보였다 (Table 1).

3. 진단적 불일치의 사례

DEXA 형태계측법은, 방사선적 형태계측법에서 골절이라고 진단된 12개의 골절을 진단하지 못했다. 12개 중 9개의 골절은 제 6흉추에서 제 10흉추 사이에 있었으며 방사선학적 형태계측학적 수치가 평균치보다 3에서 3.5 정도의 표준편차 사이에 속하는 골절이 75% (12개 중 9개)였다. 반면 방사선학적 형태계측학적 수치가 평균보다 3.5표준편차 이하에 속하는 것들은 25% (12개 중 3개)였다. 척추체 변형 유형에 있어서는, 췌기 압박 골절이 8개 (총 췌기 압박 골절의 13.1%), 양요 골절이 3개 (총 양요 골절의 27.7%), 그리고 함몰 골절이 1개 (총 함몰 골절의 8.3%)였다.

방사선적 형태계측법은, DEXA 형태계측법에서 골절이라고 진단된 3개의 골절을 진단하지 못했다.

고 찰

척추 방사선 사진이 정량적 혹은 정성적으로 척추 골절을 진단하는데 있어서 가장 좋은 방법이지만⁵⁻⁷⁾ 흉요추부 방사선 사진의 판독을 위해서는 충분한 수련과 경험이 있어야 한다¹¹⁾. 또한 방사선적 형태계측법은 근본적으로 영상의 확대, 왜곡 그리

고 방사선 노출 등의 문제를 갖고 있다^{10,11)}.

최근 DEXA기기를 이용한 척추 형태계측법이 새로이 발전되었다. 이러한 DEXA를 이용한 형태계측법은 기존의 방사선적 형태계측법에 비하여 다음과 같은 장점을 가진다. 즉 방사선 노출이 적고, 단일 스캔에 의해 모든 척추체의 측면 영상을 얻을 수 있으며, 척추체 변형 수치의 자동 계측이 가능하며, 우수한 재현성 및 간편한 환자 자세¹²⁾, 또한 영상의 확대나 왜곡이 없다는 점 등이다^{11,12)}.

현재까지의 연구에 의하면, 척추 골절 진단에 있어서 DEXA 형태계측법의 가능성과 그 참고치가 보고되었고^{3,10-15)}, 진단적 유용성에 대해서도 우수함이 보고되었다¹⁶⁾.

따라서, 이번 연구에서 한국 여성을 대상으로 한국인 여성의 형태계측학적 수치를 이용하여 방사선적 형태계측법과 DEXA 형태계측법의 진단적 일치율을 비교하였다. 골다공증성 척추 골절을 진단하는데 있어서, 두 방법의 진단적 일치율은 우수한 것으로 입증되었고 (Kappa = 0.896), 제 6흉추에서 제 4요추까지 두 방법 모두 비슷한 재현성을 보였다. DEXA 및 방사선학적 형태계측법에 의한 골다공증성 척추 골절 진단의 일치도를 조사한 Rea 등¹⁶⁾에 의한 연구에 따르면 척추체 별로 Kappa 값이 0.81에서 0.91로 본 연구의 결과 (Kappa = 0.896)와 비슷한 일치도를 보이고 있다. 척추 골절의 진단 DEXA 형태계측법은 전술한 여러 장점이 있음에도 불구하고, 제 5흉추 이상의 상위 흉추는 영상화가 어렵고, 스캔하는 동안 움직임에 의한 오차로 인해 흉요추부 부위의 영상이 왜곡될 수 있으며, 척추체 종반의 영상화가 어렵기 때문에 Hm을 계측하기가 어렵다는 단점들이 있다. 그러나 추후 DEXA기기의 발전과 함께 이러한 문제는 해결될 것이며 DEXA기 영상화의 해상도는 방사선 촬영의 해상도와 근접해질 것으로 예상된다.

DEXA 형태계측법에 의하여 측정된 척추체 높이는 방사선적 형태계측법에 의한 것과 20~25% 정도 차이를 보였는데, 이는 방사선적 촬영시에 Cone Beam에 의한 영상확대가 있기 때문이다. 이러한 영상확대의 차이는 척추체의 높이를 일정한 비율로 일치시킴으로써 없앨 수 있다¹²⁾.

이번 연구에 있어서 두 방법의 정상 참고치는 전

술한 바와 같이 영상확대로 인하여 서로 차이를 보였으나 척추체 변형비율에 있어서는 유사한 값을 나타내었다.

이번 연구에서 방사선적 형태계측법과 DEXA 형태계측법 사이의 우수한 골절 진단 일치율은 높은 신뢰도로 입증되었다. 두 방법의 골절 진단이 불일치한 경우에 있어서는 DEXA 스캔시의 불량한 영상으로 인해 6개의 위치선정이 잘못된 경우 그리고 흉추부 영상의 저하된 명암구분 등으로 설명될 수 있으며 이러한 이유로 DEXA 형태계측법에서 양요 골절의 진단이 특히 어려웠다.

본 연구의 제한점을 살펴보면, 첫째, DEXA 형태계측법에 상위 흉추부의 저하된 영상화질 때문에 제 4, 5흉추는 제외시켰던 점을 들 수 있으며 이는 연구 결과에 영향을 끼칠 수 있는 요인이었다. 둘째로 흉요추부 이행부에서의 6개의 위치선정에 어려움이 있었으며, 이는 환자의 호흡운동에 의한 부정확한 영상, 기체를 함유한 폐와 반고체의 복부장기가 서로 근접해 있기 때문에 명암의 급격한 차이 등으로 설명할 수 있다. 그러나 이러한 문제점은 새로운 기기와 프로그램의 발전 등으로 해결될 것이며 상위 흉추부와 흉요추 이행부의 영상화 역시 발전될 것이다.

결 론

DEXA기기에 의한 형태계측법은 기존의 방사선적 형태계측법과 비교할 때 우수한 골절 진단 일치율을 보이면서 골다공증성 척추 골절 진단에 유용한 방법이었다. 골절의 최종 진단은 방사선 촬영이 반드시 필요한 것이므로 골밀도 촬영을 이용한 척추체 변형의 진단은 예비 진단에 유용하리라고 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Seecley DG, Browner WS, Nevitt MC, Genant HK, Scott JC, Cummings SR. Which fractures are associated with low appendicular bone mass in elderly women? *Ann Intern Med* 44: 168-172, 1991
- 2) Pak CYC, Ho A, Poindexter J, Peterson R, Sakae

- K. Quantitation of incident spinal fractures: comparison of visual detection with quantitative morphometry. *Bone* 18: 349-353, 1996
- 3) Black DM, Cummings SR, Stone K, Hudes E, Palermo L, Steiger P. A new approach to defining vertebral dimensions. *J Bone Min Res* 6: 883-892, 1991
- 4) O'Neill TW, Felsenberg D, Varlow J, Cooper C, Kanis JA, Silman AJ. The prevalence of vertebral deformity in European men and women: The European vertebral osteoporosis study. *J Bone Min Res* 11: 1010-1018, 1996
- 5) Genant HK, Jegas M, Palermo L, Nevitt M, Valentin RS, Black D. Comparison of semiquantitative visual and quantitative morphometric assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis. *J Bone Min Res* 11: 984-996, 1996
- 6) Zeiger R, Scheidt-Nave C, Leidig-Bruckner G. What is vertebral fracture? *Bone* 18: 169s-177s, 1996
- 7) Hedlund Lr, Gallagher JC. Vertebral morphometry in diagnosis of spinal fracture. *Bone Miner* 5: 59-67, 1998
- 8) Melton LJ, Lane AW, Cooper C, Eastell R, O'Fallon WM, Riggs BL. Prevalence and incidence of vertebral deformities. *Osteoporosis Int* 3: 113-119, 1993
- 9) McCloskey EV, Spector TD, Eyres KS, Fern ED, O'Rourke N, Vasikaran S. The assessment of vertebral deformity: A method for use in population studies and clinical trials. *Osteoporosis Int* 3: 137-147, 1993
- 10) Lewis MK, Blake GM. Patient dose in morphometric x-ray absorptiometry. *Osteoporosis Int* 3: 137-147, 1995
- 11) Steiger P, Cummings SR, Genant HK, Weiss H. Morphometric X-ray absorptiometry of the spine: Correlation in Vivo with morphometric radiography. *Osteoporosis Int* 4: 238-244, 1994
- 12) Rea JA, Steiger P, Blake GM, Potts E, Smith IG, Fogelman I. Morphometric X-ray absorptiometry: Reference data for vertebral dimension. *J Bone Min Res* 13: 464-474, 1998
- 13) Blake GM, Rea JA, Fogelman I. Vertebral morpho-

- metry studies using dual-energy X-ray absorptio-
metry. Sem Nuc Med 27: 279-290, 1997*
- 14) Lang T, Takada M, Gee R, Wu C, Li J, Hayasghi-
Clark C. *A preliminary evaluation of the lunar
expert-XL for bone densitometry and vertebral mor-
phometry. J Bone Min Res 12: 136-143, 1997*
- 15) Felsenberg D, Gowin W, Dissel E, Armburst S,
Mews J. *Recent development in DXA. Quality of
new DXA/MXA-device for denitometry and mor-
phometry. Eur J Radiol 20: 179-184, 1995*
- 16) Rea JA, Chen MB, Li J, Blake GM, Steiger P,
Genant HK, Fogelman I. *Morphometric X-ray ab-
sorptionmetry and morphometric radiography of the
spine: a comparison of prevalent vertebral deformity
identification. J Bone Miner Res 15: 564-574, 2000*
- 17) Hurxthal LM. *Measurement of anterior vertebral
compressions and biconcave vertebrae. Am J Ra-
diol 103: 635-644, 1968*
- 18) Jahng JS, Moon SH, Jang BY, Jeong JH. *Spinal
dimensions and shape variation in normal korean
women-Radiographic quantitative morphometry-. J
Kor Bone Metabol Soc 4: 9-15, 1997*
- 19) Landis JR, Koch GG. *The measurement of observer
agreement for categorical data. Biometrics 33: 159-
174, 1997*
-