

## 골밀도 측정에 있어서 말단부골밀도측정법의 유용성: 중축골 이중에너지방사선흡수법과의 비교<sup>1</sup>

박지선 · 진 욱<sup>2</sup> · 박소영<sup>2</sup> · 배민선<sup>2</sup> · 김덕윤<sup>3</sup> · 최봉근<sup>4</sup> · 류경남

**목적:** 골밀도 측정에 있어서 말단부골밀도측정법의 유용성을 알아보고, 이중에너지방사선흡수법(DXA)과 비교하고자 한다.

**대상과 방법:** 20~30대의 건강한 여성 54명과 골다공증 고위험군인 50~60대의 폐경기 여성 54명을 대상으로 말단부골밀도측정법인 왼손 세 번째 중지골에 대한 방사선흡수법(RA)과 왼쪽 종골에 대한 말단부 이중에너지방사선흡수법(pDXA)과 함께 표준검사법인 요추부 및 대퇴골에 대한 DXA를 시행하였다. RA와 pDXA는 정상군에서 각각 2회씩 검사하여 반복재현성을 평가하였다. RA와 pDXA의 T-score를 각각 DXA의 T-score와 비교하여 상관관계의 유무를 알아보고, 각 검사법의 골감소증 진단을 위한 T-score 값을 산출해보았다.

**결과:** 동일인에서 세 가지 검사법은 서로 다른 골밀도 값을 보였으며, 정상군에서 RA가 pDXA보다 높았고, 골다공증 고위험군에서는 pDXA가 높았다. RA와 pDXA검사법의 반복계수는 각각 0.88과 1.53으로 높게 나타났다. DXA와의 상관관계는 RA법이 pDXA에 비해 높았다(RA,  $r=0.6067$ ; pDXA,  $r=0.1693$ ). DXA의 골감소증 진단기준인 T-score=-1.0과 비교해 골감소증의 확정값은 RA에서 -1.773, pDXA에서 -1.75였다.

**결론:** 말단부골밀도측정법, 특히 RA는 골다공증 선별검사로 유용하게 이용될 수 있으나, 동일인에서 검사 부위나 방법에 따라 골밀도가 다소 다르게 나타날 수 있음을 유의해야 한다.

골밀도의 정량적 측정법은 골다공증 진단에 있어서 가장 중요하고 객관적인 자료를 제시하는 검사법이다. 대표적인 방법으로는 이중에너지방사선흡수법(Dual energy X-ray absorptiometry, 이하 DXA), 방사선흡수법(Radiographic absorptiometry, 이하 RA), 말단부 이중에너지방사선흡수법(Peripheral dual energy X-ray absorptiometry, 이하 pDXA), 정량적 전산화단층촬영(Quantitative computed tomography, QCT, 이하 peripheral QCT), 정량적 초음파(Quantitative ultrasound, QUS)와 정량적 자기공명영상(Quantitative magnetic resonance, 이하 QMR) 등이 있다(1, 2). 이들 중 중축골(axial skeleton)인 요추부와 대퇴골경부에 대한 골밀도를 측정하는 DXA는 골다공증 진단의 표준 검사법으로 사용되고 있다. 이는 방사선이 인체를 투과할 때 투과물질의 방사선투과율의 차이를 측정함으로써 투과 물질의 밀도를 산출하는 방식으로 다른 골밀도 측정기들에 비해 높은

정밀도를 보이지만, 높은 가격, 넓은 설치공간, 숙련된 기사와 엄격한 품질관리 등의 이유로 1, 2차 의료기관에서 활용하는 데는 제한이 있다. 이에 비해 말단부 골밀도 측정기인 RA, pDXA, QUS는 가격이 저렴하고 작은 공간에서 쉽고 간단히 검사를 시행할 수 있다는 장점으로 인해 널리 이용되고 있으며, 2005년 건강보험심사평가원의 자료를 보면 국내에 보급된 골밀도 측정기의 2/3 이상이 말단부 골밀도 측정기로 추정하고 있다(3).

골다공증의 진단은 골밀도의 정상 평균값과 비교해 나타내는 T-score를 사용해 해석하는 것이 일반적이다. 따라서 모든 정량적 골밀도 측정법의 임상적용을 위해서는 인종별, 연령별, 기기의 종류 및 측정부위에 따른 표준 골밀도치를 파악하여 만든 정상기준치를 필요로 한다(4, 5). 이러한 이유로 골다공증의 표준 검사기기로 상용되고 있는 DXA를 비롯한 여러 골밀도 측정기들의 제조회사가 제시한 외국 여성의 정상기준치를 그대로 적용하는 것은 문제가 있으며, 각각의 골밀도 측정기에 따른 한국인의 정상 골밀도 표준 데이터 작성을 목표로 한 연구 및 전문가 회의가 일부 진행되고 있다(6).

이에 저자들은 이러한 연구작업의 하나로 현재 국내에서 이

<sup>1</sup>경희대학교 경희의료원 영상의학과

<sup>2</sup>경희대학교 동서신의학병원 영상의학과

<sup>3</sup>경희대학교 경희의료원 핵의학과

<sup>4</sup>경희대학교 의과대학 예방의학과교실

이 논문은 2009년 9월 14일 접수하여 2010년 1월 14일에 채택되었음.

용되는 말단부 골밀도 측정기 중 중지골을 검사하는 RA법과 종골을 검사하는 pDXA법의 진단적 유용성을 알아보기 위해 각 검사법의 반복재현성을 알아보고 표준검사법인 중축골 DXA와 골밀도 수치(T-score)를 비교하여 상관성을 분석하고 이를 바탕으로 각 검사법의 골감소증의 진단 기준을 제시하고자 한다.

## 대상과 방법

### 대상군

2007년 8월부터 2007년 12월까지 5개월간 골다공증에 관심을 갖고 내원한 총 108명의 지원자를 대상으로 시행하였다. 이 연구를 위한 유효 표본 수는 두 검사 간 골밀도 수치의 상관관계와 골밀도 수치의 재현성을 알아보기 위한 목적으로 Ronald Fisher's classic z-transformation을 사용해 계산하여(7), 정상군으로 건강한 20~30대 젊은 여성 54명과 골다공증위험군인 폐경기의 50~65세 여성 54명, 총 108명의 표본 수를 얻었다. 이 연구는 수행 전 의료기기 임상시험에 대해 임상윤리위원회의 승인을 거친 후 시행하였다. 지원자들은 상담을 통해 임상시험에 참여 가능 여부를 결정한 후 동의서에 서명하고 설문지를 작성하였다. 참여 배제 요인으로는 정상군과 골다공증 위험군 모두에서 임신 및 수유 혹은 임신가능성, 검사부위인 요추부, 왼손, 왼발에 심한 퇴행성 병변, 감염성이나 종양성 병변이 있거나 최근 2주 이내에 조영제 검사를 시행 받은 경우였고, 정상군의 추가 배제요인으로는 만성질환, 장기 입원, 장기 약 복용의 병력이 있는 경우로 하였다.

### 골밀도 측정검사

세 가지 골밀도 측정검사는 모든 연구 참가자에서 방문 당일에 한해 시행되었다. 말단부 골밀도 측정기의 정밀도 및 반복재현성 분석을 위해 RA와 pDXA는 정상군에서 각각 2회씩 반복 측정하였으며, 두 번째 검사에 앞서 자세를 재위치 시켰다.

### 〈중지골 RA, Middle phalangeal RA〉

단순방사선촬영장치인 DR 장비(Digital Diagnost, Philips)를 이용하여 8×10" 카세트 위에 미국 CompuMed 회사의 OsteoGram® 2000 (CompuMed, Manhattan Beach, CA 90266, USA)에서 제공하는 알루미늄 참조뼈기(측정 대상인 손가락 전 부위의 방사선 흡수값과 같은 방사선 흡수값을 갖도록 설계된 미국 특허 제품)가 부착된 템플레이트를 올려놓고 연구 참가자의 왼손을 설정된 조건에 따라 두 번 촬영하였고, 촬영조건은 기기제조사에서 추천하는 설정 중 적합한 46 kVp, 1.25 mA를 선택하였다. 필름을 현상하여 OsteoGram® 2000장비 중 하나인 스캐너로 영상을 읽어 들여 참조뼈기 및 2, 3, 4번째 중지골 3개를 둘러싸는 관심구역이 자동으로 설정되며 소프트웨어 프로그램을 통해 영상의 질에 문제가 없는지 확인한 후 골밀도가 산출되었다(Fig. 1). 결과는 골밀도 절대수치 g/cm<sup>2</sup>와 T-score 및 Z-score로 나타내었다.

### 〈종골 pDXA, Calcaneal pDXA〉

국내의료제조업체인 웨버인스트루먼트사의 BGM-6 (Bone Growth Management System-Six Feet, Korea)기종을 이용하여 왼발 뒤꿈치 종골의 골밀도를 측정하였다. 측정하기 전 제조사에서 제공한 팬텀을 이용하여 정상 수치 범위 내에 있는지 확인한 후 지원자의 왼쪽 발뒤꿈치를 측정 장치 위에 올려놓고 측정하였다. 결과는 골밀도 절대수치 g/cm<sup>2</sup>와 T-score 및 Z-score로 나타내었다.

### 〈중축골 DXA, Axial DXA〉

GE-Lunar사의 Prodigy (GE-Lunar, Madison, WI, USA) 기종으로 요추부와 대퇴골의 골밀도를 표준지침에 서술된 방법에 따라 정상군과 위험군 모두에서 각각 1회 측정하였다. 요추부는 L1-4 부위의 평균치, 대퇴골에서는 경부와 대퇴골 전체 골밀도 등 두 부위의 골밀도를 측정하였으며, 결과는 골밀도 절대수치 g/cm<sup>2</sup>와 T-score 및 Z-score로 나타내었다.

### 통계분석

정상군과 위험군에서 각 검사의 평균수치와 표준편차를 구하였다. 말단부골밀도측정법인 중지골 RA와 종골 pDXA의 반복재현성을 알아보기 위해 정상군에서 시행한 2회의 검사수치를 비교하여 Pearson correlation analysis를 이용해 상관관계를 알아보고, Bland-Altman plot을 이용한 반복계수(coefficient of repeatability, 이하 CR)를 알아보았다.

각각의 피검사자들에서 중지골 RA를 통해 측정한 T-score 수치를 표준검사인 요추부 DXA에서 얻은 T-score 수치와 비교하여 그 상관관계를 알아보고, 두 검사법 간의 평균치를 비교하여 RA의 유효성을 분석하였다. 마찬가지로 종골 pDXA의 T-score와 요추부 DXA의 T-score를 비교해 상관관계를 알아보고, 두 검사법간의 평균치를 비교하여 pDXA의 유효성을 분석하였다. 각 검사법간의 T-score 상관계수는 Pearson

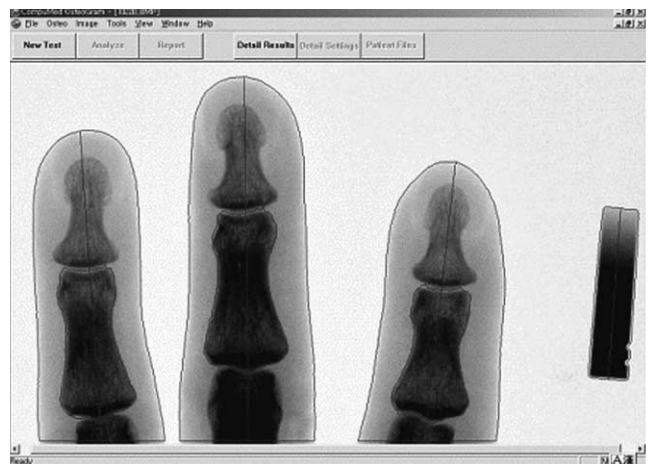


Fig. 1. Automatic identification and measurement of bone density of 2nd-4th middle phalanges, with aluminum wedge (right on figure) as a reference value.

correlation analysis를 이용해 구하였다. Bland-Altman method를 이용하여 systemic error와 proportional error 유무를 검정하였다.

말단부골밀도측정법인 중지골RA와 종골pDXA의 골감소증에 대한 확정값(cutoff value)을 구하기 위해 receiver operating characteristic (ROC) curve를 이용하였다.

Paired t-test를 이용하여 검사 방법 간의 평균치 차이(mean difference)를 검정하였다.

## 결 과

### T-score의 평균 및 표준편차

정상군에서 T-score의 평균 및 표준편차는 요추부 DXA  $-0.03 \pm 0.91$ , 대퇴골 DXA  $0.54 \pm 1.02$ , 각각 2회에 걸친 중수골 RA  $-0.40 \pm 0.90$ ,  $-0.37 \pm 0.96$ , 종골 pDXA  $-1.30 \pm 0.59$ ,  $-1.36 \pm 0.65$ 였다. 골다공증 위험군에서 T-score의 평균 및 표준편차는 요추부 DXA  $-0.84 \pm 1.30$ , 대퇴골 DXA  $-0.37$

$\pm 1.00$ , 중수골 RA  $-1.74 \pm 1.32$ , 종골 pDXA  $-1.56 \pm 0.71$ 였다.

### 말단부 골밀도 측정기의 반복재현성

2회에 걸친 검사간의 Pearson상관계수는 중지골 RA 에서 0.94, 종골 pDXA에서 0.93으로 높게 나타났다. 또한, Bland-Altman plot을 이용한 반복계수는 중지골 RA에서 0.88, 종골 pDXA에서 1.53으로 산출되었으며, 각각 1.96 이하의 값을 보여 재현성이 좋은 것으로 나타났다(Fig. 2).

### 검사법 간의 상관관계

Pearson상관계수는 일반적으로 0.70~0.80이면 강한 양의 상관관계가 있다고 할 수 있으며, 0.50~0.60이면 보통 정도의 양의 상관관계, 그리고 0.40 이하이면 약한 양의 상관관계가 있다고 할 수 있다. 전체 피검자자를 대상으로 한 각각의 Pearson상관계수는 요추부 DXA-중지골 RA 0.6067, 요추부 DXA-종골 pDXA는 0.1693이고(Fig. 3), 정상군에서의 상관

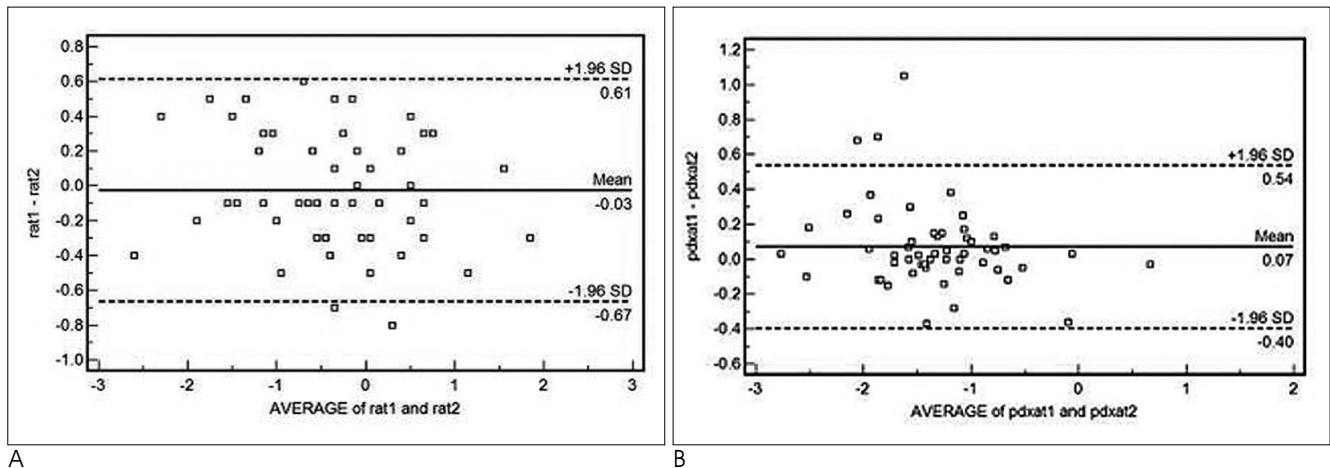


Fig. 2. Bland-Altman plot and coefficient of repeatability of the peripheral bone densitometry.

A. Middle phalangeal RA (CR=0.88).

B. Calcaneal pDXA (CR=1.53).

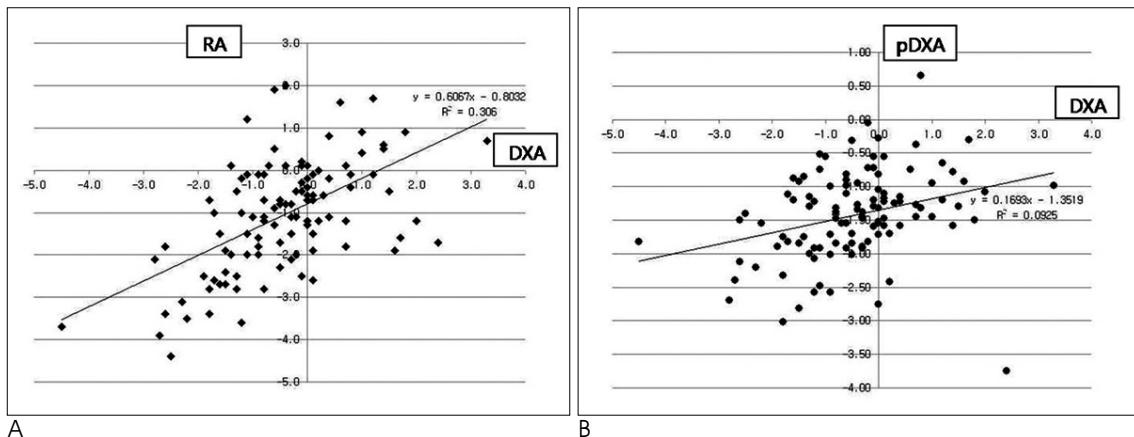


Fig. 3. Correlation between central DXA and peripheral bone densitometry.

A. Lumbar DXA-middle phalangeal RA ( $r=0.6067$ ).

B. Lumbar DXA-calcaneal pDXA ( $r=0.1693$ ).

계수는 요추부 DXA-중지골 RA 0.5122, 요추부 DXA-종골 pDXA는 0.1901, 골다공증 고위험군에서의 상관계수는 요추부 DXA-중지골 RA 0.4366, 요추부 DXA-종골 pDXA는 0.1254로 나타나, 요추부 DXA-중지골 RA는 보통 정도의 양의 상관관계를 갖고, 요추부 DXA-종골 pDXA는 약한 정도의 양의 상관관계를 보였다.

Bland-Altman plot의 반복계수는 요추부 DXA-중지골 RA가 2.64, 요추부 DXA-종골 pDXA가 3.02로 나타나 진단적 오차의 가능성을 제시하였다.

### 골감소증의 확정값

골감소증의 진단기준인 척추부 DXA T-value, -1.0을 기준으로 산출한 말단부 골밀도 측정기의 골감소증에 대한 확정값은 중지골 RA가 -1.773(민감도, 65.6%; 특이도, 83.5%)였으며 종골 pDXA가 -1.75(민감도, 59.4%; 특이도, 84.2%)였다.

p값이 0.5일 때 ROC curve의 아래면적(area under the curve, 이하 AUC)은 중지골 RA가 0.706이고 종골 pDXA가 0.699였다. 요추부 DXA와 중지골 RA간의 면적 차이는 0.204, 요추부 DXA와 종골 pDXA간의 면적 차이는 0.301, 중지골 RA와 종골 pDXA와의 면적 차이는 0.097을 보였으며 (Fig. 4), 요추부 DXA와 말단부 골밀도 측정기인 중지골 RA 및 종골 pDXA와의 진단적 동이에 대한 통계적인 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

그러나, 요추부 DXA의 T-score, -1.0을 기준으로 한 분할표 분석(cross-table analysis, Table 1)에서 중지골 RA와 종골 pDXA의 민감도는 모두 80% 이상을 보여 일치하지 않는 비율이 통계적으로 차이 있는지 보았을 때 차이가 없음을 알 수 있었다(McNemar 검정). 한편, 특이도는 중지골 RA가 종골 pDXA보다 높은 수치를 보였으며 정확도도 높은 수치를 보였다.

## 고 찰

골다공증은 뼈의 강도가 약해져서 작은 충격에 의해서도 대퇴골, 척추, 손목, 상완골, 골반 등에 쉽게 골절이 발생하는 가장 흔한 대사성골질환이다. 이러한 골다공증은 별다른 증상 없이 서서히 찾아오게 되며 골다공증 관련 골절의 발생 시 장애, 생활의 질 저하, 다른 질환의 동반발생, 사망률의 증가 등 여러 합병증을 동반하는 문제점을 안고 있다. 최근 우리나라는 인구의 급속한 고령화와 함께 골다공증 유병률 또한 급격하게 증가하고 있어, 골다공증 진단을 위한 여러 방식의 골밀도 측정법이 1, 2차 의료기관은 물론 이동식 차량의 건강검진 프로그램에서 활발히 사용되고 있다.

골밀도는 나이, 성별, 종족 간에 따라 차이가 있으며, 개인에서도 부위별 혹은 측정 기기별 다른 골밀도 값을 보일 수 있다(8-10). 이 연구에서는 동일인에서 부위별로 다양한 기기로 측정한 골밀도 값이 다르게 나타날 뿐만 아니라, 연령군에 따라 골밀도 수치의 높고 낮음의 순서가 다르게 나타남이 확인되

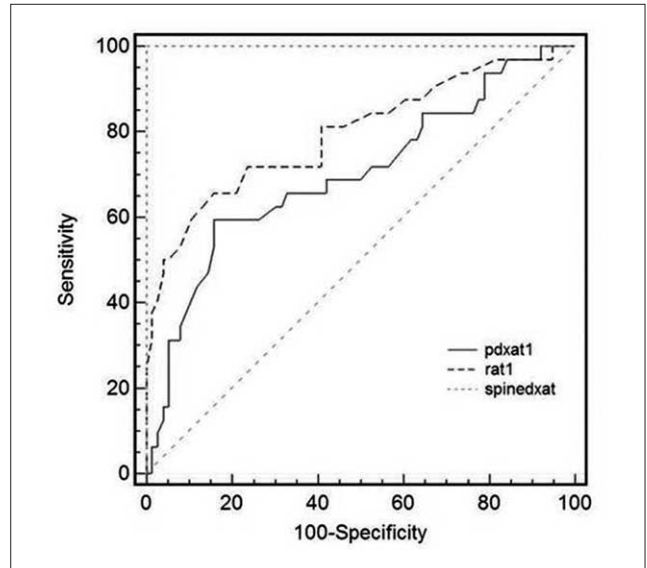


Fig. 4. Receiver operating characteristic (ROC) curves and areas under the curves for the middle phalangeal RA and calcaneal pDXA for the diagnosis of osteopenia, using a T-score = -1.0 of lumbar DXA as a standard value. pdxat1 = calcaneal pDXA, rat1 = middle phalangeal RA, spinedxat = lumbar DXA.

Table 1. Cross-table Analysis of Peripheral Bone Densitometry for the Diagnosis of Osteopenia

	RA	pDXA
Sensitivity	81.82	81.82
Specificity	60.00	28
Positive predictive value	47.37	33.33
Negative predictive value	88.24	77.78
Accuracy	66.67	44.44

Note: T-score = -1.0 of lumbar DXA as a standard value.

었다. 즉, 20~30대 여성에서는 중지골의 골밀도가 종골보다 높게 측정되었지만, 50~60대 여성에서는 종골의 골밀도가 중지골보다 높게 측정되었다. 이는 연령에 따라 부위별 골밀도가 변화할 수 있음을 시사한다. 또한, 정상군 중 20대보다 30대의 골밀도가 모든 측정기기에서 높게 나타났는데 이는 체중과 관계가 있을 것으로 생각한다. 한편, 모든 연령군에서 중축골 DXA에 비해 말단부 골밀도 측정기의 골밀도 값이 더 낮게 나타나 T-score를 이용한 골감소증에 대한 확정값은 DXA의 수치인 -1.0에 비해 좀더 낮게 조정될 필요가 있음을 알 수 있었다.

골다공증의 진단방법에는 임상진단, 방사선학적 진단 및 골밀도의 정량적 측정이 있다. 임상 및 방사선학적 진단은 골감소와 관련된 골절, 골소주의 변화 등을 통해 진단하는 것으로 정확한 골밀도를 측정하는 골밀도의 정량적 측정보다 부정확할 수 있다. 하지만, 골다공증의 진단은 한번 측정한 특정 골밀도 측정기의 골밀도 수치에만 의존해서는 안되며, 우선적으로 피검사자의 연령, 성별, 기저질환 등의 임상상황에 따른 특수



성을 고려하고 이에 따른 적절한 진단적 검사법과 검사부위를 선택해 시행하는 것이 중요하다(9). 이와 더불어 여러 골밀도 측정기들의 원리와 장단점에 대한 이해가 필요할 것이다.

DXA는 골밀도 측정의 표준검사로 이용되는 방법으로 DXA는 모든 골의 골밀도 측정이 가능하지만, 골절빈도가 높고 골다공성 골절예측률이 높은 L1-4부위의 골밀도 평균치와 대퇴골 경부 및 전체의 골밀도를 측정하여 가장 낮게 측정된 수치를 기준으로 진단한다(11-13). 세계보건기구(WHO)에 의한 골다공증의 진단 기준은 DXA를 이용해 T-score가 -2.5 이하인 경우를 골다공증으로, -1.0 이하를 골감소증으로 정의하고 있다(1). DXA는 방사선이 인체를 투과할 때 투과물질의 방사선투과율의 차이를 측정함으로써 투과물질의 밀도를 산출하게 된다. 최근에는 반도체 검출기와 고출력 방사선 발생장치를 갖는 DXA가 개발되어 피폭선량의 증가 없이 화질의 해상도와 스캔 속도의 개선이 가능해졌고, 우수한 정밀도(요추 0.5~1.5%, 대퇴골: 1~2%, 전신 혹은 상완: 1% 이하)를 보여서 추적검사로도 적합하다. DXA의 유효 방사선 피폭량은 1  $\mu$ Sv로 단순 흉부촬영의 1/50 정도로 안전관리 측면에서 문제가 없다(3). 단점으로는 가격이 비싼 편이고, 설치공간을 많이 차지하며, 기기 사용에 능숙한 기사가 필요하다. 한편, DXA 결과 수치의 오차발생은 피검자 요인인 퇴행성변화, 압박골절, 대동맥 석회화, 측정부위의 수술 후 변화, 장내 조영제, 과도비만, 복수 등, 검사자 요인인 피검자 위치 및 관심영역 설정 오류, 분리선 중복 등, 골밀도 측정기요인인 보정오차 등에 의해 발생할 수 있고, 따라서 검사 시행 시 이러한 오차가능성에 대한 인식이 반드시 필요하다. 이 연구에서는 위에서 설명한 오차 가능성이 있는 경우 검사에 참여시키지 않았으며, 중축골 중 L1-4의 평균치와 대퇴골의 골밀도를 비교했을 때 정상군과 골다공증 위험군 모두에서 요추부의 골밀도가 더 낮게 측정되어 말단부 골밀도 측정기와의 상관관계를 분석함에 있어 요추부 골밀도 수치를 이용하였다.

RA는 단순방사선 촬영을 이용하는데, 측정원리나 방식의 차이에 따라 radiographic photodensitometry (RP), radiogrammetry(RG), digital radiographic absorptiometry (digital RA 혹은 RA)로 분류하고 있다. 이 중, RP는 정밀도와 정확도가 낮아 척추 골격에서 오차비율이 50%에 이른다는 연구 등(14, 15)에 의해 이제는 거의 사용되지 않는 방법이며, RG 기법은 주로 뼈의 두께를 측정하는 간접분석 방식으로 전산화의 도움에 의해 정밀도는 높였으나 골밀도의 개념포함의 한계로 사용되지 않는 검사법이다. 이들에 비해 디지털 방사선흡수법(digital RA)은 알루미늄으로 된 참조楔기(reference wedge)와 함께 중지골을 촬영하여 광학밀도계를 이용해 골밀도를 측정하는 것으로 방사선 노출량에 따른 변화나 피검자의 자세변화를 보정하고 연부조직 효과를 제거한 골밀도를 측정하게 된다. 또한, 디지털 방식으로 측정영역을 자동설정하고 광밀도 측정기를 컴퓨터화한 것으로 이 검사법은 값이 싸고 언제든지 방사선 촬영기가 있는 곳에서는 측정이 가능해 1차 의료기관이나 이동 검진소에서의 접근성이 높다는 장점이 있는 반면, 손에서만 측정이 가능하므로 골다공증 관련

골절이 주로 발생하고 심각한 합병증을 초래할 수 있는 척추나 대퇴골의 골밀도를 직접 측정하지 못하는 제한점이 있다. 이러한 단점에도 불구하고 최근의 몇몇 국외 연구들을 통해 RA법은 높은 정밀도 및 정확도(16, 17), 골밀도의 표준검사법인 DXA와의 높은 상관계수(10, 18), 추후 골절 예측가능성 등(2)이 검증됨으로써 골다공증의 선별검사에 유용하게 이용할 수 있으리라는 가능성을 뒷받침하고 있다. Michaeli 등(16)에 의한 연구는 Pronosco사의 X-posure 시스템을 이용하여 0.65%의 우수한 정밀도를 보고 하였으며, Yang 등(17)은 CompuMed사의 RA기기를 이용한 연구에서 골밀도의 정확도 에러가 0.6%이며 전완부 DXA와의 상관계수가 0.887로 높다고 보고하였다. Kleerekoper 등(10)은 지골 RA와 요추부 DXA의 상관계수가 0.498라고 보고하였다. 이 연구에서는 CompuMed사의 digital RA, OsteoGram® 2000을 이용하였고, 기존의 연구결과와 마찬가지로 중지골 RA의 반복계수가 0.88로 높게 나타났고 표준 검사법인 중축골 DXA와의 상관관계는 보통 정도( $r=0.6067$ )를 갖는 것으로 나타났다. 또한, 요추부 DXA를 기준으로 하여 ROC curve를 비교한 결과 요추부 DXA와 말단부 골밀도 측정기인 RA 및 pDXA와의 진단적 동의에 대한 통계적인 차이는 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ). 이 결과는 RA등 말단부 골밀도 측정기가 골감소증을 진단하고 골밀도 변화를 추적검사 하는 데는 한계가 있음을 보여주며 이는 이전의 연구보고와 일치한다(19-21). 그러나, 요추부 DXA의 T-score, -1.0을 기준으로 한 분할표 분석(cross-table analysis)에 의하면 중지골 RA와 종골 pDXA의 민감도는 모두 80% 이상으로써, DXA의 T-score가 -1.0 이하인 검사 대상의 80% 이상에서 RA나 pDXA에서도 이상 소견을 보인 것이므로 선별검사로써 의미가 있다고 볼 수 있다. 이 표는 DXA를 기준으로 T-score 수치만을 비교하였기 때문에 개인에서 측정부위마다 골밀도치가 다른 것은 고려되지 않았다.

pDXA는 DXA와 동일한 방식이지만 말단골만을 촬영할 수 있는 기기로 방사선피폭량이 극미하고, 가격이 저렴하고, 공간을 적게 차지하며, 검사시간이 짧아 1차 진료에 많이 이용되고 있다. 이 방식은 주로 요골이나 종골을 측정하며 RA와 마찬가지로 골다공성 골절에서 중요한 부위인 중축골의 골밀도를 직접 측정할 수 없다는 제한점이 있다. RA와 마찬가지로 pDXA와 DXA의 상관관계는 다양하게 보고하고 있으며, 이러한 결과는 대상군의 차이나 기기, 부위의 차이에 의한 것으로 볼 수 있다. Kleerekoper 등(10)은 요골 pDXA와 요추부 DXA의 상관계수를 0.573으로 보고하였고 이는 동시에 검사한 RA법에 비해 높은 수치이다. Takada 등(18)은 진단적 동의를 알아보는  $\kappa$ 값을 지골 RA-척추부 DXA, 0.44로 요골 pDXA-척추부 DXA, 0.22에 비해 높게 보고하였다. Pouilles 등(5)에 의하면 전완 DXA와 요추부 DXA의 상관관계를 0.53~0.60으로 보고하였다. 이 연구에서는 종골 pDXA와 요추부 DXA의 상관계수가 0.1693으로 중지골 RA보다 매우 낮게 나타났다. 그러나 종골 pDXA 검사 역시 반복계수가 1.53으로 높고 DXA의 T-score, -1.0을 기준으로 한 골감소증의 진단에 있어서 80% 이상의 민감도를 보여 선별검사의 의미는 갖는다고

할 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 골밀도 측정기의 유효성 평가에 중요한 골절예측도에 대한 분석을 하지 않았는데 이는 연구의 대상군이 20~60대의 건강한 지원자만을 대상으로 하여 골다공증에 해당하는 피검자가 거의 없었다. 이러한 이유로 측정 기기별 T-score 확정값 산출도 골다공증의 확정값 비교가 아닌 골감소증의 진단적 확정값을 구하였다.

요약하면, 이 연구에서 사용된 말단부 골밀도 측정기들은 반복재현성 면에서 우수한 정밀도를 보였으며, 이 중 중지골 RA는 요추부 DXA와의 상관관계도 보통이상으로 나타나 골다공증 진단의 선별검사로 유용하게 사용할 수 있음을 보여주었다. 한편, 동일인에서 부위 및 기기의 종류에 따른 골밀도 수치 차이가 있었으며, 이는 각각의 임상 상황에 맞추어 특정 부위에 대한 골밀도 측정이 필요할 수 있음을 의미한다고 본다.

### Acknowledgements

본 연구는 2007년도 식품의약품안전평가원 용역연구개발과제의 연구개발비 지원(07122의료기509)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

1. Kanis JA, Melton LJ 3rd, Christiansen C, Johnston CC, Khaltsev. The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1994;9:1137-1141
2. Huang C, Ross PD, Yates AJ, Walker RE, Imose K, Emi K, et al. Prediction of fracture risk by radiographic absorptiometry and quantitative ultrasound: a prospective study. *Calcif Tissue Int* 1998;63:380-384
3. 대한골대사학회. 골다공증의 진단. In 골다공증, 3판. 서울: 한미의학. 2006:148-159
4. Faulkner KG, von Stetten E, Miller P. Discordance in patient classification using T-scores. *J Clin Densitom* 1999;2:343-350
5. Pouillès JM, Tremollières FA, Martinez S, Delsol M, Ribot C. Ability of peripheral DXA measurements of the forearm to predict low axial bone mineral density at menopause. *Osteoporosis Int* 2001;12:71-76
6. 양승오, 김영식, 이상일, 이수호, 함수연, 이종화 등. 초음파측정법에 의한 변수와 이중에너지 방사선 흡수법으로 측정한 골밀도의 상관관계. *대한폐경학회지* 1999;5:452-459
7. Gasser KM, Mueller C, Zwahlen M, Kaufmann M, Fuchs G, Perrelet R, et al. Osteoporosis case finding in the general practice: phalangeal radiographic absorptiometry with and without risk fac-

- tors for osteoporosis to select postmenopausal women eligible for lumbar spine and hip densitometry. *Osteoporosis Int* 2005;16:1353-1362
8. Miller PD. Bone mineral density- clinical use and application. *Endocrinol Metab Clin North Am* 2003;32:159-179
9. Leib ES, Lewiecki EM, Binkley N, Hamdy RC. Official positions of the international society for clinical densitometry. *J Clin Densitom* 2004;7:1-6
10. Kleerekoper M, Nelson DA, Flynn MJ, Pawluszka AS, Jacobsen G, Peterson EL. Comparison of radiographic absorptiometry with dual-energy X-ray absorptiometry and quantitative computed tomography in normal older white and black women. *J Bone Miner Res* 1994;9:1745-1749
11. Cummings SR, Nevitt MC, Browner WS, Stone K, Fox KM, Ensrud KE, et al. Risk factors for hip fractures in white women. *N Eng J Med* 1995;332:767-773
12. Marshall D, Johnell O, Wedel H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. *BMJ* 1996;312:1254-1259
13. Kanis JA, Gluer CC. An update on the diagnosis and assessment of osteoporosis with densitometry. *Osteoporosis Int* 2000;11:192-202
14. Albanese AA, Edelson AH, Lorenze EJ, Wein EH. Quantitative radiographic survey technique for detection of bone loss. *J Am Geriatr Soc* 1969;17:142-154
15. Horsman A, Simpson M. The measurement of sequential changes in cortical bone geometry. *Br J Radiol* 1975;48:471-476
16. Michaeli DA, Mirchahi A, Singer J, Rapa FG, Plass DB, Boussein ML. A new X-ray based osteoporosis screening tool provides accurate and precise assessment of phalanx bone mineral content. *J Clinical Densitometry* 1998;2:23-30
17. Yang SO, Hagiwara S, Engelke K, Dhillon MS, Guglielmi G, Bendavid EJ, et al. Radiographic absorptiometry for bone mineral measurement of the phalanges: precision and accuracy study. *Radiology* 1994;192:857-859
18. Takada M, Engelke K, Hagiwara S, Grampp S, Jergas M, Gluer CC, et al. Assessment of osteoporosis: comparison of radiographic absorptiometry of the phalanges and dual X-ray absorptiometry of the radius and lumbar spine. *Radiology* 1997;202:759-763
19. Eis SR, Lewiecki EM. Peripheral bone densitometry: clinical applications. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2006;50:596-602
20. Miller PD, Njeh CF, Jankowski LG, Lenchik L. What are the standards by which bone mass measurement at peripheral skeletal sites should be used in the diagnosis of osteoporosis? *J Clin Densitom* 2002;5 Suppl:S39-S45
21. Lenchik L, Leib ES, Hamdy RC, Binkley NC, Miller PD, Watts NB. Executive summary international society for clinical densitometry position development conference. *J Clin Densitom* 2002;5:S1-S3

## Feasibility of Peripheral Bone Densitometry for the Assessment of Bone Density: Comparison with Dual Energy X-ray Absorptiometry of the Axial Skeleton<sup>1</sup>

Ji Seon Park, M.D., Wook Jin, M.D.<sup>2</sup>, So Young Park, M.D.<sup>2</sup>, Min Sun Bae, M.D.<sup>2</sup>,  
Doeg Yoon Kim, M.D.<sup>3</sup>, Bong-Keun Choe, M.D.<sup>4</sup>, Kyung Nam Ryu, M.D.

<sup>1</sup>Department of Radiology, Kyung Hee University Medical Center

<sup>2</sup>Department of Radiology, East-West Neomedical Center, Kyung Hee University

<sup>3</sup>Department of Nuclear Medicine, Kyung Hee University Medical Center

<sup>4</sup>Department of Preventive Medicine, School of Medicine, Kyung Hee University

**Purpose:** To evaluate the feasibility of peripheral bone densitometry for the assessment of bone density, and to compare it with dual energy X-ray absorptiometry (DXA).

**Materials and Methods:** Radiographic absorptiometry (RA) of the middle phalange, peripheral DXA (pDXA) of the calcaneus, and the DXA were performed for two groups: Group 1 was a normal group of 54 healthy young women and group 2 was a group of 54 postmenopausal women considered to be at a high risk for osteoporosis. For the normal group, RA and pDXA were scanned twice to assess the repeatability of the methods. The T-scores were compared to determine whether there was a correlation between the peripheral and axial bone densitometries. The cutoff values of RA and pDXA for the diagnosis of osteopenia were determined.

**Results:** Each examination showed different T-scores for a given person. The T-scores of RA were higher than those of pDXA for the normal group, whereas the T-scores of pDXA were higher for high-risk group. The coefficients of repeatability were 0.88 in RA and 1.53 in pDXA. The correlation coefficient for DXA was higher in RA than in pDXA. The cutoff values for osteopenia were -1.773 for RA and -1.75 for pDXA, as compared to -1.0 for DXA.

**Conclusion:** The data suggests that RA is a viable screening method for osteoporosis. However, there should be consideration for the fact that bone density depends on examination methods or sites.

**Index words :** Absorptiometry, Photon

Bone density

Finger Phalanges

Calcaneus

Address reprint requests to : Kyung Nam Ryu, M.D., Department of Radiology, Kyung Hee University Medical Center  
Hoekidong 1, Dongdaemun-ku, Seoul 130-702, Korea.  
Tel. 82-2-958-8622 Fax. 82-2-968-0787 E-mail: t2star@naver.com