골밀도 측정의 올바른 질 관리방법

Appropriate image quality management method of bone mineral density measurement

김 호 성*, 동 경 래**,***
서울아산병원 핵의학과*,
광주보건대학 방사선과**,
조선대학교 원자력공학과****

Kim Ho-Sung*
Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center*
Dong Kyung-Rae**,***
Department of Radiological Technology, Gwangju Health College University**
Department of Nuclear Engineering, Chosun University***

요약

골밀도 측정은 정확도와 정밀도가 우수하여야 작은 골량의 변화에도 진정한 생물학적 변화를 알 수 있다. 따라서 장비 및 검사자의 올바른 질 관리를 통하여 골밀도 검사의 신뢰성을 높이는 것을 목적으로 한다. 장비관리방법은 각각의 골밀도 장비 제조사에서 권고하는 팬텀을 이용하여 10~25회 측정하여 기준 값과 허용 범위를 정하고 검사가 있는 날에 매일 측정하거나 일주일에 3회 이상 측정하여 실제 골밀도의 값의 변화 유무를 확인하여야 한다. 또한 측정된 팬텀의 골밀도 수치를 기록하여 Shewart control chart와 CUSUM control chart를 만들어 각각의 Rule에 따라 평가한다. 이러한 관리는 장비의 설치 및 이동 시에 반드시 행해져야 한다. 검사자 관리방법은 정밀도 측정으로 평가하는데 정밀도는 재검사하였을 때에 실제 생물학적의 변화 없이 수치상의 결과값을 똑같이 재현할 수 있는지 알아보는 것이다. 측정 방법은 환자를 두 번씩 30번 측정하는 방법과 세 번씩 15번 측정하는 방법이 있다. 측정에서 중요한 것은 한 번 검사 후 두 번째나 세 번째 검사에서도 반드시 검사 테이블에서 내려왔다 다시 올라가서 검사를 해야 한다. 측정된 골밀도 수치를 이용하여 정밀오차를 산출하여 95% 신뢰수준으로 정밀오차에 2.77을 곱하여 최소한의 생물학적 골밀도 변화를 산출한다. 골밀도 장비는 과학의 발달로 인하여 장비의 정확 오차가 1%이내로 줄었기 때문에 장비관리와 측정자의 기계조작 및 검사 오차를 잘 관리한다면 검사의 신뢰성 확보에 도움을 줄 것이다.

▌중심어 : | 골밀도 | 정확도 | 정밀도 | 팬텀 |

Abstract

In Bone Mineral Density(BMD) measurements, accuracy and precision must be superior in order to know the small changes in bone mineral density and actual biological changes. Therefore the purpose of this study is to increase the reliability of bone mineral density inspection through appropriate management of image quality from machines and inspectors. For the machine management method, the recommended phantom from each bone mineral density machine manufacturer was used to take 10~25 measurements to determine the standard amount and permitted limit. On each inspection day, measurements were taken everyday or at least three times per week to verify the whether or not change existed in the amount of actual bone mineral density. Also evaluations following Shewhart control chart and CUSUM control chart rules were made for the bone mineral density figures from the phantoms used for measurements. Various forms of management became necessary for machine installation and movement. For the management methods of inspectors, evaluation of the measurement precision was conducted by testing the reproducibility of the exact same figures without any real biological changes occurring during reinspection. There were two measurement methods followed: patients were either measured twice with 30 measurements or three times with 15 measurements. An important point to make regarding measurements is that after the first inspection and any other inspection following, the patient was required to come off the inspection table completely and then get back on for any further measurements. With a 95% confidence level, the precision error produced from the measurement bone mineral figures produced a precision error of 2.77 times the minimum of the biological bone mineral density change (Least significant change: LSC). In order to assure reliability in inspection, there needs to be good oversight of machine management and measurer for machine operation and inspection error. Accuracy error in machines needs to be reduced to under 1% for scientific development in bone mineral density machines.

▌Keyword : | BMD | accuracy | precision | phantom |

Ⅰ. 서론

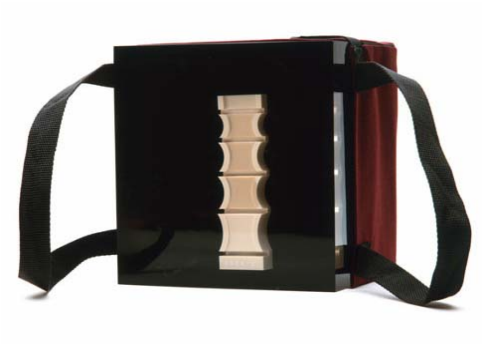
골밀도 측정의 질 관리는 두 가지의 측면에서 이루어져야 한다. 첫 번째는 골밀도를 측정하는 장비이며, 두 번째는 골밀도를 측정하는 검사자이다. 골밀도 측정은 정확도와 정밀도가 우수 하여야 작은 골량의 변화에도 진정한 생물학적 변화가 생긴 것임을 알 수 있다[1][2]. 일반적으로 가장 많이 사용되는 골밀도 장비인 이중에너지 엑스레이 흡수기(Dual Energy X-ray Absorptiometry: DEXA)는 최소한의 생물학적 변화를 가장 발 반영할 수 있는 장비로서 임상에서 우수한 성능을 발휘한다[3][4][5]. 하지만 장비 및 검사자의 질 관리가 잘 이루어지지 않을 경우에는 실제 골밀도 변화를 과장되게 나타내는 경향이 있어 오진의 위험성을 내포하고 있다[6][7]. 이러한 위험성이 있음에도 불구하고 골밀도 장비 및 검사자의 질 관리가 잘 이루어 지지 않아 올바른 질 관리를 통하여 골밀도 검사의 신뢰성을 높이는 것을 목적으로 한다.

Ⅱ. 본론

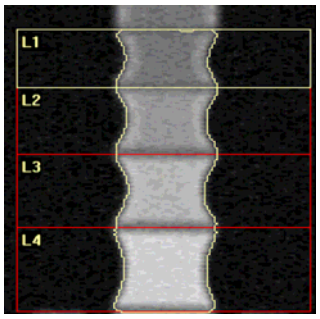
정도 관리 방법을 이해하고 수행하는 것은 골밀도 검사를 시행하는 방사선사의 중대한 책임으로 임상 검사에 있어 반드시 필요한 과정이다. 골밀도에서 사용되고 있는 정도 관리 방법들은 원래 공업이나 분석 화학에서 쓰이는 정도 관리를 위해 개발된 방법들에 의해서 생겨났다[8]. 가장 널리 쓰이는 방법들은 Shewhart 표와 Shewhart 규칙 그리고 누적 합산표(CUSUM)에 따른 관리 표(control tables)와 시각적 검사(visual inspection)이다. 이러한 모든 방법들은 기준적인 가치를 세우기 위해서, 그리고 일반적으로 장기적인 가치를 세우기 위해서 검사된 하나의 phantom을 필요로 한다.

2-1. 팬텀의 선택

X-ray를 토대로 한 골밀도 측정기계를 생산하는 업체에서는 기계의 사용을 위해 phantom을 제공한다(Fig. 1). 제조사가 제공한 phantom은 제조사 기계의 특별한 성질에 따라서 고안되기도 하는데, 이는 phantom을 그 기계에 더 적합하게 사용할 수 있도록 만들어 주기 위해서이다. 그러나 현재까지는 모든 장비에서 호환되어 사용될 수 있는 완전한 phantom은 존재하지 않는다. 몇몇 제조사들은 서로 다른 목적들을 위하여 두 가지 phantom을 사용한다. 그 중 첫 번째 팬텀은 매일 품질 보증(Quality ssurance) 기능을 위해 사용되고. 두 번째 팬텀은 인간의 골격을 흉내 내고자 만들어진 것이다. 이 팬텀은 골밀도(Bone Mineral Density: BMD) 값의 이동과 경향을 발견하기 위한 정도 관리(quality control)를 위해 사용된다. 골격의 특정 부분을 이용하여 만들어진 팬텀을 Anthropomorphic phantom이라고 부른다[9][10]. 이러한 팬텀은 수산화인회석이나 알루미늄으로 만들어진다. 팬텀은 에폭시 수지에 의해 둘러싸여있거나 플라스틱 블럭에 의해 둘러 쌓여있고, 혹은 인간의 부드러운 조직을 모방하기 위해 만들어진 다른 유형의 물질들(물이나 생쌀) 안에 위치한다. 완벽한 인체 모형 팬텀은 골격이나 혹은 문제가 있는 뼈들의 크기나 모양을 복제할 수 있고, 다양한 밀도를 가질 수 있으며, 임상적으로 우연히 경험하기 쉬운 범위의 밀도를 포함할 수도 있다. 특정한 골격이나 뼈들의 모양과 크기를 복제하는 것과 뼈를 통한 비균일 밀도를 측정하는 것은 특정 계통(system)에 대한 edge-detection 방법을 실험하는 것이다. 즉, 인간의 부드러운 조직으로부터 뼈를 구별해낼 수 있는 기계의 능력을 테스트하는 것이다. 다양한 단계의 골밀도에 대한 장비 system의 능력을 테스트하기 위해서는 팬텀이 포함하고 있는 다양한 범위의 골 밀도들을 측정해보는 것이 바람직하다. 그와 동시에 이러한 범위는 진정으로 임상적으로 유용해야 한다. 오늘날 사용되는 제조사가 제공하는 대부분의 팬텀들이 이러한 특성들을 지니고 있다. 하지만, 제조사가 강조한 이 특성들은 제조사 장비의 일반적인 정도 관리 프로그램(quality control program)에서만 사용됨으로 이를 보완하기 위하여 독립적으로 개발된 범용성 팬텀으로 모든 장치에 사용될 수 있도록 시도하였다(Fig. 1). 이를 반 인체 모형 팬텀(semianthropomorphic phantom)이라고 한다. 팬텀의 척추는 수산화인회석으로 만들어져 있으며, 밀도가 다양하다. 그 척추는 10% 지방 정도로 플라스틱과 에폭시 수지가 균등하게 감싸고 있다. 범용성 팬텀의 사용은 임상 조사(research)에만 제한되어져 왔는데, 그 이유는 비용 때문이다. 사람들은 범용성 팬텀이 모든 central bone의 밀도에 대한 골밀도 검사의 표준을 만들지 못했다.



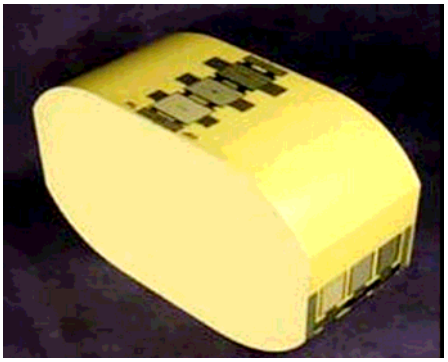
(a)



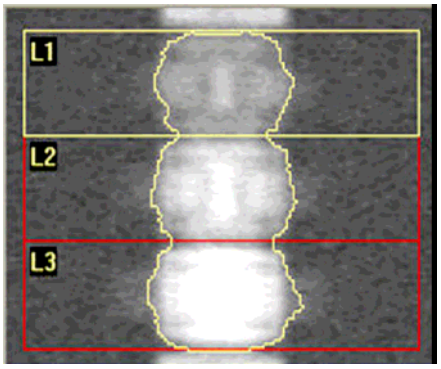
(b)

a. Bio-Imaging Bone Fide Spine Ohantom (BFP): Bio-Imaging Technologies Inc. NewtownPA,USA

b. BFP Scan mage



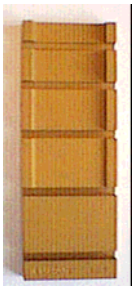
(c)



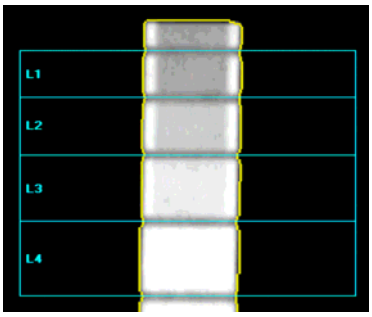
(d)

c. The European Spine Phantom (ESP): QRM, Dorfstrasse 4, D-91096 Mohrendorf,Germany

d. ESP Scan Image



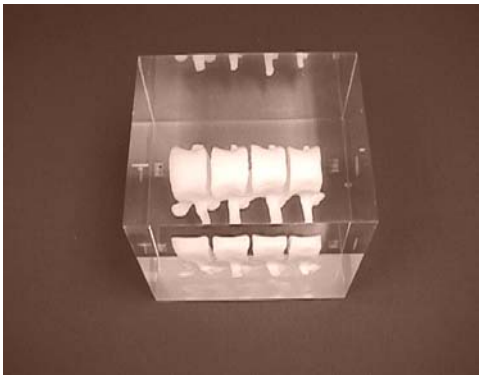
(e)



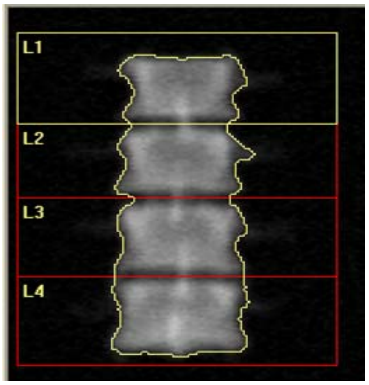
(f)

e. The GE Lunar Aluminum Spine Phantom (ASP): GE Lunar, Madison,WI,USA

f. ASP Scan Image



(g)



(h)

g. Hologic Anthropomorphic Spine Phantom: Hologic Inc. WalthamMA,USA
h. Hologic Anthropomorphic Spine Phantom Scam Image

Fig. 1 Phantom and Phantom Scan Image

2-2. 장비관리방법

2-2-1. Base Line 설정

장비를 처음으로 설치하거나 이동하였을 경우 장비의 기본 교정이 끝나면 반드시 환자 검사를 시행하기 전에 phantom을 위치 변경 없이 같은 날에 10~25번을 측정하도록 권고하고 있다. 이는 장비의 교정된 값을 기준으로 실제 임상에서 환자의 골밀도 값의 정확도와 정밀도를 관찰하기 위함이다. 측정된 골밀도 값을 기준으로 허용범위를 정하게 되는데 10~25번 측정된 평균값에서 ±1.5%를 계산하고 상한, 하한 허용범위(control limits)를 정한다(Table 1).

Table 1. Base Line 설정을 위하여 같은 날 위치 변화 없이 Lunar Prodigy 장비로 Lunar AL Spine Phantom을 20회 측정한 값

Phantom Scan no.	Date	L1-L4 BMD (g/cm^2)
1	03/02/2009	1.191
2	03/02/2009	1.190
3	03/02/2009	1.189
4	03/02/2009	1.188
5	03/02/2009	1.184
6	03/02/2009	1.186
7	03/02/2009	1.187
8	03/02/2009	1.185
9	03/02/2009	1.189
10	03/02/2009	1.184
11	03/02/2009	1.189
12	03/02/2009	1.184
13	03/02/2009	1.188
14	03/02/2009	1.186
15	03/02/2009	1.189
16	03/02/2009	1.187
17	03/02/2009	1.189
18	03/02/2009	1.189
19	03/02/2009	1.191
20	03/02/2009	1.192

Note) 평균 값: 1.188 g/cm^2, ±1.5%: 0.018, 하한허용범위: 1.170 g/cm^2, 상한허용범위: 1.206 g/cm^2

2-2-2. Daily QC와 Phantom의 측정

골밀도 측정 장비는 매일 아침 각 제조회사에서 만들어진 블록 팬텀을 이용하여 방사선질, 조직 등가물질의 값, 흡수계수 등의 평가와 보정을 하며 장비 움직임도 평가한다. 이는 장비의 전반적인 사항을 확인할 수는 있지만 실제 환자의 검사에서는 측정값의 변화가 있는지를 알 수가 없다. 따라서 각각의 골밀도 장비 제조사에서 권고하는 팬텀을 이용하여 실제 골밀도의 값의 변화 유무를 확인하여야 한다.

2-2-3. 팬텀을 이용한 컨트롤 테이블 및 차트의 생성과 평가

오늘날 쓰이고 있는 골밀도 측정기의 기계적 결함을 찾기 위해 매일 실시되는 질 보증 과정은 대부분 자동화 되어있다. 하지만 완벽한 기계적인 결함이 발생하기 이전에 정기적인 정도 관리를 수행해야 한다. 일반적으로 팬텀의 정기적인 측정을 말하며 측정된 팬텀의 골밀도 수치를 기록하여 Shewart control chart와 CUSUM control chart를 만들어 각각의 Rule에 따라 평가한다. CUSUM charts나 식으로 나타낸 CUSUM chart는 대부분 정교한 통계 프로그램을 이용하여 쉽게 수행 되어 진다. 그러나 진료로 골밀도를 측정하는 곳에서는 CUSUM 방법론을 사용하지 않고 Shewarts charts 와 rule을 많이 사용한다. 이러한 평가는 장비의 경향이나 상태를 확인하고 오류를 해결하는데 많은 도움을 줄 것이다. 장비의 갑작스런 변화는 쉽게 발견될 수 있다. 하지만 경향이라는 것은 훨씬 애매하기 때문에 쉽게 함정에 빠질 수 있다.

2-2-3-1. 컨트롤 테이블

장기적인 임상적 연구 실험에 quality control procedure에 한 부분으로 종종 사용하고 있다. 연속적인 팬텀의 측정은 일주일에 적어도 3번 정도 수행되어야 하고 환자가 있는 날에는 매일 측정해야 한다. 연속적으로 측정된 팬텀의 값은 허용범위(±1.5%)내에서 있어야 한다. Table 2를 보면 첫 번째 세로 줄이 스캔 한 날짜이고, 두 번째 세로 줄이 실제적인 BMD 값이다. 그리고 세 번째 세로 줄이 실제적 phantom 값으로 control limits 값 내에 있으면 yes, 아니면 no로 한다. Control graph는 몇 가지 장점을 제공한다.

Table 2. 컨트롤 테이블

Date	Phantom value(g/cm^2)	Within Control Limits
03/02/2009	1.188	yes
03/03/2009	1.185	yes
03/06/2009	1.187	yes
03/10/2009	1.187	yes
03/11/2009	1.184	yes
03/13/2009	1.179	yes
03/17/2009	1.183	yes
03/19/2009	1.194	yes
03/20/2009	1.183	yes
03/25/2009	1.1.84	yes
03/26/2009	1.181	yes
03/27/2009	1.189	yes
03/30/2009	1.188	yes

Note). 평균 값: 1.188 g/cm^2, ±1.5%: 0.018, 하한허용범위: 1.170 g/cm^2, 상한허용범위: 1.206 g/cm^2

2-2-3-2. Control Graph (Shewhart Chart)

Control graph는 연속적으로 10~20번 scan 하여 평균값을 얻고 control limits는 평균값의 ±1.5%로 정한다. 세로 축 즉 y축은 BMD값을 반영하고, 가로 축 즉 x축은 날짜에 시간을 반영한다. 20번 scan하여 측정한 평균 BMD값은 가운데에 검은 직선으로 그려 놓았다. 평균값의 ±1.5% 상, 하한선은 점선으로 그려 놓았다. control graph로 연속적인 phantom 값이 plotting된 결과치를 쉽게 볼 수 있다. 이것을 Shewhart Chart라 한다(Fig. 2).

Shewhart Chart는 아래의 Shewhart Rules에 의하여 평가 관리하여야 한다.

· Shewhart Chart Rule

1. 한 개의 Phantom BMD 값이 평균값 ±1.5%를 초과 할 경우
2. 평균의 같은 면에 두 번 연속적으로 측정된 Phantom BMD 값들이 평균값 ±1%를 초과 할 경우
3. 두 번 연속적으로 측정된 Phantom BMD 값들이 2% 이상 차이가 날 경우
4. 평균의 같은 면에서 네 번 연속된 Phantom BMD 값들이 평균값에 ±0.5%를 초과 할 경우
5. 평균으로부터 거리가 있어야 함에도 불구하고 열 번 연속된 Phantom 값들이 평균의 같은 면에 떨어져 있을 경우

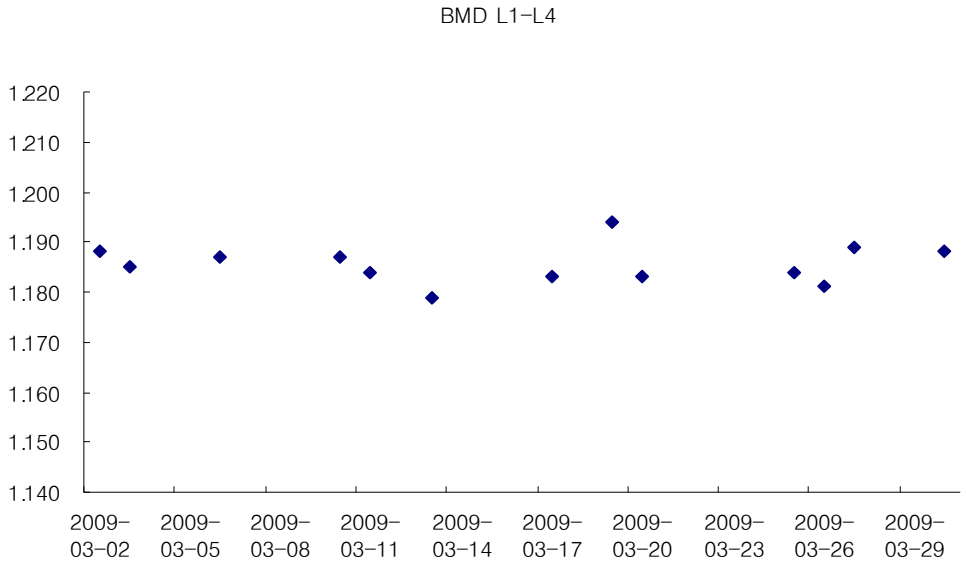


Fig. 2. Shewhart Chart.

3-1. 검사자 관리 방법

골밀도 측정에서 추적검사의 중요성은 골다공증의 치료 전 후의 평가에 매우 유용하게 반영되고 있다. 검사자의 정밀도 측정은 동일한 방법으로 재검사하였을 때에 실제 생물학적의 변화 없이 수치상의 결과 값을 똑같이 재현할 수 있는지 알아보는 것이다. Precision study는 통상적인 원칙을 필요로 하지 않는다. 그러나 검사자들은 적어도 한번은 하여야 한다. 그리고 만일 새로운 의료기사가 검사를 시작하거나 장비에 중요한 변화가 생겼다면 반복해서 시행해야 한다.

3-1-1. 검사자 정밀도 측정 방법과 평가

Precision study는 환자 검사에 이용되는 부위마다 따로 산출해야 한다.

Table 3. 정밀도 시행 시 참여하는 환자의 명수와 한 명의 환자 당 검사해야 하는 수

No. of patients	No. of Scans/patients
1	31
5	7
10	4
15	3
30	2

Table 3을 보면 정밀도 시행할 때 참여하는 환자의 명수와 한 명의 환자 당 검사해야 하는 수를 나타내고 있다. 일반적으로 환자를 무작위로 추출하여 두 번씩 30번 측정하는 방법과 세 번씩 15번 측정하는 방법을 권고하고 있다. 측정에서 중요한 것은 한 번 검사 후 두 번째나 세 번째 검사에서도 반드시 검사 테이블에서 내려왔다 다시 올라가서 검사를 해야 한다. 측정된 SD, CV, %CV는 골밀도를 여러 번 측정하여 얻은 값으로 유의한 변화를 결정할 때 이용하지만 여러 명의 환자를 follow up할 때에는 결코 이용해서는 안 된다. 따라서 각 병원마다 골밀도 측정을 하여 모니터링 해야 될 때는 각 검사부위에 대한 Precision 대표 값을 설정하여야 한다. 이것은 단기간, 2주에서 한 달 안에 실행되어야 한다. 만일 한 명이 참여할 경우 가능하다면 하루 안에 검사를 끝낼 수 있어야 한다.

Root-Mean-Square SD(RMS-SD)혹은 Root-Mean-Square CV(RMS-CV)은 수식 1과 수식2로 계산된다.

$$SD_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\left(SD^2\right)}{m}} \quad \cdots\cdots (1)$$

$$CV_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{m}\left(CV^2\right)}{m}} \quad \cdots\cdots (2)$$

m은 환자의 수이고 RMS-CV는 100을 곱하여 RMS-%CV로 표현될 수 있다. 측정된 자료의 정밀도 평가는 Precision study를 통해서 정량화 하여야 한다. 이를 통해 Standard Deviation(SD), Percentage Coefficient of Variation(%CV), 진정한 생물학적 변화를 구성하는 최소한의 골밀도 변화(Least Significant Change: LSC)을 얻을 수 있다.

평가 방법은 측정된 값을 위의 공식을 이용하여 산출하거나 ISCD(www.ISCD.org)에서 배포한 Precision Calculate tool을 이용하여 각 부위별 Precision값을 산출하여야 한다. 산출된 값은 아래의 허용범위를 벗어나면 재교육 후 다시 측정해야 한다.

- L-spine : 1.9% (LSC= 5.3%)
- Total Hip: 1.8% (LSC= 5.0%)
- Femur neck: 2.5% (LSC = 6.9%)

3-1-2. 최소한의 의미 있는 변화의 결정

어떤 골격부위의 Precision을 알게 되었다면 그 골밀도의 변화의 크고 작음의 정도가 진짜 생물학적 변화를 의미하는 것인지를 결정해야 하며, LSC를 결정하기 위해서 통계적 신뢰도의 수준이 얼마인지 base line과 follow up을 위해서 얼마나 많은 측정을 해야 하는지 결정해야 한다. 이상적으로, 95%통계적 신뢰도를 선택하지만 임상적인 결정을 위해서는 일반적으로 80%가 좀 더 알맞다. 수식 3은 LSC를 나타낸 공식이다.

$$LSC = Z'\ (Pr)\ \sqrt{\frac{1}{n_1}+\frac{1}{n_2}} \quad \cdots\cdots (3)$$

Z'는 통계적인 신뢰도의 수준을 나타낸 것이다. Pr은 RMS-SD나 RMS-CV에서 얻은 precision값이고 n_1은 처음 골밀도측정 횟수, n_2는 follow up 골밀도 측정횟수를 나타낸다. Z'는 보통 통계적으로나 수학적 텍스트에 적힌 산술제표에 의해서 선택 된다.

Table 4. Z' Values for Various Levels of Statistical Confidence.

Statistical Confidence level(%)	Z' Value
99	2.58
95	1.96
90	1.65
80	1.28

Table 4는 신뢰도의 다양한 값들을 보여주고 있다. 어떠한 Precision값이나 base line, follow up 측정 횟수와 변화 값의 크고 작음은 통계적으로 유의성을 필요로 한다. 수식 4와 수식 5는 95%, 80%신뢰도에서의 공식에 넣은 Z'의 값을 보여주고 있다.

$$LSC^{95}=1.96(pr)1.414=2.77(pr) \quad \cdots\cdots (4)$$

$$LSC^{80}=1.28(pr)1.414=1.81(pr) \quad \cdots\cdots (5)$$

측정된 검사자들의 정밀오차의 합은 기관(병원) 정밀오차가 된다. 측정된 골밀도 수치를 이용하여 정밀오차를 산출하여 95% 신뢰수준으로 정밀오차에 2.77을 곱하거나 80% 신뢰수준으로 정밀오차에 1.81을 곱하여 최소한의 생물학적 골밀도 변화(Least significant change:

LSC)를 산출한다. 즉, 정밀도 오류범위(LSC)가 초과되었을 때가 진정한 생물학적 변화가 생긴 것이다.

3-1-3. 정밀도의 중요성

골밀도 측정은 오늘날 임상약제 사용에 대하여 가장 정확한 양을 측정하는 것이다. 그러나 그것은 병원에서 Precision이 실행될 때까지는 LSC가 통계적인 신뢰의 어떠한 구간도 결정 될 수 없다는 것은 명확하게 하고 불가능한 여러 가지 study에 대한 설명을 만들어야 한다. Precision study는 통상적인 원칙을 필요로 하지 않는다. 그러나 그들은 적어도 한번은 하여야 한다. 그리고 만일 새로운 의료기사가 scan을 시작하거나 장비에 주요한 변화가 생겼다면 반복해서 시행해야 한다. Precision study에 참가한 환자는 임상적으로 사용 될 값을 도출하기 위하여 환자 모집단에 대한 대표군(무작위 추출)여야 한다. 만일 골밀도 측정에 종사하는 사람이 둘이거나 혹은 그 이상일 때에는 어떠한 날이든지 같은 환자를 종사자 모두가 Precision study를 실행해야 실제적으로 환자들에게 일어날 수 있는 대표 값이 될 것이다. 유일한 한명의 의료기사가 모든 연구를 실행했을 때는 예상되는 Precision값은 좋지 않을 것이다. Precision 연구를 위해서 정상적인 body size와 정상적인 골밀도를 갖는 건강한 젊은 사람들을 대상으로 하는 것은 일반적이지 못하다. Precision study의 이러한 형태는 순전히 방사선사의 positionning과 Analysis하는 능력만을 시험 해보는 것이다. 이런 스터디의 Precision 결과 값은 그 병원을 대표하는 Precision 값으로 사용할 수 없다. 따라서 장비에 의한 오류로 발생되는 결과의 오류는 완벽하게 막을 수 없지만 검사할 때 환자의 위치를 잡는 것과 data를 획득하는데 있어서 주의 깊게 관찰하는 것은 의료기사가 유일하게 통제 가능한 일이다. 만일 이것이 정확하게 이루어지지 않는다면 훌륭한 Precision은 이루지 못할 것이다.

Ⅲ. 결론

골밀도 측정기술의 임상 적용에 대한 지침은 골밀도를 수행하는 임상 현장에서 보다 엄격한 질적 관리 방법을 요구한다. 이러한 방법들은 정확하고 정밀한 골밀도 정보를 제공하는 데에 매우 중요한 요인이다. 만약 질적 관리가 빈약하거나 없다면, 의사에게 제공된 정보는 부정확할 수도 있고 그러한 잘못된 정보에 근거해서 의사가 만든 잘못된 의학적 해석은 실수(error)를 만들어낼 수 있으며, 환자에 대한 의학적 조치는 환자에게 유해한 영향을 미칠 수도 있다. 그에 따라 환자는 부적절한 검사를 겪게 될 것이고, 일정 부분 부적절한 방사능에 노출 되게 될 것이다. 골밀도 검사는 일정량의 변화가 있을 때에만 중요한 진단을 내릴 수가 있다. 따라서 임상에서 이용하는 골밀도 측정 수치가 정확하고 재현성이 뛰어나도록 하기 위해서는 골밀도를 측정할 때는 항상 생산업체의 권고사항에 따라서 정확하게 실행되어야 한다. 그리고 측정하기 이전에 반드시 장비의 상태와 검사자의 능력을 파악하여야 한다. 만일 검사자가 이를 무시하고 장비의 상태 및 환자의 자료를 권고사항대로 측정하고 분석하지 않는다면 재현성은 좋지 않을 것이다. 골밀도 장비는 과학의 발달로 인하여 장비의 정확 오차(Accuracy Error)가 1%이내로 줄었기 때문에 장비관리와 측정자의 기계조작 및 검사 오차를 잘 관리한다면 검사의 신뢰성 확보에 도움을 줄 것이다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] Ward, K.A. Cotton, J. and Adams, J.E., “Atechnical and clinical evaluation of digital X-ray radiogrammetry”, Osteoporosis International, Vol. 14, No. 5, pp. 389-395.

[2] Gundry, C.R. Miller, C.W. Ramos, E. Moscona, A. Stein, J.A. and Mazess, R.B., "Dual-energy radiographic absorptiometry of lumbar spine, Clinica experience with two different systems, J. of Radiology, Vol. 174, pp. 539-541, 1990.

[3] Ku, Y.M. Jee, W.H. and Choe, B.Y., "Relation ship between bone mineral density of lumbar paraspinal Muscles by Quatitative Computed Tomography, J of Korean Radiol. Soc., Vol. 38, pp. 163-167, 1998.

[4] Sydney, L.B. and Lori, A.L., "MRT, CDT: Bone Densitometry for Technologists", Texas-Women’s university, pp. 169-220, 2002.

[5] Cho, J.A. Kim, S.W. Kim, A. Ku, J. R. and Kim, Y.T., "Standardization for dual energy

X-ray absorptiometry", Korean J. of Med., Vol. 52, No. 4, pp. 44, pp. 5-448, 1997.

[6] 강영한, 조광조, "이중 에너지 X선 흡수 계측법을 이용한 BMD 검사 시 발생할 수 있는 기술적인 오류 분석", 방사선 기술과학, Vol. 29, No. 4, pp. 229-236, 2006.

[7] Gluer, C.C., "Accurate assessment of precision errors: how tomeasure the reproducibility of bone densitometry techniques", Osteoporos Int, Vol. 5, No. 4, pp. 262-270, 1995.

[8] 김덕윤, "골밀도 측정의 올바른 임상적용", 대한핵의학회지, Vol. 38, No. 4, pp. 275-281, 2004.

[9] Angela, J. and Feyerabend, J.l, "Regional variations in bone mineral density as assessed with dual-energy photon absorptiometry and dual x-ray absorptiometry", J. of Radiology, Vol. 183, pp. 467-469, 1993.

[10] 강점덕, 김종봉, “중년 여성의 요통에 따른골밀도 측정”, 대한정형물리치료학회지, Vol. 7, No. 1, pp. 54-63, 2001.