



■ 신화경, 조광호<sup>1</sup>

■ 대구가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교 보건과학대학 방사선학과

Association Between Physical Performance and Bone Mineral Density in Elderly Women

Hwa-Kyung Shin, PT, PhD; Kwang-Ho Cho, RT, PhD<sup>1</sup>

Department of Physical Therapy, College of Health Science, Catholic University of Daegu; <sup>1</sup>Department of radiology, College of Health Science, Catholic University of Daegu

**Purpose:** The purpose of this study was to determine the effect of physical performance on bone mineral density (BMD) in elderly women.

**Methods:** Twenty-one elderly women participated in this study. After testing functional ambulation category (FAC), they were classified into two groups: dependent walking group, those who could not walk independently (FAC 0~2, n=11) and independent walking group those who could walk independently (FAC 3~5, n=10). Outcome measures were: general characteristics, physical performance and BMD. General characteristics included age, body mass index (BMI) and waist-hip ratio. Physical performance included the chair rise test (CRT) and the modified fall efficacy scale (MFES). BMD was represented in the osteoporosis index (OI), T-score and Z-score. BMD was evaluated in calcaneal bone, using OsteoPro. The data was analyzed using SPSS 12.0 software and the Mann-Whitney U test and the Spearman correlation.

**Results:** Age, BMI and waist hip ratio, which all affect BMD, showed no significant differences between groups ( $p>0.05$ ). But the FAC 3~5 group showed a significantly higher score for CRT, MFES and T-score, compared with the FAC 0~2 group ( $p<0.05$ ). The T-score was correlated with CRT and MFES scores ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** There is a positive relationship between physical performance and BMD. Therefore, improved physical performance can have a beneficial effect by reducing osteoporosis in elderly women, considering a positive relationship between physical performance and BMD.

**Keywords:** Bone mineral density, Elderly women, Osteoporosis, Physical performance

논문접수일: 2009년 8월 4일

수정접수일: 2009년 10월 22일

게재승인일: 2009년 10월 27일

교신저자: 조광호, ghcho@cu.ac.kr

## 1. 서론

골다공증(osteoporosis)은 노인의 만성적인 장애를 일으키는 주요한 원인중의 하나이다. 이러한 골다공증은 대사성 골질환의 일종으로 연골(concellous bone)의 골소주(trabeculae)의 두께 감소로 인하여 단위 용적내의 골질이 저하되는 질병이다.<sup>1</sup> 즉, 골 형성의 감소 또는 골흡수의 증가로 인해 골량이 전반적으로

감소하게 되고, 가벼운 충격에도 쉽게 골절이 일어나게 된다. 이로 인해 개인의 독립성이 감소하고 삶의 질에 영향을 미치는 보행능력과 일상생활에 장애를 겪을 수 있다.<sup>1</sup> 평균 수명이 늘어남에 따라 지속적으로 골다공증 환자가 증가하고 있으나, 아직까지 확실한 치료법이 밝혀지지 않고 있어 조기 진단과 예방이 더욱 강조되고 있는 실정이다. 골다공증으로 인한 골절은 손목, 고관절, 척추 등에 흔히 발생하여 고관절의 경우 골절 환자

중 20%는 사망하고, 40%는 침상에서 일생을 지내야 되며, 20%는 남의 도움이 있어야 일상생활이 가능하게 된다.<sup>2,3</sup>

골다공증은 크게 원발성과 속발성으로 나눌 수 있으며, 원발성 골다공증은 1형과 2형으로 구분할 수 있다. 제 1형 골다공증은 폐경 이후 에스트로겐의 감소로 인해 칼슘의 축적이 저하됨으로써 나타나는 골밀도의 감소가 원인이며, 연골의 감소와 척추골의 압박 골절이 특징이다. 여성은 30대 초반에 골밀도의 최고치를 보이며, 30대 중반 이후에는 매년 1%씩 감소하며, 폐경기 이후에는 골밀도의 감소가 가속화되어 매년 약 7% 내외의 골 소실이 일어나며, 50세 이상의 54%는 골다공증으로 인한 골절을 경험하게 된다고 보고되었다.<sup>3</sup> 제 II형 골다공증은 주로 70세 이상의 남녀에서 나타나는 노인성 골다공증을 의미하며, 피질골과 연골이 모두 감소하며 대퇴 경부 골절이 그 특징이다.<sup>4</sup> 속발성 골다공증은 다른 질환 또는 약물에 의해 발생하는 골다공증을 말한다. 병적인 원인으로는 갑상선 기능 항진증, 부갑상선 기능항진증, 류마티스 관절염, 고프로락틴 혈증 등이 있으며, 골다공증을 일으키는 약물로는 steroid, thyroid preparation, diphenyl hydantoin, cabamazepine 등이 포함된다.<sup>5</sup> 그 외에 칼슘 섭취 부족, 좌식 생활, 과량의 커피, 비활동, 알코올 및 흡연 등 생활양식에 의해서도 골다공증이 나타날 수 있다.<sup>6-8</sup>

현재 규칙적인 운동이 골다공증을 예방할 수 있다고 보고되었으나, 골의 노화가 진행된 폐경기가 지난 여성 노인에서 운동 수행능력의 정도와 골밀도의 관련성에 대한 연구는 부족한 실정이다.<sup>9-11</sup> 본 연구는 70세 이상의 여성 노인을 대상으로 골밀도와 운동 수행 능력의 관계를 알아보고, 나아가 운동 수행능력이 골밀도의 감소 정도를 예측할 수 있을지에 대한 가능성을 알아보고자 하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 경북 K시 소재의 노인요양원에 입소한지 6개월 이상이 지난 만 70세 이상의 여성 노인 20명을 대상으로 하였다. 대상자 선정 기준은 다음과 같다. 지시 사항을 따르고 질문에 대답할 수 있는 자, 언어적 의사소통이 가능한 자, 음주 및 흡연이나 골밀도에 영향을 미치는 약물을 복용하지 않는 자, 연구의 참여에 동의한 자로 정하였다. 연구 대상자의 평균 연령은 78.00±6.48세였다. 평균 키는 1.54±0.08m, 평균 몸무게는 53.57±11.79kg였으며, 신체 질량지수(body mass index, BMI)는 22.55±4.79(kg/m<sup>2</sup>)이었다. 허리-엉덩이 둘레 비율(waist-hip ratio)은 0.89±0.04이었다(Table 1).

**Table 1. General characteristics of study participants**

Characteristics	Mean±SD	Range
Age (year)	78.00±6.48	70.12-88.03
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.55±4.79	15.70-35.41
Waist-hip ratio	0.89±0.04	0.79-0.97

BMI: Body mass index

## 2. 실험방법

1) 기능적 운동 수행 능력 (functional motor performance)  
 (1) 기능적 보행 분류 (functional ambulation category, FAC) 보행 능력을 평가하기 위한 FAC는 0~5점으로 이루어진 순서 척도(ordinal scale)이며 판정 기준은 다음과 같다.<sup>12</sup> 0점은 독립보행이 불가능하고 2명 이상의 보조자를 필요로 한다. 1점은 보조자 1명의 지속적이고 강한 지지를 필요로 한다. 2점은 보조자 1명의 지속적이거나 간헐적인 지지를 필요로 한다. 3점은 1명의 보조자가 신체적 접촉 없이 구두로 감독하거나 주변에서 대기할 필요가 있다. 4점은 환자가 편평한 바닥을 독립적으로 걸을 수 있으나 계단이나 경사로, 불규칙한 바닥을 걸을 때는 도움을 필요로 한다. 5점은 어디에서든 독립적으로 보행할 수 있는 단계이다.

(2) 의자에서 일어나기 검사(chair rise test, CRT) 하지의 근수행력을 평가하기 위하여 CRT를 측정하였다. 가슴에 양손을 얹고 시작하라는 신호와 함께 30초 동안 일어나기와 앉기를 최대 반복 횟수를 측정하였다.<sup>13</sup>

(3) Modified fall efficacy scale (MFES) 넘어짐에 대한 효율성을 알아보기 위해 MFES를 측정하였다. MFES는 14개의 항목으로 이루어져 있으며, 넘어지지 않고 스스로 수행할 수 있는 정도를 각 항목에서 0~10점 단위로 표시하고, 14개 항목의 총합을 대표값으로 정하였다.<sup>14</sup> 14개의 항목은 옷 입고 벗기, 식사 준비하기, 목욕하기, 의자에 앉고 일어나기, 침대에 들어가고 나오기, 전화 받기, 집안에서 이동하기, 선반으로 팔 뻗기, 가벼운 집안일 하기, 간단한 시장보기, 대중교통 이용하기, 도로 횡단하기, 가벼운 정원일이나 빨래 널기, 집에서 앞뒤로 걷기를 포함한다. 각 항목의 점수에서 0점은 전혀 수행하지 못하는 경우이며, 5점은 중간 정도 수행하는 경우, 10점은 완전하게 수행하는 경우에 점수를 부여한다. 만약 넘어짐에 대한 두려움 때문에 전혀 수행하지 못한다면 0점으로 표시하도록 하였으며, 신체적 문제로 인해 수행하지 못한다면 빈칸으로 남겨두고 MFES의 평균 계산에서 제외하였다. MFES는 낙상 경험이 있는 노인과 없는 노인에서 재검사에 대한 높은 신뢰도(ICC=0.95)를 보였으며, 정상 노인에 비해 신경계 질환이 있는 여성 노인의 MFES 점수가 유의하게 낮은 것으로 나타났다.<sup>14,15</sup>

2) 골밀도(bone mineral density, BMD)

골밀도를 측정하기 위하여 정량적 초음파(quantitative ultrasound) 측정 시스템인 OsteoPro (BM Tech, 한국)를 사용하였다(Figure 1). 먼저 연구 대상자의 나이, 키, 몸무게, 발 크기를 입력하고 영점 조정(calibration)을 한 후, 좌·우측의 종골 부위에서 골밀도를 측정하였다. 측정 자세는 허리를 곧게 편 상태에서 두 번째와 세 번째 발가락 사이가 발판의 중심선에 위치하도록 하였다. 측정이 이루어지는 동안에는 몸을 움직이지 않도록 지시하였다. 골밀도의 판정을 위하여 골다공증 지수(osteoporosis index, OI), T-score, Z-score를 사용하였다.



Figure 1. Quantitative ultrasound

OI는 골밀도에 영향을 미치는 모든 요인들을 최적으로 조합한 지수이다.<sup>3,4</sup> Z-score는 특정인의 결과와 같은 성별 및 연령대의 정상 평균치와의 차이를 정상치의 표준편차로 나눈 값이다. 반면, T-score는 특정인과 20세 정상 성인의 최대 골밀도의 차이를 정상 골밀도의 표준편차로 나눈 값이다. 세계 보건기구(WHO)에서는 T-score를 성인 여성에 적용하여 골다공증의 임상적 기준치를 정하였는데, 정상은  $BMD \geq -1 SD$ , 골감소증(osteopenia)은  $-1 SD > BMD \geq -2.5 SD$ , 골다공증은  $BMD \leq -2.5 SD$ 로 규정하였다.<sup>3,4</sup>

3) 자료분석

FAC 0~2 집단과 FAC 3~5 집단으로 나누어서 운동 수행능력 변수인 CRT와 MFES, 골밀도 변수인 OI, t-score, z-score를 만 휘트니 검정(Mann-Whitney U test)을 이용하여 비교 분석하였다. 또한 운동 수행능력 변수와 골밀도 변수들 중에서 두 집단 사이에 유의한 차이가 있는 변수를 선택하여 스피어만 상관분석(Spearman correlation)을 실시하였다. 자료의 통계처리

는 상용통계프로그램인 윈도우용 SPSS (Statistical Package for the Social Science) 12.0을 사용하였다.

III. 결과

1. 독립보행 유무에 따른 일반적인 특성 비교

FAC 0~2점은 11명이었으며, FAC 3~5점은 10명이었다. 골밀도에 영향을 미칠 수 있는 나이, BMI, 허리-엉덩이 둘레 비율과 같은 일반적 특성을 두 집단간에 비교한 결과 유의한 차이가 없었다(Table 2)( $p > 0.05$ ).

Table 2. Comparison of general characteristics, physical performance, and bone mineral density between the FAC 0~2 and the FAC 3~5.

	FAC 0~2 (n=11)	FAC 3~5 (n=10)	p-value
General characteristics			
Age(year)	78.27±1.69	75.20±10.71	0.60
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.18±4.94	22.94±4.86	0.65
Waist-hip ratio	0.90±0.05	0.90±0.04	0.89
Physical performance			
CRT (no)	6.00±1.89	12.60±4.82	0.00*
MFES	5.89±1.07	7.84±1.08	0.04
Bone mineral density			
OI	34.42±3.91	39.02±5.98	0.09
T-score	-3.22±0.75	-2.30±1.09	0.04*
Z-score	-0.48±0.82	-0.20±0.76	0.09

FAC: functional ambulation category, BMI: body mass index, CRT: Chair rise test, MFES: modified fall efficacy scale, OI: osteoporosis index  
\* $p < 0.05$

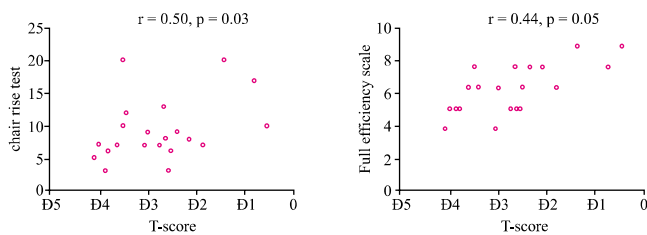
2. 운동 수행능력과 골밀도 비교

CRT와 MFES는 FAC 0~2점 집단보다 FAC 3~5점 집단이 유의하게 높았다(Table 2)( $p < 0.05$ ). 또한 골밀도에서는 T-score만이 FAC 0~2점 집단에 비해 FAC 3~5점 집단이 유의하게 높았다(Table 2)( $p < 0.05$ ).

3. 기능적 운동 능력과 골밀도의 상관관계

두 집단 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타난 운동 수행능력 변수 중 CRT와 MFES, 골밀도 변수 중 T-score를 상관분석을 실시하였다. CRT와 T-score는  $r=0.50$ ,  $p=0.03$ 으로 유의한 상관관계가 있었다( $p < 0.05$ ). MFES와 T-score 또한  $r=0.44$ ,  $p=0.05$ 로 유의한 양의 상관관계가 있었다(Figure 2)( $p < 0.05$ ).





**Figure 2. Correlation between physical performance and bone mineral density**

A: Chair rise test and T-score, B: modified fall efficacy scale and T-score

#### IV. 고찰

현재 임상에서는 골밀도의 측정을 위하여 방사선흡수법(radiographic absorptiometry, RA), 이중에너지 방사선측정법(dual energy x-ray absorptiometry, DEXA), 정량적 전산화 단층촬영(quantitative computed tomography, QCT), 정량적 초음파(quantitative ultrasound, QUS) 방법들을 사용하고 있다.<sup>16</sup> 본 연구에서는 QUS를 사용하여 골밀도를 측정하였으며, 이는 인체에 무해하고, 비침습적이고, 경제적인 뿐만 아니라 골의 질적인 면을 일부 반영한다는 장점이 있다.<sup>16</sup> QUS 검사법은 측정 부위를 사이에 두고 발신용과 수신용으로 나누어진 변환장치가 서로 마주보는 형태를 하고 있으며, 골조직을 통과하는 초음파의 감쇄 성질을 나타내는 BUA (broadband ultrasound attenuation)와 속도를 나타내는 SOS (speed of sound)를 이용하여 매질이 조밀할수록 음파의 전파 속도와 감쇄 정도가 증가함으로써 BUA와 SOS는 골강도와 비례한다는 원리를 이용한다.<sup>16,17</sup> BUA는 dB/MHz를 단위로 하여 골의 물리적 밀도와 압축력을 반영하며, SOS는 m/sec를 단위로 하여 골의 탄성도, 골의 세기를 반영한다. 초음파 상의 감쇠 효과는 해면골의 분리 정도와 연결 정도에 영향을 받으며 해면골의 방향에 의존적이어서 압축된 해면골의 축을 따라서 가장 크게 된다. 또한 초음파 감쇠는 골 용적과 밀접한 관계를 갖는다. 이러한 QUS는 여러 검사법 중의 일부로서 골다공증의 진단에 보완적으로 사용되어 골의 질을 평가하거나 폐경기 전후의 정상 여성의 선별 검사로 유용하다.<sup>17</sup> 그러나 해부학적 영상이 결여됨으로써 발생하게 되는 재측정 오차 등을 해결하기 위해 영상이 가능한 QUS 기종이 개발되는 등 발전 중에 있는 방법이다. 측정 부위로 사용되는 종골은 90% 이상이 연골로 이루어져 있고, 골다공증으로 인한 골절이 빈번한 요추나 대퇴골의 골밀도와 상관성이 높다는 특징이 있으며, 종골에서 측정한 BUA가 DEXA로 얻은 척추와 대퇴골의 골밀도와 유의한 상관 관계가 있음이 보고된 바가 있다.<sup>17</sup> Brooke-Wavell 등<sup>17</sup>은 종골에서 측정한 BUA는 이중에너지 방사선측정법으로 얻은 척추와 대퇴골의 골밀도와 유

의한 상관관계가 있음을 보고하였다.

본 연구는 70세 이상의 여성 노인을 대상으로 골밀도와 운동 수행 능력의 관계를 알아보고, 나아가 운동 수행능력이 골밀도의 감소 정도를 예측할 수 있을지에 대한 가능성을 알아보고자 하였다. 다양한 요인들이 여성 노인의 골밀도와 관련이 있을 수 있으나, 이번 연구는 임상에서 물리치료 분야에서 적용하기에 용이한 운동 수행능력에 초점을 맞추었다. 이때 운동 수행능력 평가의 선택 기준은 측정하기 쉽고, 신뢰성이 있으며, 근력이나 균형 또는 낙상과 관련이 있는 평가 항목을 선택하였다.<sup>18</sup>

먼저 FAC 측정 후, 독립보행이 불가능한 FAC 0~2점 집단과 비교적 독립 보행이 가능한 FAC 3~5점 집단으로 분류하였다. 이때 FAC 0~2점 집단과 FAC 3~5점 집단은 골밀도와 관련이 있을 수 있는 나이, BMI, 허리-엉덩이 둘레 비율과 같은 일반적 특성에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 동질적인 집단임을 확인하였다. 두 집단간에 운동 수행 능력으로써 CRT와 MFES는 유의한 차이가 있었고, 골밀도 변수 중에서는 특정 인과 20세 정상 성인의 최대 골밀도의 차이를 정상 골밀도의 표준편차로 나눈 값인 T-score만이 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. WHO의 T-score의 임상적 기준치에 따르면, FAC 0~2 집단은 T-score가 평균  $-3.22 \pm 0.75$ 으로 골다공증 수준이며, FAC 3~5 집단은 평균  $-2.30 \pm 1.09$ 으로 골감소증 수준으로 차이가 있었다. 운동 수행능력과 골밀도의 상관분석 결과 CRT와 MFES가 높을수록 T-score가 크게 나타나는 양의 상관관계가 보였는데, 이는 전반적인 하지 근력을 나타내는 CRT가 높을수록 골밀도가 높고, 넘어짐에 대한 방어나 효율성에 영향을 미쳐서 MFES도 크게 나타나는 것으로 해석할 수 있었다. 즉, 운동 수행 능력이 높을수록 일상생활에서 더 큰 체중지지 입력(weight bearing input)을 받게 됨으로써 골밀도가 높아졌을 것으로 추측된다.<sup>19,20</sup>

신체활동이 골밀도를 증가시키는 기전은 골흡수의 감소, 해면골과 피질골에서의 골 형성의 증가 두 가지 모두로 생각되고 있다. 즉, 기계적 부하(mechanical loading)가 최대한 큰 곳에 적절한 골 재형성을 가져온다는 Wolff의 법칙에 따라 운동은 인체 내에서 근육활동을 통하여 골 내부에 기능적 변형을 일으켜 골밀도를 유지할 수 있는 것으로 알려져 있다. 특히 체중부하 운동은 근육이 수축함에 따라서 골의 압력으로 인해 조골세포를 활성화시킴으로써 비체중 부하 운동보다 골밀도의 증가에 더욱 효과적인 것으로 보고되었다.<sup>21,22</sup> Bergstrom 등<sup>23</sup>은 폐경기가 지난 여성에게 집중적인 근력강화 훈련 후, 골밀도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 반면, 골다공증이 진행된 노인의 경우 운동을 통해 골강도를 증가시키지 못하기 때문에 골다공증의 예방이나 치료에 영향을 주지 못한다는 연구 결과도 있다.<sup>24</sup>

본 연구에서 70세 이상의 여성 노인의 운동 수행능력과 골밀도는 상관성이 있는 것으로 나타났다. 즉 CRT와 MFES와 같은 운동 수행능력이 낮을수록 골밀도가 낮게 나타나고, 골절을 일으킬 수 있는 낙상에 대한 위험이 증가하게 됨으로써, 임상에서 간편하게 골밀도 감소를 예측하기 위해 사용될 수 있다는 가능성을 제시한다.<sup>25,26</sup> 유사한 연구 결과로서, Blain 등<sup>27</sup>은 저장도의 앉았다가 일어서는 동작은 대퇴골두의 골밀도를 예측할 수 있다고 보고하였다. 또 다른 연구에서는 몸통 펴근이나 악력은 골밀도의 예측변수가 될 수 있다고 보고하였다.<sup>28-30</sup> Miyakoshi 등<sup>28</sup>은 대퇴골두의 골밀도는 75세 이상의 노인에서 고관절 골절의 위험에 대한 유의하고 독립적인 예측변수가 될 수 있다고 보고하였으며, 관련된 다양한 평가는 고관절 골절에 대한 예측력을 증가시킬 수 있다고 보고하였다.

본 연구는 연구에 참여한 대상자의 수가 적어서 연구 결과를 일반화하기에 어려움이 있으며, 이로 인해 운동 수행 능력과 골밀도의 관계에 대한 회귀직선을 구할 수 없었다는 제한점이 있다. 추후 대상자 수를 증가시키고, CRT와 MFES뿐만 아니라 다른 운동 수행능력 평가와의 관계에 대한 연구가 필요하다고 본다.

## V. 결론

본 연구는 70세 이상의 여성 노인을 대상으로 운동 수행 능력과 골밀도의 관계를 알아보고자 하였다. FAC 3-5집단은 FAC 0-2 집단에 비해 운동 수행능력과 골밀도가 유의하게 높게 나타났다. 또한, 운동 수행능력인 CRT와 MFES는 골밀도와 양의 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 이는 임상에서 골밀도 감소를 예측하기 위해 간편하게 사용될 수 있다는 가능성을 나타낸다.

### Author Contributions

Research design: Shin HK

Acquisition of data: Shin HK, Cho KH

Analysis and interpretation of data: Shin HK, Cho KH

Drafting of the manuscript: Shin HK

Research supervision: Shin HK

### 참고문헌

1. Bae JH, Lee HK, Kim HS et al. A study on activities of daily living, mental status and life satisfaction of the elderly

- living in home and in institutions. *J Kor Soc Phys Ther.* 2008;20(2):33-41.
2. Hourigan SR, Nitz JC, Brauer SG et al. Positive effects of exercise on falls and fracture risk in osteopenic women. *Osteoporos Int.* 2008;19(7):1077-86.
3. LaFleur J, McAdam-Marx C, Kirkness C et al. Clinical risk factors for fracture in postmenopausal osteoporotic women: A review of the recent literature. *Ann Pharmacother.* 2008;42(3):375-86.
4. Sosa M, Saavedra P, Jodar E et al. Bone mineral density and risk of fractures in aging, obese post-menopausal women with type 2 diabetes. The GIUMO Study. *Aging Clin Exp Res.* 2009;21(1):27-32.
5. Miyabara Y, Onoe Y, Harada A et al. Effect of physical activity and nutrition on bone mineral density in young japanese women. *J Bone Miner Metab.* 2007;25(6):414-8.
6. Crepaldi G, Romanato G, Tonin P et al. Osteoporosis and body composition. *J Endocrinol Invest.* 2007;30(6 Suppl):42-7.
7. Coin A, Perissinotto E, Enzi G et al. Predictors of low bone mineral density in the elderly: The role of dietary intake, nutritional status and sarcopenia. *Eur J Clin Nutr.* 2008;62(6):802-9.
8. Weeks BK, Beck BR. The bpaq: A bone-specific physical activity assessment instrument. *Osteoporos Int.* 2008;19(11):1567-77.
9. Karkkainen M, Rikkonen T, Kroger H et al. Physical tests for patient selection for bone mineral density measurements in postmenopausal women. *Bone.* 2009;44(4):660-5.
10. Daly RM, Ahlborg HG, Ringsberg K et al. Association between changes in habitual physical activity and changes in bone density, muscle strength, and functional performance in elderly men and women. *J Am Geriatr Soc.* 2008;56(12):2252-60.
11. Bergstrom I, Brinck J, Saaf M. Effects of physical training on bone mineral density in fertile women with idiopathic osteoporosis. *Clin Rheumatol.* 2008;27(8):1035-8.
12. Thieme H, Ritschel C, Zange C. Reliability and validity of the functional gait assessment in subacute stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(9):1565-70.
13. Ritchie C, Trost SG, Brown W et al. Reliability and validity of physical fitness field tests for adults aged 55 to 70 years. *J Sci Med Sport.* 2005;8(1):61-70.
14. Hill KD, Schwarz JA, Kalogeropoulos AJ et al. Fear of falling

- revisited. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(10):1025-9.
15. Cameron ID, Stafford B, Cumming RG et al. Hip protectors improve falls self-efficacy. *Age Ageing.* 2000;29(1):57-62.
  16. Maatta M, Moilanen P, Nicholson P et al. Correlation of tibial low-frequency ultrasound velocity with femoral radiographic measurements and BMD in elderly women. *Ultrasound Med Biol.* 2009;35(6):903-11.
  17. Brooke-Wavell K, Khan AS, Taylor R et al. Lower calcaneal bone mineral density and broadband ultrasonic attenuation, but not speed of sound, in South Asian than white European women. *Ann Hum Biol.* 2008;35(4):386-93.
  18. Kim JH. Reliability and validity of gait assessment tools for elderly person. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(1):41-8.
  19. Shan PF, Wu XP, Zhang H et al. Bone mineral density and its relationship with body mass index in postmenopausal women with type 2 diabetes mellitus in mainland China. *J Bone Miner Metab.* 2009;27(2):190-7.
  20. Silva HG, Mendonca LM, Conceicao FL et al. Influence of obesity on bone density in postmenopausal women. *Arq Bras Endocrinol Metabol.* 2007;51(6):943-9.
  21. Pikkariainen E, Lehtonen-Veromaa M, Kautiainen H et al. Exercise-induced training effects on bone mineral content: A 7-year follow-up study with adolescent female gymnasts and runners. *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19(2):166-73.
  22. Park H, Kim KJ, Komatsu T et al. Effect of combined exercise training on bone, body balance, and gait ability: A randomized controlled study in community-dwelling elderly women. *J Bone Miner Metab.* 2008;26(3):254-9.
  23. Bergstrom I, Landgren B, Brinck J et al. Physical training preserves bone mineral density in postmenopausal women with forearm fractures and low bone mineral density. *Osteoporos Int.* 2008;19(2):177-83.
  24. Prior JC, Barr SI, Chow R et al. Prevention and management of osteoporosis: consensus statements from the Scientific Advisory Board of the Osteoporosis Society of Canada. Physical activity as therapy for osteoporosis. *CMAJ.* 1996;155(7):940-4.
  25. Burnett-Bowie SA, Saag K, Sebba A et al. Prediction of changes in bone mineral density in postmenopausal women treated with once-weekly bisphosphonates. *J Clin Endocrinol Metab.* 2009;94(4):1097-103.
  26. Brentano MA, Cadore EL, Da Silva EM et al. Physiological adaptations to strength and circuit training in postmenopausal women with bone loss. *J Strength Cond Res.* 2008;22(6):1816-25.
  27. Blain H, Jaussent A, Thomas E et al. Low sit-to-stand performance is associated with low femoral neck bone mineral density in healthy women. *Calcif Tissue Int.* 2009;84(4):266-75.
  28. Miyakoshi N, Hongo M, Maekawa S et al. Back extensor strength and lumbar spinal mobility are predictors of quality of life in patients with postmenopausal osteoporosis. *Osteoporos Int.* 2007;18(10):1397-403.
  29. Pang MY, Mak MK. Muscle strength is significantly associated with hip bone mineral density in women with Parkinson's disease: a cross-sectional study. *J Rehabil Med.* 2009;41(4):223-30.
  30. Sirola J, Rikkonen T, Tuppurainen M et al. Grip strength may facilitate fracture prediction in perimenopausal women with normal bmd: A 15-year population-based study. *Calcif Tissue Int.* 2008;83(2):93-100.