Journal of RADIATION INDUSTRY
Vol. 18, No. 4, pp. 459-464, 2024
https://doi.org/10.23042/radin.2024.18.4.459

Technical article

골밀도 검사자의 정밀도 평가

구 은 회[1,*]

[1]청주대학교 보건의료과학대학 방사선학과

Accuracy Evaluation of Bone Density Examiner

Eun-Hoe Goo[1,*]

[1]Department of Radiological Science, Cheongju University, 298, Daeseong-ro, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do 28503, Republic of Korea

ABSTRACT Currently, the prevalence of osteoporosis is increasing with the increase of the elderly population. The bone density test is an important medical test that helps to detect and prevent health problems such as osteoporosis early by measuring bone density. The purpose of this study is to find out whether numerical results can be reproduced equally without biological changes. The measured values are calculated using the calculation table distributed by ISCD to calculate the precision for each part. The subjects measured 30 times in 30 subjects twice, and AP Spine, Left Femur Neck, and Left Femur Total were measured. The part that most affected the result value during the examination was the patient's test posture and ROI level. If the patient's examination posture is not accurate, the value will pop or the accuracy will be reduced in performing a follow-up examination. In addition, if the patient's Spine Level is not accurately caught from L1 to L4, the BMD value will be incorrect. The LSC value of AP Spine was 0.46%, Femur Neck was 0.49% and Femur Total was 0.42%, indicating precise result values below the evaluation criteria of ISCD. Therefore, the result value will be a good transition data for subsequent researchers, and follow-up tests can be made more precise for future patients.

Key words: AP Spine, Femur Neck, Femur Total, ISCD

1. 서 론

골다공증은 골격계의 강도가 감소됨으로써, 골절의 위험도가 증가하는 질환으로 정의한다[1]. 골다공증은 골절이 일어나기 전까지는 무증상인 경우가 많으며, 요통이 주된 증상이다[2]. 골다공증에 동반된 골절은 작은 손상에 의해서도 발생하며, 발생한 골절은 개인 및 국가에 대하여 의학적, 사회적, 재정적 부담을 주는 요인이 된다[3]. 따라서 골다공증성 골절이 발생하기 전에 골다공증을 진단하고 치료하는 과정은 비용 효과적인 결과를 기대할 수 있다. 골밀도 측정 부위는 뼈 주위의 근육, 피하지방 등의 연부 조직이 많지 않아 피부에서 뼈가 쉽게 촉진될 수 있는 부위가 좋다. 연부조직에 의한 측정 오차가 작아지기 때문이다. 골밀도 검사는 허리뼈와 근위 넓적다리부 두 부위를 검사하게 된다. 허리뼈의 경우 전·후면 촬영이 측면 촬영보다 측정 오차가 적고, 초고도 비만의 경우 측정 자체가 불가능하거나 오차가 커진다[4]. 근위 넓적다리부의 경우 연부조직의 양은 많으나 골다공증 골절이 매우 흔하게 발생하면 환자에게 치명적일 수도 있는 중요한 부위고, 해당 부위의 골절위험을 예견하는데 가장 정확하여 측정한다. 이중 에너지 방사선 흡수 계측기(Dual Energy X-Ray Absorptiometry; DXA)를 이용한 골밀도 영상은 넓은 범위에서 평가되어야 한다. DXA의 골밀도 결과 해석은 의사의 비평적 평가가 이루어져야 한다. 가장 첫 번째로 확인해야 할 작업은 검사자와 마찬가지로 정확한 환자의 자세 및 관심 영역 위치 확인이다. 부적절한 환자의 자세 및 검사 분석은 정확한 정밀도와 재현성을 저하해 시간이 지난 후 골밀도 변화를 측정하였을 때 측정된 골밀도 결과값의 오류를 범할 수 있다. DXA를 통한 골밀도 검사에서 관심 영역 내에 인공물이 보이거나 전형적으로 인공물에 의해 밀도가 높아지게 되는 경우 인공물에 대한 평가를 해야 한다. 방사선 불투과성 인공물이 관심 영역에 포함되었으면 골밀도 결과분석에서 심각한 오류를 유발하게 시킬 수

ISSN 1976-2402 **http://www.ksri.kr/**

Copyright© 2024 by Korean Society of Radiation Industry

***Corresponding author:** Eun-Hoe Goo
Tel: +82-43-229-7994, Fax: +82-43-229-7947, E-mail: gooeh@cju.ac.kr

Received 5 November 2024 **Revised** 27 November 2024 **Accepted** 17 December 2024

있으므로 (예: 심장 맥박 조정기, 하부 대정맥 필터, 장 바륨 조영제, 금속 총알, 파편 등) 그 부위는 측정 부위에서 제외시켜야 한다. DXA영상은 보이는 질환에 대한 평가도 진행되어야 한다. 예를 들어 척추체의 경화는 골밀도 측정값에 영향을 미치는데, Paget's Disease, 림프종, 암의 골 전이, 압박골절 등이 해당된다. DXA 골밀도 검사에 대한 검사자의 비평적인 평가는 정확한 골밀도 검사 결과를 보장하기 위한 필수적인 요건이다. 골밀도를 측정하기 전에 인공물에 대해 미리 인식하고 관심 영역 내에서 제외해야 하며 많은 병리적인 상태들 또한 DXA 영상에서 확인이 가능하여서 관심 영역 내에 포함되어 있다면 그 부위를 제외한 또 다른 골격계 부위를 선정해 검사를 시행해야 한다. 골밀도 검사자는 정밀도 평가를 시행해야 한다. 정밀도는 동일한 방법으로 검사를 재시행하였을 때 생물학적인 변화 없이 수치상의 결과 값을 똑같이 재현할 수 있는지 알아보는 것이다[5]. 측정된 값들을 ISCD(The International Society For Clinical Densitometry)에서 배포한 계산표를 이용하여 부위별 정밀도를 산출하면 된다. ISCD에 따르면 정밀도 평가는 임상적 수행의 기준이어야 하고 단순히 연구의 개념이 아니라 잠재적으로 환자에게 이익을 줄 것이라고 말하였다. 골밀도 검사자의 정밀도 평가로 인한 결과 값으로 더욱더 정확한 평가로 환자에 임할 수 있을 것이며, 후속 연구자들에게 좋은 인수인계를 할 수 있을 것이다.

2. 방 법

2.1. 적용 분야의 대상

정밀도의 측정 환자는 골밀도 검사 시행이 가능한 환자이어야 하고, 일주일간의 조영제 사용 유무와 당일 핵의학 검사 시행 여부를 확인하여야 한다. 또한, 허리뼈 검사의 경우 L-Spine 1번부터 4번까지 검사가 가능한 환자이어야 하고, 넓적다리부의 경우 왼쪽의 넓적다리부가 수술하지 않은 환자이어야 한다. 모든 확인 후 검사가 가능한 환자 중 31명을 선정하여서 검사를 진행하였다.

Fig. 1. GE Healthcare Prodigy FUGA PA +512272.

2.2. 적용 분야의 장비

검사 장비는 GE Healthcare Prodigy FUGA PA + 512272 장비를 써서 검사를 진행하였다(Fig. 1).

2.3. 검사 방법

환자를 대상으로 두 번씩 30회 측정하는 방법을 사용하였다. 환자가 첫 번째 골밀도 검사 후 테이블에서 내려왔다 다시 올라간 후에 두 번째 검사를 시행하였다. 검사 부위는 허리뼈, 왼쪽 넓적다리부를 측정하였다. 허리뼈 골밀도 검사의 경우 블록 위치 고정기를 사용한다. 이 고정기는 환자의 종아리를 밑에서 받힌 형태로 넓적다리와 바닥이 이루는 각도는 60~90° 사이로 맞춘다. 환자는 검사 테이블 중앙에 몸의 중심을 맞추고 똑바로 눕는다. 테이블 중앙선을 이용하여 환자 자세를 검사 테이블 중앙에 맞추고, 테이블 좌우 외곽선과 환자의 어깨 및 엉덩이 부분의 공간을 비교하면서 환자의 자세를 테이블에 똑바로 맞춘다. 환자의 종아리 밑에 블록 위치 고정기를 일정한 각도로 받친다. 그 후 정확한 자세로 설정이 되어 있으면 검사를 시작한다. 촬영 시작 위치는 배꼽 5 cm 밑에서 한다. 올바른 촬영상은 촬영된 영상에서 척추가 가운데 똑바로 있어야 하며, L5 중간에서 T12 중간까지 촬영되어야 하고, 장골능과 갈비뼈가 포함되어야 한다. 대

(a) Lumbar Bone Density Test Method (b) Femur Bone Density Test Method

Fig. 2. The Patient's Examination Posture

퇴골 골밀도 검사의 경우 환자는 검사 테이블 중앙에 몸의 중심을 맞추고 똑바로 눕는다. 발 고정기를 이용하여 무릎이 굽혀지지 않도록 하고, 다리 전체를 안쪽으로 15~25° 돌린다. 대퇴골체기 검사 테이블 가장자리와 평행하도록 위치한다. 이때, 다리의 평행 정도와 회전 각도는 다리 전체를 바깥쪽으로 당겼다가, 다시 안쪽으로 밀면서 동시에 다리 회전과 테이블과 평행 정도를 맞춘다. 촬영 시작 위치는 허벅지 중간과 대전자의 7~8 cm 아래의 위치에서 한다. 올바른 촬영 영상은 대퇴골체가 테이블 가장자리와 평행하고, 소전자가 보일 듯 말 듯 해야 한다. 좌골 주변과 대퇴골 경부 주변에 충분한 연부조직 공간이 있어야 하며, 대퇴골 관심 영역이 전부 포함되도록 좌골 아래와 대전자 위쪽에 충분한 공간을 확보해야 한다(Fig. 2).

2.4. 매개변수

Table 1 and 2

2.5. 분석 방법

관심 영역은 각 부위에서 골밀도가 낮고, 폭이 가장 좁은 부위를 분석 소프트웨어가 판단하고 자동으로 위치한다. 대퇴골 경부 관심 영역은 대전자와 좌골을 포함하지 않는다. 만약, 대퇴골 경부 관심 영역이 좌골을 포함하는 경우 Neutral Points로 수정하여 이 부위의 골밀도가 포함되지 않도록 한다. 대퇴골 경부 관심 영역 양쪽에 충분한 연부조직을 포함하고, 대퇴골 경부 관심 영역은 대퇴골 경부와 수직으로 맞춘다. 대퇴골 전체 관심 영역은 전체 관심 영역의 점선을 조정하여 대퇴골 관심 영역 모두가 포함되도록 한다. 대퇴골 경부 관심 영역은 대전자에 붙여서 위치시키고, 대퇴골 경부와 수직이 되게 한다. 대퇴골 경부 관심 영역이 대전자, 좌골, 대퇴골두를 포함하지 않도록 위치시킨다. 분석 순서로는 밝기, 대조도 등을 수정하여 분석에 적합한 영상을 만드는 이미지 조정을 한다. 그 후 골 경계 검출 오류 발생 여부 확인하고, 필요하다면 Bone Points를 수정한다. 촬영 영상과 히스토그램을 이용 잘못 위치된 추간공간마커를 올바르게 위치하고 기울기를 수정해야 한다. 마지막으로 관심 영역의 허리뼈 번호 지정한다.

Table 1. GE : Prodigy Series, I DXA Scan mode parameter

	Thickness (cm)	Mode	mA
AP Spine	> 25	Thick	3.000
	13 ~ 25	Standard	3.000
	< 13	Thin	0.750
Femur	> 25	Thick	3.000
	13 ~ 25	Standard	3.000
	< 13	Thin	0.750
Forearm	Total? entire? whole?	Standard	0.150
Total Body	> 25	Thick	0.150
	13 ~ 25	Standard	0.150
	< 13	Thin	0.150

In this examination, it is measured only in the lumbar spine and femur area.

2.6. 통계 방법

추출 방법은 분석 소프트웨어를 사용하게 되는데 골밀도 검사인 Lunar Prodigy의 Tools를 들어간다. User Options에 있는 Trending의 설정을 보면 Precision Calculator가 있는데 이를 선택을 한다. 이를 선택을 하게 되면 Precision에서 Wizard를 선택하여 30명 환자를 2번 검사, 15명의 환자를 3번 검사하는 항목에서 본 검사인 30명 환자 2번 검사의 선택을 해준다. 그 후 AP Spine의 경우 Regions는 L1~L4까지로 선택을 해준다. Femur의 경우 Neck과 Total 2개를 복수 선택을 해준다. 다음 환자의 창으로 넘어가게 되는데 전체 선택을 누른 후 Next를 누르게 되면 Precision Calculator가 자동으로 각 환자의 BMD 값과 T-Score 값을 측정하게 된다.

3. 결 과

검사를 진행하면서 결과 값에 영향을 제일 많이 미쳤던 부분

Table 2. Parameters for AP Spine and Left Femur

Measurement Parameters		Measurement Parameters	
Acquisition Version	18	Acquisition Version	18
Site	AP Spine	Site	Left Femur
Mode	Standard (13~25 cm)	Mode	Standard (13~25 cm)
Length	15.8 cm	Length	14.2 cm
Width	18.0 cm	Width	17.0 cm
Onescan	No	Scan Aborted by	Smartscan
Scan Aborted by	Keyboard	SP	4.1
SP	4.1		

It is the average parameter value of 31 people who measured AP spin and Left Femur

은 환자의 검사 자세와 골 경계 검출 값이다. 환자의 검사 자세가 정확하지 못하면 값이 튀어버리거나 추적 검사를 함에 정확성이 떨어지게 된다. 또한 환자의 Spine Level을 정확하게 L1부터 L4까지 잡지 못하는 경우 BMD 값이 틀려지게 된다. 31명의 검사를 진행한 결과 AP Spine의 평균은 1.155 g/cm^2, 표준편차는 0.002 g/cm^2, 변동계수는 0.17%, LSC 표준편차는 0.005 g/cm^2, LSC 변동계수는 0.46 %로 측정되었다. Femur Neck의 평균은 0.904 g/cm^2, 표준편차는 0.002 g/cm^2, 변동계수는 0.18%, LSC 표준편차는 0.004 g/cm^2, LSC 변동계수는 0.49%로 나타났다. Femur Total의 평균은 0.952 g/cm^2, 표준편차는 0.001 g/cm^2, 변동계수는 0.15%, LSC 표준편차는 0.004 g/cm^2, LSC 변동계수는 0.42%로 나타났다. AP Spine의 LSC값은 0.46%, Femur Neck은 0.49%, Femur Total은 0.42%로 ISCD의 평가기준 이하로 정밀한 결과 값을 나타내었다. ISCD 평가기준에서 Spine L1부터 L4까지의 값을 1.9% 이하, Femur Neck에서 2.5% 이하, Femur Total에서 1.8% 이하로 규정해놓았다. 검사실의 평가 기준 값은 Spine 0.68%, Femur Neck 0.68%, Femur

Table 3. Results for AP Spine and Left Femur 1

Name	AP Spine	Femur Neck	Femur Total
A	0.967	0.809	0.855
	0.967	0.809	0.861
B	1.411	1.007	1.085
	1.411	1.007	1.085
C	1.098	1.147	1.026
	1.097	1.147	1.027
D	1.533	1.054	1.060
	1.534	1.054	1.060
E	1.062	0.800	0.856
	1.064	0.800	0.857
F	1.150	0.936	0.992
	1.150	0.937	0.992
G	1.110	0.764	0.832
	1.098	0.765	0.833
H	1.277	0.989	1.076
	1.281	0.990	1.076
I	0.979	0.705	0.780
	0.979	0.712	0.781
J	0.896	0.899	0.886
	0.897	0.899	0.885
K	1.110	0.896	0.912
	1.113	0.896	0.911

This is the result value of 11 people who measured AP Spine and Left Femur.

Table 4. Results for AP Spine and Left Femur 2

Name	AP Spine	Femur Neck	Femur Total
A	0.988	0.819	0.846
	0.988	0.820	0.846
B	1.117	0.855	0.900
	1.123	0.855	0.900
C	1.266	0.945	0.984
	1.266	0.945	0.984
D	1.164	0.960	1.113
	1.165	0.960	1.113
E	1.177	0.821	0.905
	1.176	0.821	0.905
F	1.117	0.938	0.982
	1.114	0.943	0.986
G	1.005	0.706	0.739
	1.005	0.706	0.739
H	1.066	0.910	1.044
	1.070	0.910	1.044
I	1.047	0.849	0.893
	1.042	0.854	0.888
J	1.312	1.035	1.097
	1.312	1.036	1.098
K	1.266	1.083	1.070
	1.266	1.083	1.069
L	1.282	0.901	1.044
	1.282	0.906	1.049
M	1.278	0.943	0.895
	1.276	0.943	0.895
N	1.337	0.996	1.022
	1.341	1.002	1.026
O	1.092	0.920	1.007
	1.092	0.920	1.007
P	1.198	0.880	1.000
	1.200	0.880	1.000
Q	1.139	0.829	0.870
	1.145	0.829	0.870
R	1.149	0.855	0.915
	1.151	0.855	0.915
S	1.176	1.001	1.004
	1.172	1.001	1.005
T	1.047	0.759	0.816
	1.048	0.759	0.816

This is the result value of 20 people who measured AP Spine and Left Femur.

Total은 0.56%로 지정되었다. 본 검사에서는 기준 값에 비해 매우 낮은 오차를 만들어내는 결과 값을 초래하였다(Table 1, 2).

4. 고 찰

골밀도 측정 부위는 뼈 주위의 근육, 피하지방 등의 연부조직이 많지 않아 피부에서 뼈가 쉽게 촉지될 수 있는 부위가 좋다. 연부조직에 의한 측정 오차가 작아지기 때문이다[6]. 골밀도 측정은 허리뼈, 상지, 근위 넓적다리부, 전신, 아래팔 등 여러 가지 부위에서 측정한다[7]. 허리뼈의 경우 전·후면 촬영이 측면 촬영보다 측정 오차가 적고, 초고도 비만의 경우 측정 자체가 불가능하거나 오차가 커진다[8]. 상지의 경우 연부조직의 양이 많은 상완부보다 연부조직 양이 매우 적은 손목이나 아래팔 부위에서 측정이 권장된다. 근위 넓적다리부의 경우 연부조직의 양은 많으나 골다공증 골절이 매우 흔하고 발생하면 환자에게 치명적일 수도 있는 중요한 부위이며, 해당 부위의 골절위험을 예견하는데 가장 정확하다[9]. 따라서 본 검사에서는 허리뼈와 근위 넓적다리부 2 부위를 검사 부위로 선정하였다. 경추의 경우 골다공증 발생이 거의 없으며, 등뼈는 골다공증 골절이 발생하지만, 늑골과 폐 속의 공기로 인해 측정 오차가 커진다[10]. 허리뼈의 경우 골다공증 골절도 흔하고 측정 오차도 척추 중에서는 가장 작은 편이다. 제1, 2, 3, 4번의 허리뼈를 측정하는데 5번 허리뼈는 크기가 커서 결과적으로 골밀도 값이 매우 높게 측정이 되어서 상향 조정된 골밀도 값에 변화를 반영시키지 못한다. 허리뼈는 해면골 60%와 치밀골 40%로 구성된 부위로서 골량의 변화를 빠르게 관찰 가능하다[11]. 골량의 감소로 인한 골절이 가장 흔하게 발생하는 부위이다. 해면골은 뼈의 전체 표면적의 80%를 차지하고 매년 25%가 새로운 뼈로 교체되는 부위로서 뼈의 생성 및 흡수의 골 교체가 활발하게 일어나기 때문에 골량의 변화를 다른 곳보다 빠르게 평가 가능하다. 근위 대퇴골은 골두, 경부, Ward's Area, 전자간부(Intertrochanteric Area), 전자부(Trochanteric Area), 전체 부위(Total Area)로 나눌 수 있다. Ward's Triangle은 대퇴경부와 전자간부 사이의 골소주가 교차하지 않는 삼각형 모양의 빈 공간으로 대퇴경부 중 골밀도가 가장 낮은 부위로 골밀도 검사 판독에서는 사각형으로 표시되어서 Ward's area로 표기된다[12]. 전체(Total)로 표기되는 골밀도는 경부, Ward's area, 전자간부, 전자부, 간부(Shaft)를 모두 포함하는 값이다. 기존의 골밀도 검사에서 환자의 자세와 골 경계 검출은 중요시 되었다[13]. 이에 따라서 검사 결과 값이 크게 달라진다. 요추 검사 시 환자의 자세는 척추만곡을 줄여 척추를 분리시키고, 평면사에 투영된 척추의 모양과 면적에 영향을 미친다. 골경계 검출 값은 골밀도가 매우 낮고 분석 소프트웨어가 뼈와 조직을 구분하지 못할 만큼 X-선 흡수율의 차이가 적어서 발생한다. Bone Points를 수정해서 분석할지, Bone Points의 수정 없이 분석할지를 결정하고 분석해야 한다. 근위대퇴골 검사 시 가장 중요한 변수는 대퇴골, 즉 다리의 회전상태이다. 하지의 중립 위치는 무릎 관절의 전면에 있는 슬개골이 정확히 전면 중앙에 위치하고 2번 발가락이 정확하게 앞쪽을 향하는 상태로 측정되어야 한다. 15~20° 하지를 내회전시켜야 대퇴골 경부가 평면바닥과 평행하게 되고 골밀도가 최소 상태로 된다. 대퇴골 소전자는 근위대퇴골의 후내방에서 돌출된 구조물이며 내회전시킨 상태로 촬영하면 대퇴간부에 가려져 거의 안 보이거나 일부만 보이기 때문에 검사 시 하지를 돌려주어야 한다. 골 경계 검출 값은 전체 관심영역의 점선을 조정하여 대퇴골 관심영역 모두가 포함되도록 한다. 대퇴골 경부 관심영역은 대전자에 붙여서 위치하고, 대퇴골 경부 관심영역이 대전자, 좌골, 대퇴골두를 포함하지 않도록 위치시키며, 대퇴골 경부 관심영역은 대퇴골 경부와 수직시켜야 한다. 본 검사에서도 환자의 자세가 맞지 않는 부분과 골 경계 검출 값을 맞추지 않아 오차가 발생하였다. AP Spine의 LSC 표준편차는 0.005 g/cm^2, LSC 변동계수는 0.46%, 로 측정되었다. AP Spine의 Bone Point 수정에 따라 결과 값이 바뀌므로 면밀한 수정이 필요하다는 것을 알 수 있었다. Femur Neck의 LSC 표준편차는 0.004 g/cm^2, LSC 변동계수는 0.49%로 나타났다. Femur Total의 LSC 표준편차는 0.004 g/cm^2, LSC 변동계수는 0.42%로 나타났다. Femur의 경우는 환자의 자세에 따른 골밀도 값 변화가 크게 좌우되므로 정확한 환자의 자세를 취하게 하는 것이 중요하다는 것을 알 수 있었다. 이 연구의 제한점은 골밀도 검사의 정확한 측정을 위해서는 골다공증의 주요 나이대인 40살부터 90살까지 환자들로 설정해야 했었는데 허리뼈, 대퇴근위부를 수술한 환자들, 압박골절에 의한 환자들을 제외하다 보니 검사연령이 어려졌다는 점이다.

5. 결 론

ISCD에 따르면 정밀도 평가는 단순한 연구의 개념이 아닌 잠재적으로 환자에게 이익을 줄 것이다. AP Spine의 LSC값은 0.46%, Femur Neck은 0.49%, Femur Total은 0.42%로 ISCD의 평가기준 이하로 정밀한 결과 값을 나타내었다. 따라서 결과 값은 후속 연구자들에게 좋은 인수인계 자료가 될 것이며, 앞으로의 환자들을 검사하는 것에 추적 검사를 보다 더 정밀한 결과 값으로 할 수 있다.

참고문헌

1. Kim JS, Roh YH, Lee IJ, Kim SS, Kim KA and Kim JM. 2016. A Status Report on Dual Energy X-ray Absorptiometry Quality Control in Korea. *JRST* **39**(4):527-534. https://doi.org/10.17946/JRST.2016.39.4.06.
2. Lee IJ and Lee JH. 2020. Predictive of Osteoporosis by Tree-based Machine Learning Model in Post-menopause Woman. *J Radiol. Sci. Technol.* **43**(6):495-502. https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.6.495.

3. Yuk GT. 2012. Analysis on Bone Density and Body Composition of Long Distance Female Elite Athletics and Normal Women: Graduate School of Physical Science. *Yongin University*. pp 35-43.
4. Lee YH, Lee IJ and Yong HJ. 2012. The study on bone mineral density measurement error in accordance with change in ROI by utilizing dual energy X-ray opsorptiometry. *KRN.* pp. 1-7.
5. Kim HS and Dong KR. 2009. Appropriate image quality management method of bone mineral density measurement. *Korean Content Society Comprehensive Academic Conference Papers* **7**(1):1141-1149.
6. Hong DH, Han SH and Jung HR. 2013. A Study on the Result of Test Site on BMD. *J Radiol. Sci. Technol.* **36**(1):19-24.
7. Ro HK, Ahn BS and Shin JK. 1995. Significance of Bone Mineral Density Measurement in Various Site of Bone. *CMJ* **22**(2):117-122.
8. Han MS, Jeon MC, Kim JJ, Seo SY and Kim YK. 2010. The Position for Measuring BMD of the Distal Radius and The Study of the Correlation Between the Distal Radius and Lumba. *J Radiol. Sci. Technol* **33**(1):19-24.
9. Jang JS, Yang SO, Kim DH, Cho YS, Lee SH and Kim KY. 1996. Comparative Study of Femur BMD and Lumbar BMD Measurement Using Dual Energy X-ray Absorptiometry in Proximal Femur Fractures. JBM **3**(2):170-173.
10. Yoon J, Kim YM, Lee H M, Lee Jung Min, Kwon SM, Cho HW, Kang YH, Kim BS and Kim JS. 2014. The Influences of Bowel Condition with Lumbar Spine BMD Measurement. *J Radiol. Sci. Technol* **37**(4):273-278.
11. Lim JW. 2016. Load Sharing Ratios Between the Cortex and Centrum in a Lumbar Vertebral Body with aging using Finite Element Method. *JBER* **37**(2):90-103.
12. Chun SW. 2013. (The) Effects of Swimming Exercise and Combined Exercise for 16 Weeks on Bone Mineral Density and Health-related Physical Fitness of Elementary School Boys. *Department of Sport Science The Graduate School, Pusan National University*. pp 78-86.
13. Kim HS, Dong KR and Kim CB. 2009. Reduction of the Useless Radiation Exposure to Patients and Improvement of the Skill to Manage the Test according to Minimizing Changes of Posture in Bone Mineral Density. *JKCA* **9**(4):228-235.