

DEXA를 이용한 골밀도 측정시 검사자의 ROI 변화에 따른 골밀도 측정값의 오차에 관한 연구

— The Study on Bone Mineral Density Measurement Error in Accordance with Change in Region Of Interest (ROI) by Utilizing Dual Energy X-ray Absorptiometry —

고려대학교 구로병원 영상의학과 · 동남보건대학교 방사선과¹⁾ · 고려대학교의용과학대학원 의학물리학과²⁾

이윤희 · 이인자¹⁾ · 양형진²⁾

— 국문초록 —

현재 골다공증 진단은 주로 이중에너지 방사선 흡수법(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DEXA) 을 사용하고 있다. DEXA에 의한 골밀도 측정 시 발생할 수 있는 오차는 크게 검사자, 골밀도 측정기, 피검자에 의해 발생하며 그 중 검사자의 관심영역(ROI, Region of interest)설정에 의한 골밀도 측정값의 오차의 정도를 알아 보았다. 2011년 3월~6월에 골다공증 진단 및 치료를 위한 목적으로 본 병원을 내원한 환자 40대, 50대, 60대, 70대 각각 50명씩을 선별하여 대퇴골과 요추에서 골밀도 측정을 각각 두 번씩 측정하였다. 평상시에 하던 ROI 설정으로 측정(검사방법 A)하고, ROI를 최대한 넓게 변형하여 측정(검사방법 B), 두 번 측정하여 검사방법 A 와 B측정값의 차이를 비교하여 검사자의 ROI변형에 의해서 발생할 수 있는 T-score의 최대 측정오차의 정도 를 알아보았다.

대퇴부의 대퇴경(Femur neck)에서 T-score가 표준편차 0.1만큼 B측정값이 골밀도가 높게 측정되었고, 전자 부(Greater trochanter)와 전자간부(Inter trochanter), Ward's area에서도 각각 표준편차 0.2만큼 B측정값이 높게 측정되었다.

요추부에서 A측정값과 B측정값의 오차 정도는 L-1에서 T-score가 표준편차 0.1만큼 B측정값이 낮게 측정되었고, L-2와 L-3는 변화가 없었으며 L-4에서는 표준편차 0.2만큼 B측정값이 낮게 측정되었다.

따라서 200명 환자의 골밀도 측정에서 대퇴부에서는 ROI를 크게 변화시켰을 때 실제보다 골밀도가 더 높은 것으로 나타났고, 요추부에서는 실제보다 골밀도가 더 낮은 것으로 나타났다. 검사자의 ROI 설정변화에 따라 환자는 골다공증이 될 수도 있고 골조송증이 될 수도 있다. 이것은 환자의 골다공증 약제의 보합수와 직접적인 관계가 있기 때문에 검사자는 항상 일정한 관심영역을 설정하여 의사의 진료와 환자의 치료에 도움이 되는 검사를 해야 할 것이다.

중심 단어: DEXA, 관심영역, 측정오차, T-score

*접수일 (2012년 1월 29일) 심사일(2012년 2월 10일) 확정일(2012년 3월 13일)

- 본 논문은 고려대학교 의용과학대학원 의학물리학과 이학석사 학위논문들 기초로 작성하였음

교신저자: 이윤희 (152-703) 서울시 구로구 구로동로 148
고려대학교 구로병원 영상의학과
TEL: 02-2626-1365, CP: 010-8570-0365
FAX: 02-2626-1379 E-mail: yunhong2@hanmail.net

I. 서 론

골밀도 검사는 임상과 연구 수단으로 뼈 건강에 대한 정보를 제공해 주는 중요한 검사이다. 또한 골밀도는 현재

임상적으로 골다공증 진단에 가장 유용한 기준으로 이용되고 있으며, 뼈의 소실과 증가 속도 또는 치료에 대한 반응을 평가하는데 유용하다¹⁾. 골다공증은 골의 대사성질환 중 가장 흔한 것으로 동일연령과 성별에서 정상인에 비해 골량이 현저히 감소된 상태를 말하며²⁾, 임상적으로 골절의 존재, 조직 형태학적으로 단위 용적 당 골기질의 감소, 역학적으로는 골절 위험도 증가 상태 등으로 정의될 수 있고³⁾, 진단적으로는 정상인의 최대 골밀도 치에 비해 표준편차 2.5이하로 질량이 감소된 상태를 말한다⁴⁾. 2000년도 NIH (National Institute of Health)에서 1994년 WHO의 정의를 조금 바꾸어서 골의 질(bone quality)을 강조하는 “골 강도(bone strength)감소로 인한 골절 위험도가 증가하는 질환” 이라고 바꾸었다^{5,6)}.

골다공증을 진단하는 골밀도 측정 장치 중 현재 가장 많이 이용되고 있는 DEXA(이중 에너지 X선 흡수 계측장치)는 해상력이 좋고 짧은 시간에 측정가능하며 방사선 피폭량이 적은 장점이 있다⁷⁾. DEXA 단점으로 인식되어지고 있는 정밀도의 원인은 크게 피검자, 골밀도 측정기, 검사자 세 가지 요인에 의해 발생되고 있다⁸⁾. 그 중 검사자의 ROI(Region of Interest) 설정 시 면적변화에 의해서 발생될 수 있는 측정오차의 범위가 어느 정도인지를 파악하는 것이 환자의 골다공증 진단과 치료에 많은 도움이 되리라 생각한다. 또한 실제로 임상에서 발생 할 수 있는 측정 오차를 줄임으로써 임상 의들이 골다공증 약제를 처방할 때 일관성 있는 치료 방향을 정하는데 많은 도움이 될 것이다.

더불어 이 연구를 통해 ROI(Region of Interest)변화에 따른 측정오차의 정도를 제시함으로써 골밀도 측정 시 검사자에 의한 최대오차를 검사자가 인지하고 동일한 검사자가 아니더라도 같은 관심영역을 설정하도록 하며, 특히 정기적으로 골다공증 진행 변화를 보기위한 추적검사(Follow up) 환자의 경우 항상 같은 관심영역을 지정하도록 인지시키기 위해 이 연구를 하게 되었다.

II. 연구방법

골밀도 측정기는 이중에너지 흡수법(Dual Energy X-ray Absorptiometry) 방식인 미국의 Hologic Discovery A 장비를 사용하였다.

2011년 3월~6월까지 골다공증 진단 목적으로 골밀도 측정을 하기 위해 내원한 환자 40대, 50대, 60대, 70대 각각 50명씩 200명을 선별하여 골밀도 측정을 하였다.

성별은 남자 여자 관계없이 50명씩 선별 하였고, 척추나 대퇴골 골절이나 수술 환자, 심한 척추변형이 있거나 고관절염이나 퇴행성 변화가 적은 환자를 선별하였습니다. 주로 골다공증 약제를 처방받기 위해 골밀도 측정을 하는 환자 위주로 선별하였다.

실험 방법은 본 병원에서 평소에 하던 골밀도 표준검사 방법으로 한번 검사(이하를 검사방법 A)를 하고 측정한 후, 환자를 검사 테이블에서 내린 후 환자의 데이터를 다시 불러와서 ROI를 최대한 크게 변형을 시킨 후 다시 측정한다(이하를 검사방법 B).

측정부위는 요추 1번-4번, 대퇴부는 대퇴경부(neck), 전자부(trochanteric area), 전자간부(intertrochanteric area), Ward's area를 측정하였다.

1. Hip 측정 방법

1) 환자는 평상시대로 대퇴골의 대퇴경이 X선의 중심에 오도록 위치시키고, 15-20도 하지를 내회전시켜 대퇴골 경부가 평면바닥과 평행이 되게 한다(대퇴골 경부가 바닥과 평행이 되어야 측정오차를 최소화 할 수 있다).

대퇴경부, 전자부, 전자간부, Ward's area가 관심영역(ROI)내에 포함이 되게 충분히 지정을 하여 측정을 한다(표준 ROI-검사방법 A).

2) 환자를 테이블에서 내리고 컴퓨터에서 환자의 데이터를 불러 온 후 관심영역 (Region of Interest)을 최대한 넓게 변화 시킨 후 다시 측정한다(변형시킨 ROI-검사방법 B).

A측정값과 B측정값의 차이를 비교하여 T-score 오차 정도를 알아보았다.

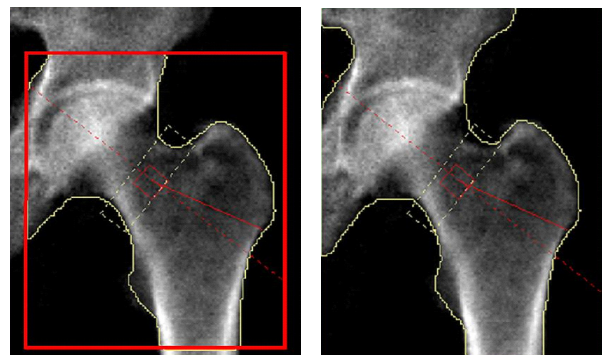


Figure 1. Lt Hip : Standard ROI and Modified ROI

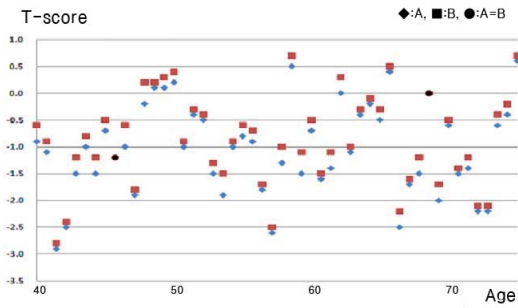


Figure 2. T-score error of Femur neck

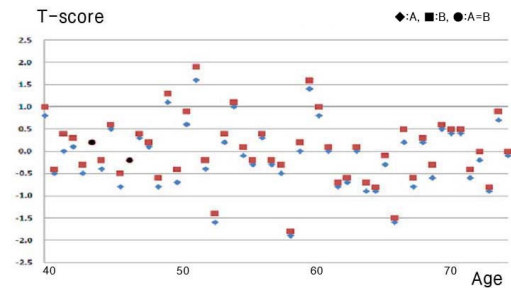


Figure 3. T-score error of Greater trochanter

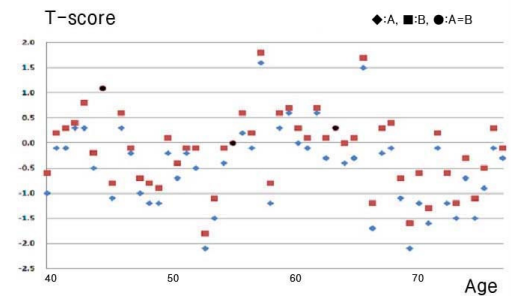


Figure 4. T-score error of Inter trochanter

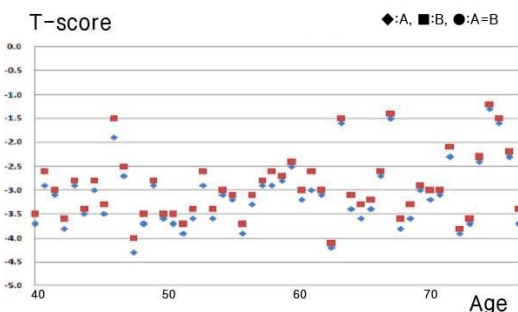


Figure 5. T-score error of Ward's

분히 간격이 벌어지도록 하여 골밀도를 측정 한다. 척추와 척추 정 중앙에 경계부위가 오도록 ROI 설정을 하여 결과 값을 측정한다(표준 ROI-검사방법 A).

2) 환자를 테이블에서 내리고 컴퓨터에서 환자의 데이터를 불러와 ROI를 다음 척추를 침범하지 않는 범위 내에서 최대한 변화하여 다시 한 번 측정한다(변형시킨 ROI-검사방법 B). A측정값과 B측정값을 비교하여 T-score 오차 정도를 알아보았다.

요추의 측정부위는 L1~L4를 ROI 안에 오도록 측정하였다. (척추에 골절, 퇴행성 변화, 선천성 기형, 수술등 의학 적 처치를 한 척추는 대상에서 제외)

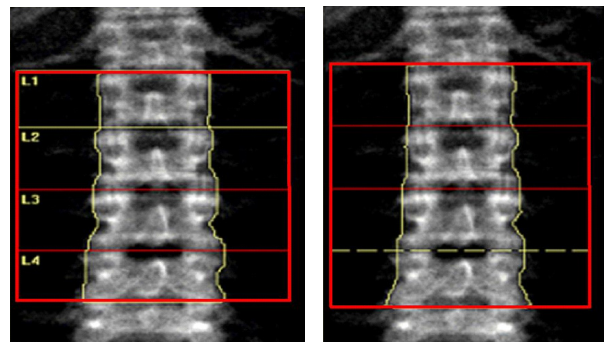


Figure 6. L-spine : Standard ROI and Modified ROI

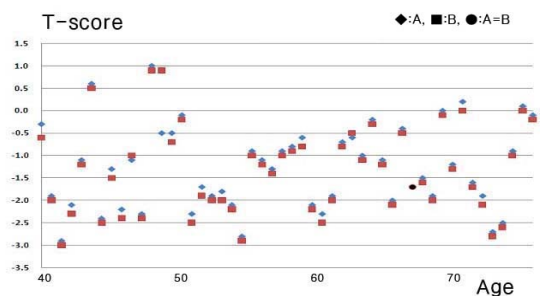


Figure 7. T-score error of L1-Spine

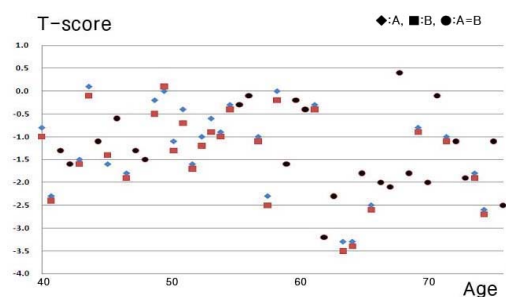


Figure 8. T-score error of L2-Spine

2. L-Spine 측정방법

1) 환자는 평상시대로 검사 테이블 정 중앙에 척추를 위치시키고, 무릎밑에 지지대를 놓아 척추와 척추 사이가 충

III. 결 과

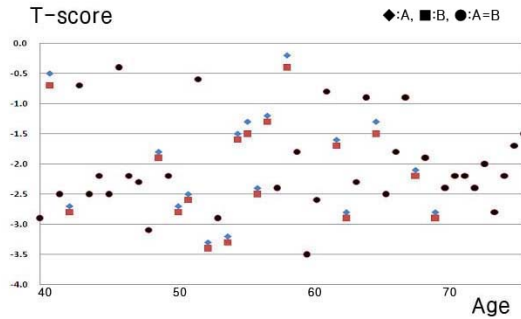


Figure 9. T-score error of L3-Spine

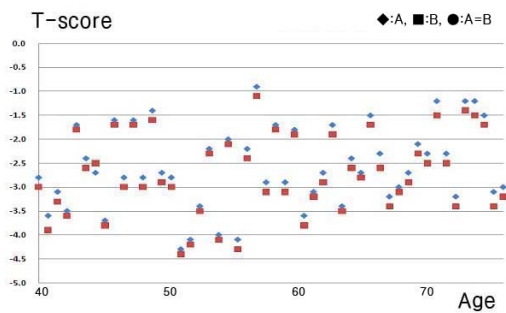


Figure 10. T-score error of L4-Spine

환자를 40대, 50대, 60대, 70대 각각 50명씩 200명을 측정방법 A(표준 ROI)와 B(변형시킨 ROI) 두 가지 방법으로 골밀도를 측정하여 ROI(관심영역) 변화로 T-score가 최대 얼마나 오차가 발생하는지 알아보았다.

통계 분석은 표준 ROI-검사방법-A와 변형시킨 ROI-검사방법-B의 측정오차를 비교하기 위해 SPSS 12를 이용하여 paired sample test 검정을 하여 p-value 0.05 미만의 통계적 유의성을 검증하였다.

대퇴부 측정- 대퇴경에서 평균면적이 0.08 cm² 변했을 때 T-score가 표준편차 0.1만큼 높게 측정되었고, 전자부에서도 평균면적이 0.05 cm² 변했을 때 T-score가 표준편차 0.2만큼 높게 측정되었다. 전자간부에서는 평균면적 3.08 cm² 변했을 때 T-score가 표준편차 0.4만큼 높게 측정되었고 Ward's area에서는 평균면적 변화가 없었는데 T-score는 표준편차 0.2만큼 높게 측정되었다.

요추부- L1에서 평균면적 1.17cm² 변했을 때 T-score가 표준편차 0.1만큼 낮게 측정되었고, L2는 평균면적 0.15cm² 변했을 때 T-score 표준편차는 변화가 없었고 L3도 평균면적 0.15cm² 변했을 때 T-score 표준편차는 변화가 없었다. L4에서는 평균면적 1.85cm² 변했을 때 T-score가 표준편차 0.2만큼 낮게 측정되었다.

Table 1. T-score measurement error due to change of the area in Standard ROI and Modified ROI from Lt Hip.

Age	neck		troc		inter		ward's	
	Modified area	Modified T-score	Modified area	Modified T-score	Modified area	Modified T-score	Modified area	Modified T-score
	(cm ²)	(SD)	(cm ²)	(SD)	(cm ²)	(SD)	(cm ²)	(SD)
All	0.08	0.1	0.05	0.2	3.08	0.4	0.00	0.2
40's	1.28	-0.1	0.14	0.0	0.20	0.0	2.46	-0.3
50's	0.14	0.1	0.05	0.2	2.77	0.4	0.00	0.2
60's	0.12	0.1	0.07	0.2	2.66	0.3	0.00	0.2
70's	0.03	0.2	0.05	0.1	3.43	0.3	0.00	0.2

Table 2. T-score measurement error due to change of the area in Standard ROI and Modified ROI from L-Spine.

Age	L1		L2		L3		L4	
	Modified area	Modified T-score	Modified area	Modified T-score	Modified area	Modified T-score	Modified area	Modified T-score
	(cm ²)	(SD)	(cm ²)	(SD)	(cm ²)	(SD)	(cm ²)	(SD)
All	1.17	-0.1	0.15	0.0	0.15	0.0	1.85	-0.2
40's	1.28	-0.1	0.14	0.0	0.20	0.0	2.46	-0.3
50's	1.02	-0.1	0.23	0.1	0.16	-0.1	1.56	-0.2
60's	0.96	-0.1	0.14	0.0	0.14	0.0	1.31	-0.2
70's	1.43	-0.1	0.07	0.0	0.11	0.0	2.07	-0.2

IV. 고 찰

골밀도 추적 검사는 치료약의 특성과 효과를 잘 파악하고 환자와 의사 모두가 치료법에 대한 객관적 평가를 할 수 있도록 하기 위해 필요하다. 추적 검사의 경우 반드시 처음 검사와 비교하여 관심영역의 위치와 요추의 영역설정, 대퇴골의 회전 정도 등을 일관성 있게 유지한 상태에서 검사하고 판독하며, 골밀도 측정 기기의 정도관리의 중요성과 검사자의 지속적인 교육이 필요하다고 할 수 있다⁹⁾.

골다공증의 WHO 진단기준으로 이용되고 있는 T-score의 제한점은 DEXA 기종간, 제조회사별 Reference값 적용의 차이, 인종 간, 측정 부위에 따라 다르게 평가되고 있어 이를 판독하는데 문제점이 많아 논의의 대상이 되어 왔다¹⁰⁾. The international society for clinical densitometry (ISCD)의 지침에 따르면 대퇴골과 요추 두 부위에서 측정을 통상적으로 시행하고, 전후 요추 골밀도(PA L1-L4)와 대퇴골 세 부위(femoral neck, trochanter, total femur) 중에서 제일 낮은 T-score를 채택할 것을 권고하고 있다. 하지만 에스트로겐 결핍에 따른 골 소실이 해면골에 많은 영향을 미치므로 ward's 삼각이 좋은 정보를 제공해 줄 수 있으나 너무 범위가 작고 연속 측정시 정밀도가 나쁜 단점이 있어 잘 이용되지 않고 있다. Ward's area삼각은 정형외과에서 향후 대퇴골 골절예측 평가에 중요한 진단적 가치를 부여하고 있다.

요추 골밀도 검사 분석 시 정밀도에 영향을 주는 요인은 골 경계 검출 오류(bone edge detection problem)와 요추번호지정(vetebra labeling)에 의한 오류가 가장 크다고 할 수 있다. 검사자의 숙련도와 관련 있는 부분으로 척추 구분이 어렵다면 예전에 촬영된 영상의 척추 모양으로 구분하거나, 일반 X-선 촬영 영상을 가지고 구분하여 정확한 위치를 분석해야 오류를 줄일 수 있다¹¹⁾. 골 경계 검출 오류는 골밀도가 매우 낮고 분석 소프트웨어가 뼈와 조직을 구분하지 못할 만큼 X선 흡수율의 차이가 적어서 발생한다¹²⁾. 이런 경우 검사자는 bone point를 수정해서 분석할지, 아니면 bone point의 수정 없이 분석할지 결정하고 일관성 있게 분석해야 한다.

현재 요추의 골밀도 측정의 경우는 척추와 척추 사이의 추간판 위치설정에서 관심영역의 오류가 발생하고, 대퇴부의 골밀도 측정 시 관심영역의 지정을 막연하게 대퇴경, 대전자부, 전자간부, Ward's area를 포함한다고 규정하고

있어서 검사자의 관심영역 설정에 따라 측정오차가 많이 발생하고 있다. 그 중 기술적 오류는 다양하며 검사 시 ROI 영역의 면적 변화에 의해서 척추와 대퇴골 검사 측정 결과 값의 변화가 유의하게 있었다⁸⁾. 본 연구에서도 대퇴부와 요추 두 부위의 측정 모두 ROI 변화에 의해 골밀도 측정값이 유의한 변화가 있어 검사자의 ROI에 의한 오차가 많다는 것을 확실히 알 수 있었다.

우리나라의 정상 골밀도치의 정확한 검사방법과 일관성 있는 ROI의 기준이 절실히 필요하다고 생각된다.

V. 결 론

빠른 속도로 초고령화 사회에 진입하고 있는 국내 현실 상 골다공증 유병률은 매우 높아질 것이 분명하고 골다공증에 의한 골절의 치료비용도 가파르게 증가할 것이다. 또한 골밀도 측정은 환자의 치료에 영향을 주는 정보를 제공하며, 폐경 후 여성의 골밀도측정은 향후 발생할 수 있는 골절의 위험도를 예견할 수 있다. 현재 임상에서 많은 종류의 골밀도측정기가 상용되고 있으며 골밀도 검사는 환자의 자세, 분석 방법, 검사자의 관심영역 설정에 따라 그 결과치가 크게 변화된다.

DEXA기종의 대퇴부 오차는 1.5-3.0%로 골밀도가 의미 있는 변화가 되려면 4.2-8.4%가 되어야 한다¹⁰⁾. 폐경 여성의 대퇴부 T-score가 평균 -2.0이라고 가정했을 경우 본 연구의 검사방법 A와 B의 오차가 표준편차 0.2만큼 차이가 난다면 측정 오차가 10%로 유의한 차이가 있다.

DEXA기종의 요추부 오차는 1.0-1.5%로 골밀도가 의미 있는 변화가 되려면 2.8-4.2%가 되어야 한다¹⁰⁾. 폐경 여성의 요추부 T-score가 평균 -3.0이라고 가정했을 경우 검사방법 A와 B의 오차가 표준편차 0.3이라고 한다면 측정 오차가 10%로 유의한 차이가 있다.

본 연구에서 ROI 최대설정 변화는 요추부에서는 T-score가 낮게 측정되어 골다공증이 심한 것으로 측정이 되었고 대퇴부 측정에서는 오히려 T-score가 높게 측정되어 골다공증이 더 없는 것으로 측정이 되었다.

이것은 요추에서는 ROI가 넓어져서 기계가 척추 뼈 외에 연부조직을 뼈로 착각하여 면적당 골밀도가 낮은 것으로 측정하였고, 대퇴골에서는 ROI가 넓어지면서 뼈가 많이 포함되어 면적당 골밀도가 높은 것으로 인식한 것이 원인이라고 생각된다.

그러므로 검사 시 환자의 정확한 자세를 유지하고, 추적 검사 환자를 분석할 때 과거 사진을 꼭 확인하여 같은 위치에 같은 관심영역을 설정하여 측정하고 분석하여야 한다.

본 연구의 결과 검사자의 기술적 지식과 일관성 있는 ROI 영역의 선택이 결과 값에 중요한 영향을 미치게 됨을 알 수 있었다. 골밀도 측정값은 기계 제조회사와 기종에 따라 다르게 나타나는 큰 문제점을 가지고 있고 또한 검사자의 ROI 설정에 따라 측정값의 변화가 크므로 같은 병원, 같은 기종의 측정기로 환자를 검사할 경우만이라도 일관성 있는 관심영역을 지정해 검사해야 정확한 추적검사가 될 것이다.

검사자의 ROI 지정에 따라서 골다공증이 될 수도 있고 골조소증이 될 수도 있기 때문이다. 이것은 환자가 골다공증 약제를 보험수가로 받을 수 있느냐 없느냐 하는 경제적인 문제에 직접적인 영향을 미치기 때문에 더 중요하다고 할 수 있다. 현재 우리나라에서는 보건복지부에서 T-score 표준편차 -2.5 이하부터 약제의 보험적용이 되기 때문이다.

참 고 문 헌

1. 김덕윤: 골밀도 측정의 올바른 임상적용, Korean J Nucl Med., 38:(4), 275-281, 2004
2. 이원정, 김노원: 폐경전, 후 여성에서 골다공증의 위험 요인과 요추와 대퇴골의 골밀도 비교분석, 방사선기술과학, 28(3), 2005
3. Hall III JW, Kennedy BJ: Idiopathic osteoporosis, Arch Int Med, 18, 448, 1991
4. Su Hewn Cho: Menopausal and osteoporosis, The Journal of the Korean Med Asso, 35(5), 587-598, 1992
5. 유명철: 골다공증의 진단과 치료의 실제, 서울의학출판사, 1-9, 1995
6. Takuo Fujita: Recent advances on osteoporosis, The Journal of Korean Society of Endocrinology, 5(2), 92-100, 1990
7. 최장석, 안기찬, 이창섭, 최종문, 김주용, 신동렬: 대퇴경부와 요추부 골밀도에 의한 골다공증 진단의 일치도, 대한척추외과학회지: 10(2), 75-81, 2003
8. 강영한, 조광호 : 이중 에너지 X선 흡수계측을 이용한 BMD 검사 시 발생할 수 있는 기술적 오류 분석, 방사선기술과학, 29(4), 229-236, 2006
9. 양승오, 함수연: 골밀도 측정법을 이용한 골다공증 치료의 경과 추적, 대한내분비 학회지, 16, 401-412, 2001
10. 김덕윤: 폐경 후 골다공증에서 골밀도 측정기의 임상적 이용, 경희의학, 17(2), 161-162, 2001
11. 김덕윤: 골다공증의 기기 진단, 경희대 내분비 연구소, 제 6회 내분비 대사질환 연수강좌, 97, 1997
12. 박윤경: 이중에너지 방사선 흡수법을 이용한 골밀도 측정시 기기간의 골밀도 값 비교와 표준화, 가톨릭대학교 대학원, 2007

• Abstract

The Study on Bone Mineral Density Measurement Error in Accordance with Change in ROI by Utilizing Dual Energy X-ray Absorptiometry

Yun Hong Lee · In-Ja Lee¹⁾ · Hyung Jin Yong²⁾

Dept. of Diagnostic Radiology Korea University Guro Hospital

Dept. of Radiology Technology, Dongnam Health College¹⁾

Dept. of Medicine Physics, The Graduate school of Bio-Medical Science Korea University²⁾

Dual Energy X-ray Absorptiometry(DEXA) is commonly used to diagnose Osteoporosis. The errors of DEXA bone density operation are caused by operator, bone mineral density meter, blood testing, patient. We focus on operator error then study about how much influence operator's region of interest(ROI) in bone testing result. During from March to July in 2011. 50 patients were selected respectively from 30, 40, 50, 60, and 70 age groups who came to Korea University Medical Center(KUMC) for their Osteoporosis treatment. A-test was performed with usually ROI and B-test was performed with most widely ROI. Then, We compare A-test and B-test for find maximum difference of T-score error which occurred operator ROI controlling.

Standard deviation of T-score of B-test showed 0,1 higher then A-test in femur neck. Standard deviation of B-test showed 0,2 higher then A-test in Ward's area which in Greater trochanter and Inter trochanter. Standard deviation of B-test showed 0,1 lower then A-test in L-1. Bone density testing about Two hundred patients results are as follow. When operator ROI was changed wider than normal ROI, bone density of femur was measured more higher but bone density of L-spine was measured more lower then normal bone density. That means, sometime DEXA bone density testing result is dependent by operator ROI controlling. This is relevant with the patient's medicine and health insurance, thus, tester always keep the size of ROI for to prevent any problem in the patient.

Key Words : Osteoporosis, ROI, T-score, measurement error