Original Article

골밀도 상태에 따른 검사자의 재현성 평가

서울아산병원 핵의학과
유재숙 · 김은혜 · 김호성 · 신상기 · 조시만

The Precision Test Based on States of Bone Mineral Density

Jae sook Yoo, Eun Hye kim, Ho Seong Kim, Sang Ki Shin, Si Man Cho
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, Seoul, Korea

Purpose: ISCD (International Society for Clinical Densitometry) requests that users perform mandatory Precision test to raise their quality even though there is no recommendation about patient selection for the test. Thus, we investigated the effect on precision test by measuring reproducibility of 3 bone density groups (normal, osteopenia, osteoporosis). **Materials and Methods:** 4 users performed precision test with 420 patients (age: 57.8±9.02) for BMD in Asan Medical Center (JAN-2008 ~ JUN-2008). In first group (A), 4 users selected 30 patient respectively regardless of bone density condition and measured 2 part (L-spine, femur) in twice. In second group (B), 4 users measured bone density of 10 patients respectively in the same manner of first group (A) users but dividing patient into 3 stages (normal, osteopenia, osteoporosis). In third group (C), 2 users measured 30 patients respectively in the same manner of first group (A) users considering bone density condition. We used GE Lunar Prodigy Advance (Encore. V11.4) and analyzed the result by comparing %CV to LSC using precision tool from ISCD. Check back was done using SPSS. **Results:** In group A, the %CV calculated by 4 users (a, b, c, d) were 1.16, 1.01, 1.19, 0.65 g/cm^2 in L-spine and 0.69, 0.58, 0.97, 0.47 g/cm^2 in femur. In group B, the %CV calculated by 4 users (a, b, c, d) were 1.01, 1.19, 0.83, 1.37 g/cm^2 in L-spine and 1.03, 0.54, 0.69, 0.58 g/cm^2 in femur. When comparing results (group A, B), we found no considerable differences. In group C, the user_1's %CV of normal, osteopenia and osteoporosis were 1.26, 0.94, 0.94 g/cm^2 in L-spine and 0.94, 0.79, 1.01 g/cm^2 in femur. And the user_2's %CV were 0.97, 0.83, 0.72 g/cm^2 L-spine and 0.65, 0.65, 1.05 g/cm^2 in femur. When analyzing the result, we figured out that the difference of reproducibility was almost not found but the differences of two users' several result values have effect on total reproducibility. **Conclusions:** Precision test is a important factor of bone density follow up. When Machine and user's reproducibility is getting better, it's useful in clinics because of low range of deviation. Users have to check machine's reproducibility before the test and keep the same mind doing BMD test for patient. In precision test, the difference of measured value is usually found for ROI change caused by patient position. In case of osteoporosis patient, there is difficult to make initial ROI accurately more than normal and osteopenia patient due to lack of bone recognition even though ROI is made automatically by computer software. However, initial ROI is very important and users have to make coherent ROI because we use ROI Copy function in a follow up. In this study, we performed precision test considering bone density condition and found LSC value was stayed within 3%. There was no considerable difference. Thus, patient selection could be done regardless of bone density condition. **(Korean J Nucl Med Technol 2009;13(1):67-72)**

Key Words : Precision, DXA, Bone mineral densitometry, Least significant change

서 론

골밀도 검사는 처음 검사 후 년 단위로 골밀도의 변화를 측정하여 약물치료의 효과 및 골다공증의 진행 상태를 파악하는 검사이다.[1] 따라서, 이 검사에서 필요로 하는 결과를 얻기 위해서는 측정된 골밀도의 값이 실제의 골밀도의 상태와 일치

• Received: December 3, 2008. Accepted: January 2, 2009.
• Corresponding author: Ho Seong Kim
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical center 388-1 Pungnap 2-dong, Songpa-gu, Seoul, 138-736, Korea
Tel: +82-2-3010-2105, Fax: +82-2-3010-4588
E-mail: yamanyn@paran.com

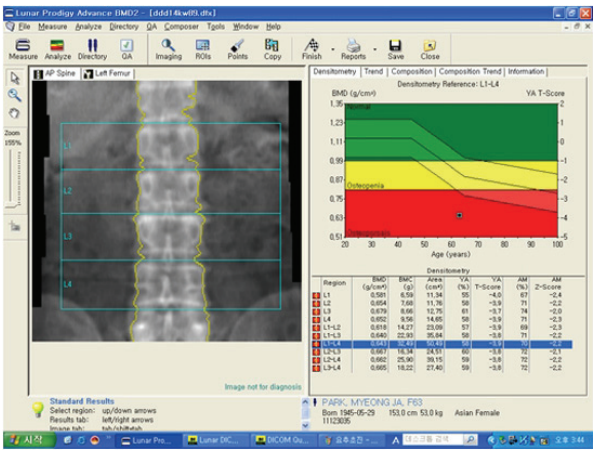

Fig. 1. Auto bone detection.

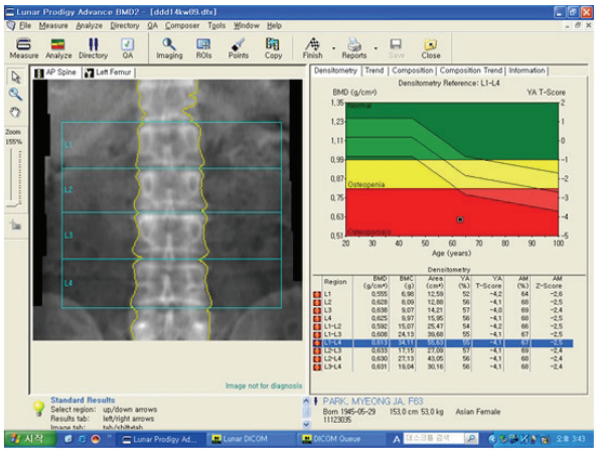

Fig. 2. Hand operated bone detection.

되어 정확히 반영되어야 하며 여러 번 반복 측정하여도 항상 동일 수치를 유지해야 한다. 그러나, 골밀도를 반복하여 측정할 경우 장비, 검사자, 환자정보, 분석 방법 등의 오류에 따라 실제로 환자의 생물학적인 변화보다 확대 해석될 수 있다.[2] 그렇기 때문에 재현성의 해석은 이러한 오류의 범주를 초과하는 시점으로부터 최소한의 변화로 표현된다. 이 값을 LSC (Least Significant change)라고 표현하며 이를 초과했을 때 진정한 생물학적 변화가 발생한 것으로 판단한다.[5] 따라서, 검사의 신뢰도를 높이기 위해서는 골밀도 측정의 정밀도 오류를 최소화하는 작업이 필요하며, 이러한 이유로 ISCD (The International Society for Clinical Densitometry)에서는 골밀도 검사자의 재현성 측정(Precision test)을 필수 자격조건으로 요구하고 있다. 재현성 시험(Precision test)은 일반적으로 골밀도를 연속적으로 두 번 혹은, 세 번 측정하여 검사의 신뢰도를 판단하는 방법으로 각 검사자들은 기본적인 측정 기술을 습득하고 약 100명의 환자를 대상으로 연습한 후 재현성 측정을 시행하고, 또한 2년 단위로 재 측정하여 재현성을 다시 검토할 것을 권고하고 있다. 하지만, 골밀도 상태(정상, 골감소증, 골다공증)에 따른 대상자 선정에 대한 권고안이 정해져 있지 않기 때문에 골밀도 상태를 그룹으로 나누어 재현성을 측정하고 개인 재현성 측정에 어떠한 영향을 주는지 알아보았다.[6]

실험재료 및 방법

1. 대상

서울 아산병원 핵의학과 에서 2008년 1월부터 6월까지 내원한 420명(57.8세±9.02)의 여성 골밀도 수검자를 대상으로 4명의 검사자가 재현성을 측정하였고 DXA (Dual energy X-ray Absorptiometry) 방식의 GE Lunar Prodigy Advance (Encore. V11.4) 장비를 이용하여 ISCD에서 배포된 Precision Tool로 변동 계수율을 분석하였다. 또한 이를 검증하기 위하여 SPSS (Ver. 11.0) 통계 프로그램을 이용하였다.

2. 측정 방법

총 세 그룹으로 나누었으며, A 그룹은 4명(a, b, c, d)의 검사자가 골밀도 상태와 관계없이 환자를 무작위로 선별하여 요추부와 대퇴부를 30명씩 두 번 측정하였다. 단, 두 번째 검사는 첫 번째 측정 후 환자가 테이블에서 내려왔다 다시 올라가서 누워 첫 번째 측정과 동일한 자세를 취하도록 하여 측정하였다. B 그룹은 4명의 검사자가 골밀도 상태(정상, 골감소증, 골다공증)에 따라 각각 10명씩 분류하여 A 그룹과 동일한 방법으로 측정하고, C 그룹은 검사자 두 명이 골밀도 상태에 따라 각각 30명씩 A 그룹과 동일한 방법으로 측정하였다.

3. 분석 방법

골밀도가 낮은 요추골의 가장자리 부분은 컴퓨터가 뼈로 인식하지 못하기 때문에 골밀도 측정 검사 후 첫 번째 측정한 자료에서 장비가 인식하지 못한 부분을 수동으로 인식시켜주고 요추 사이 간격을 적절하게 조절한다(Fig. 1, 2).

대퇴부는 관심영역에 관골이 포함되어 있으면 대퇴부만의 정확한 골밀도 측정을 할 수 없으므로 포함된 부분을 수동으로 제외시켜 준 후, 탐색기능을 이용하여 대퇴경에서 골밀도가 가장 낮은 부위가 지정되도록 해야 한다(Fig. 3-5).

두 번째 골밀도 측정 자료의 분석은 첫 번째 측정자료의

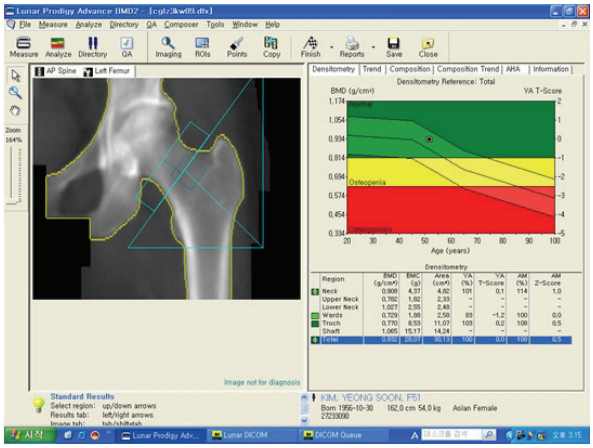

Fig. 3. Auto bone detection.

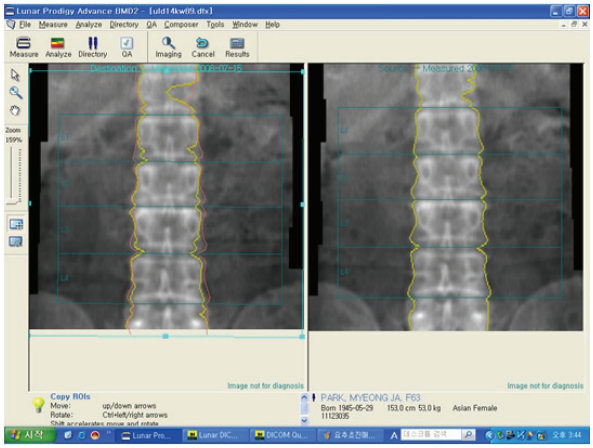

Fig. 6. Unit the 1st data with the 2nd data.

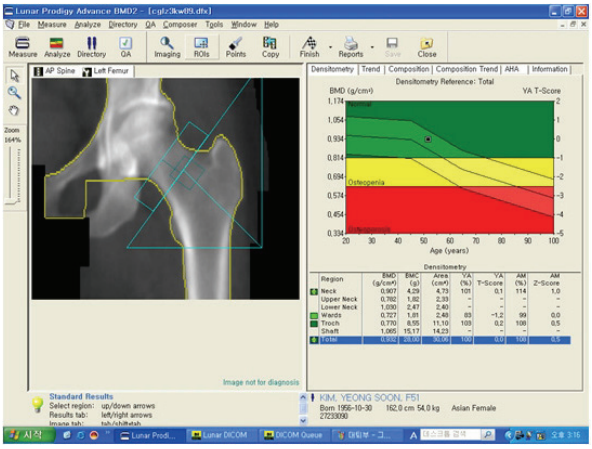

Fig. 4. Hand operated bone detection.

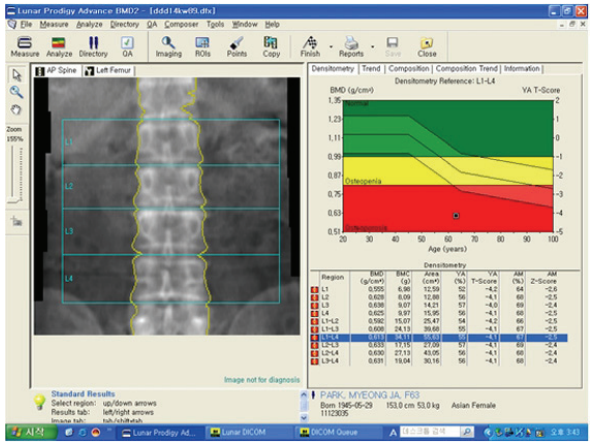

Fig. 7. First data.

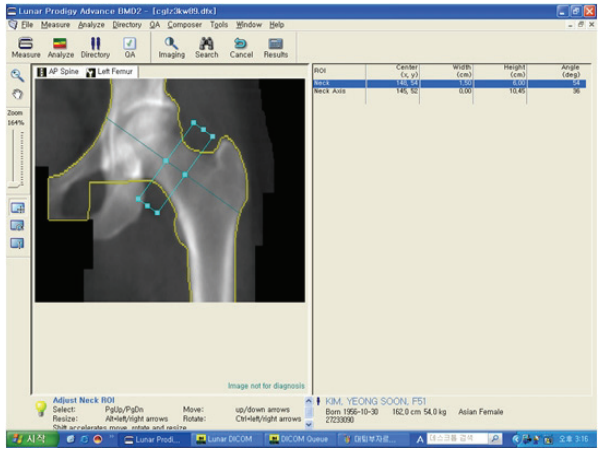

Fig. 5. Change the shortest diameter with the femoral neck.

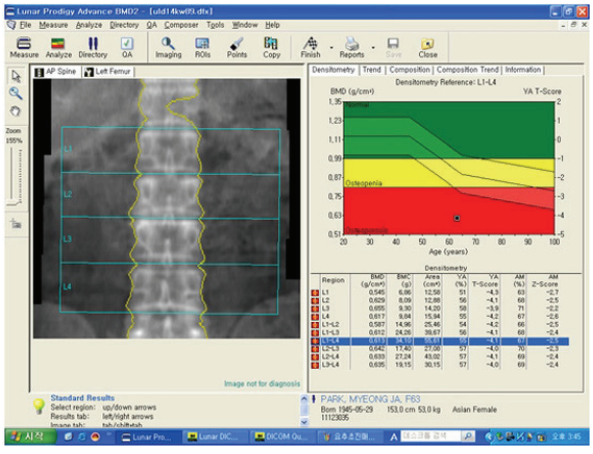

Fig. 8. Second data.

자세와 영역 설정을 동일하게 하기 위하여 관심영역 복사 기능을 이용하여 두 번째 검사 자료를 첫 번째 검사자료의 영역과 동일하게 일치시킨다(Fig. 6).

첫 번째 골밀도 측정 자료의 뼈 영역과 두 번째 데이터의 뼈의 영역 크기를 ±0.02 cm^2의 오차 이내 범위에서 수동으로 일치시켜준다(Fig 7, 8).

A-group과 B-group은 네 명의 검사자가 각각 두 번의 골밀도를 측정하여 요추부와 대퇴부의 변동 계수율을 구하였고

Table 1. Four operators measured each 30 examinees of 120 random examinees

%CV	a 검사자	b 검사자	c 검사자	d 검사자
요추(g/cm^2)	1.16	1.01	1.19	0.65
대퇴부(g/cm^2)	0.69	0.58	0.97	0.47

Table 2. Four operators measured each 10 examinees as a state of bone density

%CV	a 검사자	b 검사자	c 검사자	d 검사자
요추(g/cm^2)	1.01	1.19	0.83	1.37
대퇴부(g/cm^2)	1.03	0.54	0.69	0.47

Table 3. Two operators measured each 30 examinees as a state of bone density

%CV	측정부위	정상	골감소증	골다공증
요추(g/cm^2)	검사자_1	1.26	0.94	0.94
	검사자_2	0.97	0.83	0.72
대퇴부(g/cm^2)	검사자_1	0.94	0.79	1.01
	검사자_2	0.65	0.65	1.05

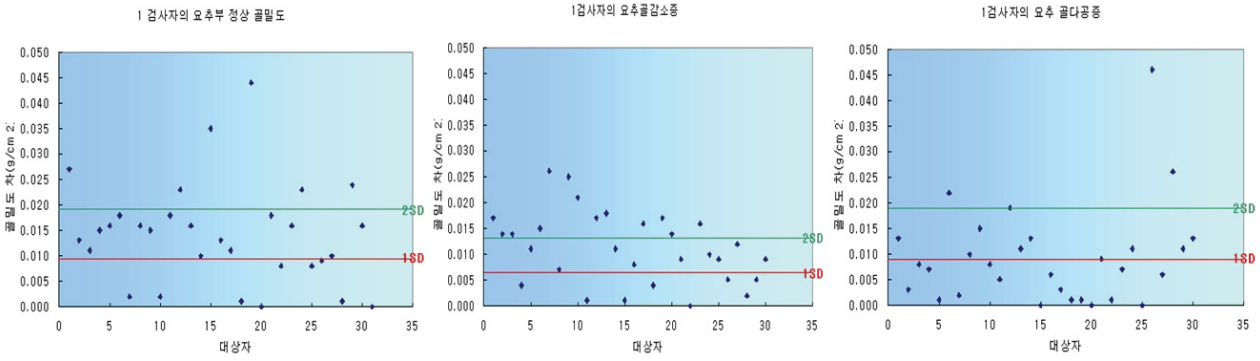

Fig. 9. The remainder of Lumbar spine bone density between 1st and 2nd scan about each 30 examinees of a operator 1.

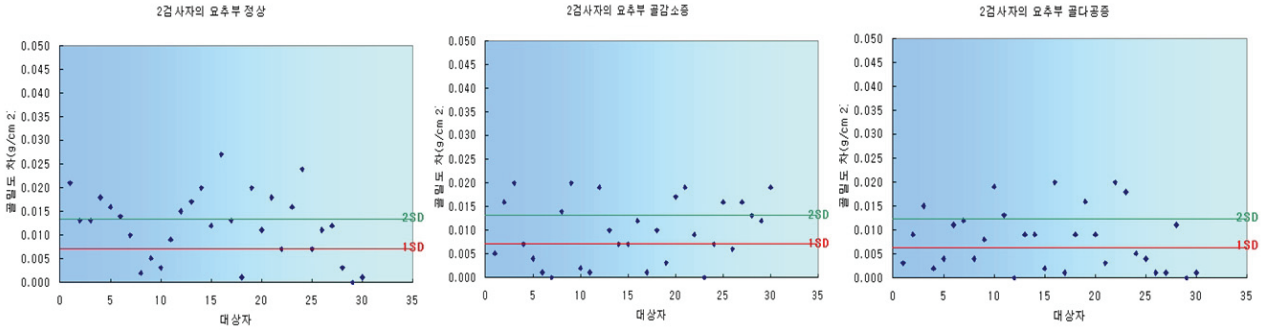

Fig. 10. The remainder of Lumbar spine bone density between 1st and 2nd scan about each 30 examinees of a operator 2.

검사자에 따라 유의한 변화가 있는지 분석하였으며, C-group은 두 명의 검사자가 요추 및 대퇴부위의 골밀도 상태에 따라 30명씩 두 번 측정한 골밀도 자료를 이용하여 변동 계수율을 구하고 통계적으로 유의한 차이가 있는지 분석하였다.

결 과

A-group 결과의 %CV값은 검사자 a, b, c, d가 각각 요추부에서 1.16, 1.01, 1.19, 0.65 g/cm^2, 대퇴부에서 0.69, 0.58,

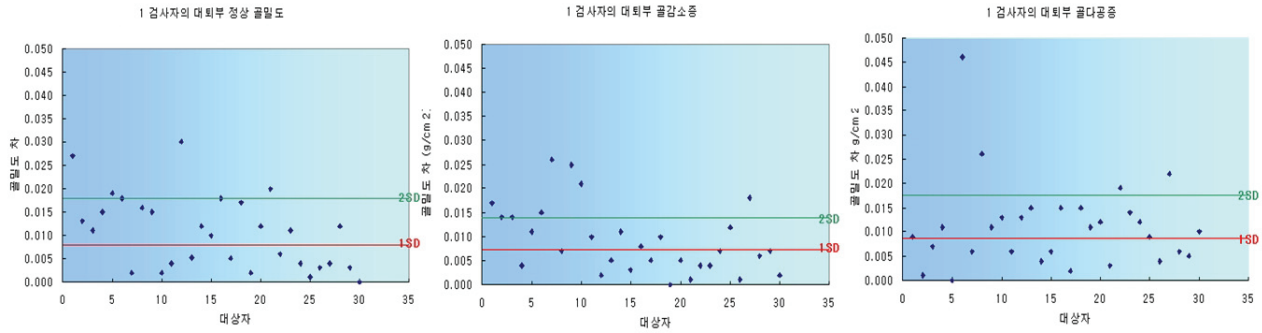

Fig. 11. The remainder of femoral bone density between 1st and 2nd scan about each 30 examinees of a operator 1.

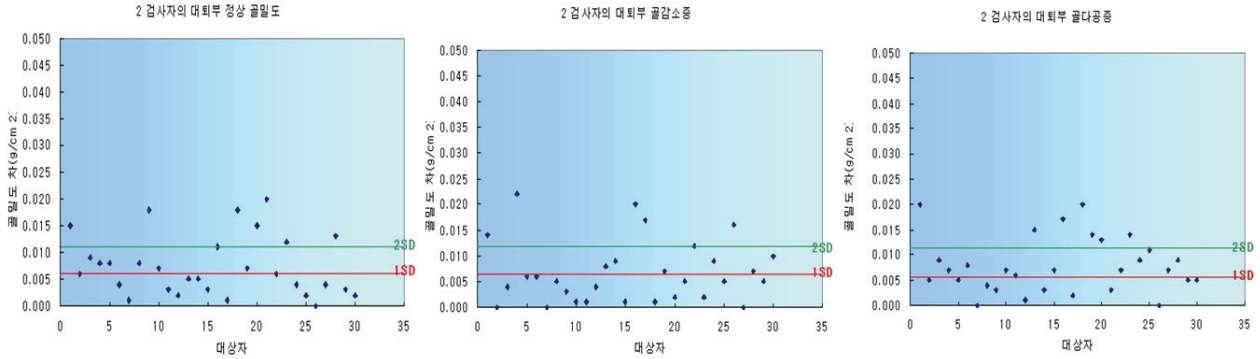

Fig. 12. The remainder of femoral bone density between 1 st and 2 nd scan about each 30 examinees of a operator 2.

0.97, 0.47 g/cm^{2}로 측정되었다(Table 1).

B-group 결과의 %CV값은 검사자 a, b, c, d가 각각 요추부에서 1.01, 1.19, 0.83, 1.37 g/cm^2, 대퇴부에서 1.03, 0.54, 0.69, 0.58 g/cm^2 산출되었다(Table 2).

A와 B group을 비교한 평균 %CV값은 요추부와 대퇴부에서 유의한 차이가 없었다.

C-group 결과는 검사자_1의 경우 정상, 골감소증, 골다공증의 각각의 %CV는 요추부에서 1.26, 0.94, 0.94 g/cm^2, 대퇴부에서 0.94, 0.79, 1.01 g/cm^{2}였고, 검사자_2의 경우 요추부에서 0.97, 0.83, 0.72 g/cm^2, 대퇴부에서 0.65, 0.65, 1.05 g/cm^{2}로 측정되었다(Table 3).

C-group에서는 1-검사자의 요추부위에서 2SD (Standard Deviation) 를 초과하는 대상자는 정상 골밀도 , 골감소증, 골다공증군 각각 5, 13, 3명이었고, 2-검사자는 각각 11, 10, 7명이었으며 1검사자의 대퇴부위에서는 각각 4, 8, 4명이었고, 2-검사자는 각각 7, 6, 7명으로 분석되어져 골밀도 상태에 따른 일정한 추세를 보이지는 않았으며, 비록 2SD를 초과하는 대상자들도 통계적으로 재현성에 유의한 차이가 있지는 않았다 (p>0.05)(Fig. 9-12).

모든 그룹에서 통계적으로 재현성의 유의한 차이는 없었으며(p>0.05) 각 군에서 동일한 position과 ROI에도 불구하고 재현성 측정값에 영향을 준 몇몇의 대상자들에게는 Tissue %Fat에서 차이가 있었다.[4)]

결 론

ISCD에서 검사자 재현성 시험 시 권고한 사항에 대해 대상자 선정을 좀더 보강하고자 시작한 본 실험에서 대상자의 골밀도의 상태에 따라 측정한 결과 평균 LSC 값은 3% 이내로, 무작위로 측정하여 얻은 자료와의 유의한 차이는 없었으나 각 군에서 몇몇 자료의 차이가 있었고 이는 Tissue, %Fat의 차이로써 재현성을 나쁘게 하는 원인이 되었다.

검사자 재현성 측정은 골밀도 추적검사에 중요한 요인으로 장비와 검사자의 재현성 값이 낮을수록 변동폭이 적어 이를 좀더 정확히 임상에 반영할 수 있게 된다. 검사자 재현성 측정시 주의점은 장비의 재현성을 반드시 확인해야 하며 환자 검사 시 일관된 자세를 유지해야 한다는 것이다. 검사자 재현성 측정에서 측정값의 차이가 많은 자료를 조사해 보면 대부분의 경우가 검사 시 자세에 의한 ROI변화에서 비롯된다. ROI의 설정은 소프트웨어에서 자동으로 설정되지만 골밀도

의 수치가 정상이나 골감소증 보다 골다공증인 경우 장비의 골 인식도가 떨어져 초기 ROI 설정에 어려움이 있다. 따라서 자동으로 인식되지 못한 부분을 검사자가 인위적으로 인식시켜주는 작업이 필요하고 또한 추적검사에서는 ROI Copy 기능을 이용하여 초기의 자료와 동일한 크기의 ROI를 설정해야 한다. 그러므로 초기 ROI의 설정이 매우 중요하고 검사자 모두가 일관된 설정을 해야 한다. 본 논문은 초기 ROI설정과 두 번째 데이터의 ROI를 수동으로 동일하게 설정했고 결과는 유의한 차이를 보이지 않아 골밀도의 상태와 관계없이 대상자를 선정하여도 무관할 것으로 본다. 그러나 인위적인 ROI 설정을 배제하고 소프트웨어에서 자동으로 처리할 경우, 골밀도 상태가 낮을수록 골인식도가 떨어져 여러 번 반복측정 시 ROI는 매회 변경되어 재현성은 떨어질 것으로 예상되며 ROI를 자동으로 처리 할 경우 골밀도 상태가 재현성에 어떤 영향을 주는지는 좀더 연구할 필요가 있다.

요 약

ISCD (International Society for Clinical Densitometry)에서는 골밀도 검사자의 전문성을 키우고자 검사자의 재현성 시험을 필수 자격조건으로 요구하고 있다. 하지만, 재현성 시험의 대상자 선정에 대한 권고안이 불확실하여 골밀도 상태에 따른 그룹별 재현성을 시험해 골밀도 차이가 재현성 시험에 영향을 주는지 알아보았다. 2008년 1월부터 6월까지 본원에 내원한 300명(57.8세±9.02)의 여성 골밀도 수검자를 두 그룹으로 나누어 4명의 검사자가 재현성을 시험하였다. A그룹의 120명은 4명(a,b,c,d)의 검사자가 골밀도 상태와 관계없이 동일한 방법으로 요추부와 대퇴부를 30명씩 두 번 측정하였고 나머지는 B그룹으로 두 명의 검사자가 골밀도 상태에 따라 정상, 골다공증, 골감소증 군으로 분류하여 A그룹과 동일한 방법으로 재현성을 시험하였다. 사용된 장비는 GE Lunar Prodigy Advance (Vr11.4)이고, 수집된 자료는 ISCD에서 배포된 Precision Tool을 이용하여 각각의 변동계수율(%CV)를 알아보았으며 SPSS 14.0 통계 프로그램을 사용하여 분석하였다. A그룹의 %CV는 a, b,c, d 검사자가 각각 요추부 1.08, 0.83, 0.72, 1.37%, 대퇴부 1.08, 1.04, 1.4, 0.58 %로 산출되었고 동일 골밀도 상태의 요추와 대퇴부를 비교하면 재현성이 일관되지 않았다. B그룹에서는 a의 요추부 정상군 %CV가 1.26으로 가장 높았고 대퇴부는 0.94로 골다공증 군이 가장 높게 측정됐다. b는 요추부의 정상군 %CV가 0.97로 가장 높았고 대퇴부는 1.04로 골다공증 군에서 가장 높았다. 요추부의 정상군과 대퇴부의 골다공증 군은 %CV가 가장 높게 나타나 골밀도 상태에 따른 재현성이 일관되지 않았다. 본원의 골밀도검사 재현성 시험은 골다공증 상태의 수검자를 제외한다. 그 이유는 ISCD의 대상자 선정이 불확실하고, 골밀도가 낮을수록 장비의 골 인식도가 떨어져 재현성 시험을 시행할 경우, 검사자의 수작업을 요하므로 좋은 재현성을 얻기 힘들기 때문이다. 하지만 재현성 결과값은 LSC (Least Significant Change)에 영향을 주기 때문에 장비, 검사자, 수검자에서 발생할 수 있는 모든 오차를 반영해야 한다. 실험결과는 골밀도 상태가 재현성에 영향을 주지 않았으며, 따라서 정상, 골감소, 골다공증의 구별 없이 대상자의 선정 폭을 넓혀 대상에 구애 받지 않고 보다 정확한 의미의 재현성 시험을 해야 할 것으로 판단된다.

REFERENCES

1. 신영희 외 9명. 골다공증 진단에 있어서 골밀도 검사와 단순 방사선 촬영의 상호보완의 필요성. 대한골다공증학회지 제2권 제2호.
2. 강영한, 조광조 이중 에너지 X선 흡수 계측법을 이용한 BMD 검사 시 발생할 수 있는 기술적인 오류 분석. 방사선 기술과학 2006.
3. KA Ward, J Cotton, JE. Adams: A technical and clinical evaluation of digital X-ray radiogrammetry.
4. KE Wilson, AP Smith: Monitoring BMD with DXA: Short-and Long term Precision.
5. Precision Assessment and Radiation Safety for Dual-energy X-ray Absorptiometry ISCD (The International Society For Clinical Densitometry).
6. Bone Densitometry for Technologists. Texas Women's university.