

## Analysis at Effects of Task Skills on Osteoporosis Tests

Hyeon-Jin Kim,\* Won-Tae Kim

Department of Radiological science, Kaya University

Received: January 22, 2020. Revised: February 25, 2020. Accepted: February 28, 2020

### ABSTRACT

This study was conducted to examine the kinds and the frequency of incorrect outcomes occurring depending on examiners' skills, in testing osteoporosis by using Dual Energy X-ray Absorptiometry(DXA) and improve frequently occurring errors by educating them. The results of an analysis show that the outcomes from the test of hips in patients with wrong postures or some regions with pressure fracture and degenerative changes were often included, even though they should be excluded, and that surgical instruments were also included in the analysis, though they should be excluded from resulting values. Of them, the errors most often found were those about patients' postures (n=56, 6 cases for spines and 50 cases for hips), followed by those about analytical processes (n=37, 35 cases for spines and 2 cases for hips), and then those about regions of interest (n=33, 28 cases for spines and 5 cases for hips). There were, however, no errors caused by the defectiveness of quality control.

Keywords: Bone Mineral Density, Dual-energy X-ray Absorptiometry, Osteoporosis

### I. INTRODUCTION

고령화는 전 세계적으로 진행되고 있으며, 우리나라도 지난 2000년 이후 인구의 7% 이상이 65세 이상인 고령화 사회를 거쳐 2026년이면 초 고령 사회에 도달할 것으로 예측하고 있다. 이와 같은 노인 인구의 증가는 골다공증(Osteoporosis) 및 골다공증성 골절(Osteoporotic fracture)에 높은 유병율과 사망률을 나타내게 되는데 이것은 심각한 국민 보건 문제로 인식되어야 할 것이다.<sup>[1]</sup> 대한 골 대사학회와 국민건강보험공단이 발표한 「2017 한국인 골다공증 및 골다공증성 골절 Fact sheet」 자료에 따르면 50세 이상 남성은 골다공증 발병률이 7.5%, 여성은 37%였으며 골감소증의 발생 비율은 남성 46%, 여성 48%로 나타나 2명 중 1명이 골 감소증인 것으로 보고되어졌다.<sup>[2]</sup> 골다공증은 뼈 질량의 감소와 뼈 조직의 미세구조의 변화로 뼈의 취약성이 증가되고 골절이 되기 쉬운 전신 골격계 질환으

로<sup>[3]</sup>, 특히 골다공증성 골절 중 대표적인 것으로 척추 골절을 들 수 있다. 척추 골절이 발생하면 또 다른 부위도 골절의 위험성이 증가하게 되므로 올바른 골밀도의 측정으로 골다공증성 골절의 위험도를 정확히 예측하는 것이 무엇보다 중요하다. 현재 골밀도를 측정하는 방법은 초음파 검사(quantitative ultrasonography, QUS), 정량적 전산화 단층 골밀도 검사(quantitative computed tomography, QCT), 말단골 골밀도 검사(peripheral quantitative computed tomography, pQCT), 이중에너지 방사선 흡수계측법(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA) 등이 다양하게 이용되고 있다. 그러나 초음파 검사의 경우 골다공증성 골절의 발생 예측에는 사용할 수 있지만 정밀도가 낮아서 약물치료에 대한 반응을 판단하기 어렵고, 정량적 전산화 단층 골밀도 검사의 경우 민감도가 높아 T-score 값으로 진단하면 과잉 진단을 할 수 있어 기준을  $\text{mg}/\text{cm}^3$ 로 진단해야 하며, 현재 척추 골밀도에 대한 값만 우리나라 보험에서 인정되

\* Corresponding Author: Hyeon jin Kim

E-mail: ssini98@naver.com

Tel: +82-55-330-1182

로 널리 이용되고 있지는 않다. 골다공증의 진단을 위해서 가장 보편적으로 사용되고 있는 검사법은 이중에너지 방사선 흡수계측법을 이용한 골밀도 검사이다. 이중에너지 방사선 흡수계측법은 골다공증의 진단뿐 아니라 골절 위험의 예측이나 약물치료 후 치료반응을 확인하는 데 유용하게 이용되지만 검사자의 숙련도가 결과에 영향을 줄 수 있다는 한계를 가지고 있다.<sup>[4,5]</sup> 따라서 본 연구에서는 이중에너지 방사선 흡수계측법을 이용한 골다공증 검사 시 검사자의 숙련도에 따라 발생하는 부정확한 검사결과의 종류와 빈도를 확인하고 자주 발생하는 오류에 관해서는 해당 기관의 영상의학 팀장 및 검사 담당자들에게 ISCD(International Society for Clinical Densitometry)의 기준에 맞는 스캔 및 분석이 가능하도록 교육을 시행하고자 연구를 진행하였다.

## II. MATERIAL AND METHODS

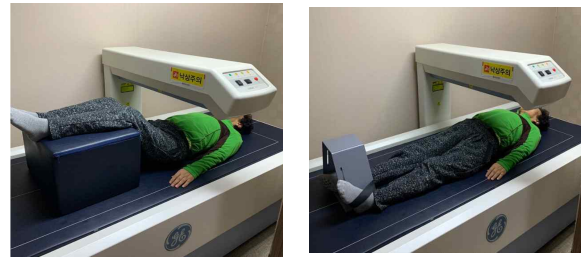
### 1. 연구 대상

부산지역 일개 의료기관에서 2019년 1~6월까지 척추와 고관절 모두 골다공증 검사를 시행한 환자의 분석 결과지 300건을 검사를 시행한 방사선사 별로 분류하여 검사자의 숙련도에 따른 검사결과의 신뢰성을 확인하고자 하였다.

### 2. 연구 및 분석 방법

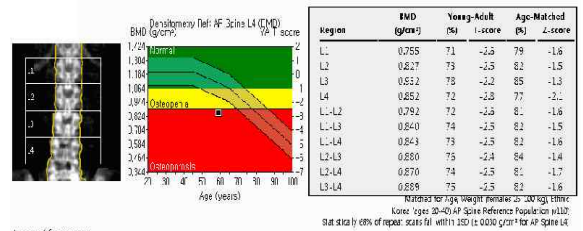
골다공증 검사에 이용된 장비는 GE사의 LUNAR (BHR-46-P) 장비이다. 이중에너지 방사선 흡수계측법을 이용한 골밀도 검사방법은 Fig. 1과 같이 환자를 검사 테이블에 눕힌 후 스캔의 과정을 거치고 Fig. 2와 같이 스캔되어진 영상의 분석을 통해 결과값을 얻게 되는데 결과 값의 산출을 위한 영상의 분석은 장비의 자동 분석방법을 통해 얻어진 결과값을 그대로 이용하거나 방사선사가 수동 분석하여 결과를 얻는 방법이 있다. 현재 임상에서 이용되는 장비들의 자동분석결과는 대체로 우수하지만 간혹 방사선사가 수동으로 분석한 것과 차이를 보이는 경우도 다수 확인할 수 있다. 임상에서는 이를 보완하기 위하여 자동분석결과를 토대로 방사선사들이 수동으로 보정을 시행하는 방법을 많이

이용하고 있는데 수동분석을 시행할 때 방사선사의 숙련도에 따라 결과의 차이가 발생할 수 있기 때문에 본 연구에서는 업무 숙련도에 차이가 나는 방사선사 세 명의 골다공증 검사 분석 결과지를 확인하고 스캔과정과 분석과정에서의 오류의 종류와 빈도를 확인하여 검사 숙련도에 따른 검사결과의 신뢰성 여부를 확인하고자 하였다.

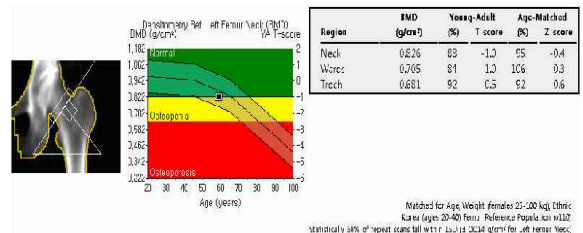


(a) L-spine scanning method (b) Hip joint scanning method

Fig. 1. Patient Position in Dual Energy X-ray Absorptiometry.



(a) L-spine analysis results



(b) Hip joint analysis results

Fig. 2. Dual Energy X-ray Absorptiometry Analysis Result.

결과 값의 측정을 위한 방법으로는 Table 1과 같이 ISCD (International Society for Clinical Densitometry)에서 제안한 기준을 적용하여 척추와 대퇴골의 스캔 시 환자의 자세가 올바른지 확인하였으며 고령으로 갈수록 퇴행성 변화나 시술로 인한 인공물의 삽입이 포함되는 경우가 많으므로 인공물 삽입이 골밀도에 미치는 영향의 정도를 주의 깊게 살펴보았다.

Table 1. The clinical image evaluation table DXA

임상 영상 평가표	
평가 항목	평가내용
L-spine	1. 척추가 영상의 가운데 위치해야한다.
	2. 척추가 일직선으로 유지되어야 한다.
	3. 양쪽의 장골능이 보이면서 12번 늑골이 나타나야 한다.
	4. 인공물은 포함되지 않아야 한다.
Hip joint	1. 검사 시 다리가 15~20° 내전 되어야한다.
	2. 소전자부는 거의 나타나지 않아야한다.
	3. 영상의 세로축에 대퇴골이 일직선으로 나타나야한다.

결과지 분석방법은 일반적으로 요추는 1번에서 4번으로 갈수록 골밀도가 증가하는 경향이 있는데 만약 위쪽 요추가 더 높은 값을 보이거나, 인접한 척추보다 T-score 값이 1 이상 높게 측정되는 경우가 부위의 오류인자를 파악하고 이 부위를 제외한 척추 값의 평균을 채택하였고 판정 가능한 요추가 하나인 경우 결과는 판정 불가로 판독하였다. 척추는 두 부위 이상의 평균값을 기준으로 하였고 고관절의 경우 근위 대퇴골(total proximal femur), 대퇴골 경부(femoral neck)를 각각 측정하여 가장 낮은 골밀도를 결과로 진단하였다.<sup>[6]</sup> 오류가 발견된 환자의 경우 기준에 맞게 분석을 하여 처음 분석된 결과 값과 비교하였다. 결과 값은 Table 2와 같이 T-score 값을 기준으로 비교하였는데<sup>[7]</sup> T-score 값은 골절에 대한 절대적인 위험도를 나타내는 지표로써 환자의 고관절 부위, 요추부 혹은 전완부(forearm) 골밀도를 측정하여 젊은 백인 성인 대조군의 정상 평균값과 비교하여 산출된 표준편차를 표기한 것이다.<sup>[8]</sup>

Table 2. Diagnosis of osteoporosis

Definition	Category
Normal	T-score $\geq$ -1.0
Osteopenia	-2.5 < T-score < -1.0
Osteoporosis	T-score $\leq$ -2.5
Severe osteoporosis	T-score $\leq$ -2.5 and fragility fracture

### III. RESULT

#### 1. 검사자의 숙련도 비교

연구를 진행한 병원의 경우 3명의 여성 방사선사가 골다공증 업무를 전담하고 있었으며 이들의 학력 및 업무 숙련도는 Table 3에 표시하였다. 편의를 위해 방사선사 세 명을 A, B, C로 구분하고 표기하였다.

Table 3. Comparison of proficiency of inspectors

	A	B	C
성별	여성	여성	여성
교육정도	대졸	대졸	전문대졸
방사선사 업무경력	2년	3년	6년
골다공증 검사경력	1년	3년	5년

#### 2. 골다공증 검사결과의 오류 분석

척추영상의 경우, 척추가 한쪽으로 기울어지지 않고 바르게 한 가운데 위치하는지, 양쪽의 장골능이 살짝 보이는지, 흉추 12번과 요추 5번이 모두 포함되었는지 확인하였다. 척추가 가운데에 위치하지 않으면, 골밀도를 분석할 때 연부조직을 보정하면서 골밀도가 달라져서 골밀도의 결과가 달라질 수 있으므로 이런 경우 환자자세 오류로 표시하였다.

Fig. 3과 같이 대퇴골의 경우 소전자(lesser trochanter)가 보일 듯 말듯하게 나온 것이 환자의 정확한 자세이므로 이 부분을 중점적으로 환자의 자세가 올바른지 평가하였으며 그렇지 않은 경우 환자자세 오류로 표시하였다. 또한 요추화 또는 천추화된 척추를 가진 환자는 방사선사가 분석할 때 척추에 번호를 잘못 붙이기 쉬우므로 이런 경우를 분석과정의 오류로 분류하여 장골능, 흉추, 요추 5번과의 관계를 확인하였으며, 골밀도를 변화시킬 수 있는 인공물(artifact)이 포함된 경우도 결과 값에 영향을 줄 수 있으므로, 인공물을 포함시켜 분석한 경우 등도 분석과정의 오류로 분류하였다. 결과분석을 위한 관심 영역(region of interest, ROI)의 표시는 일반적으로 장비가 자동으로 표시해주는데, 이때 관심 영역의 오류를 잡아주지 않으면 골밀도가 실제보다

높게 또는 낮게 나타나게 된다. 따라서 관심 영역의 오류가 있는지 확인하고 관심영역의 설정이 잘못된 경우 관심영역 오류로 표시하였다. 방사선 장비는 정기적으로 품질관리를 시행해야 하는데 품

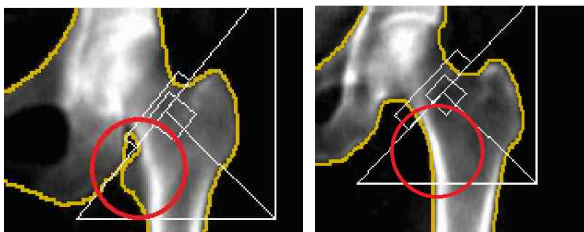
질관리의 미비로 인해서 발생하는 인공물들은 품질관리 오류로 나타내었다. 위에서 나열한 내용들을 바탕으로 분석을 시행한 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. Types of osteoporosis analysis errors

	A		B		C	
	척추	고관절	척추	고관절	척추	고관절
검사건수	115	115	90	90	95	95
환자자세	4	27	1	14	1	9
관심영역	13	3	11	1	4	1
분석과정	16	1	12	1	7	0
품질관리	0	0	0	0	0	0
오류총합	33	31	24	16	12	10
비율(%)	28.7	26.9	26.7	17.8	12.6	10.5

분석결과 오류의 내용 중 가장 많은 부분을 차지하는 것은 환자자세의 오류로 모두 56건(척추 6건, 고관절 50건)이었으며, 다음으로 분석과정의 오류 37건(척추 35건 고관절 2건), 관심영역 오류 33건(척추 28건, 고관절 5건)의 순으로 나타났으며 품질관리의 미비로 인한 오류는 발생하지 않았다.

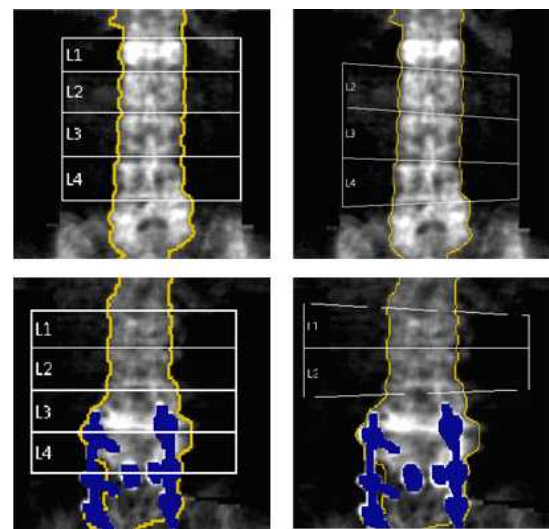
값에서 배제하여야 하지만 포함되어 분석되어진 경우가 많은 것으로 확인되었다. 그러나 T-score 값에 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 요추화 또는 천추화된 척추에서 척추의 번호를 잘못 붙이는 오류는 관찰되지 않았다.



(a) Example of the wrong patient's position (b) Examples of correct patient position

Fig. 3. Differences in results due to patient attitude errors.

가장 많은 오류의 빈도를 보인 환자자세의 오류는 척추 보다 Fig. 3과 같이 고관절에서 잘못된 환자자세로 나타나는 오류가 월등히 많은 것으로 분석되었다. 두 번째로 높게 나타난 분석과정 오류는 압박골절이나 퇴행성 변화가 있는 부위는 결과에서 배제하여야 하지만 압박골절 및 퇴행성 변화의 소견이 보이는 경우에도 결과에 포함된 경우가 많이 관찰되었으며 Fig. 4와 같이 수술기구 등도 결과

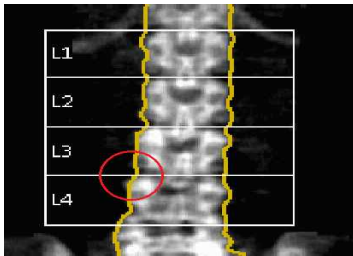


(a) Incorrect analysis method (b) Correct method of analysis

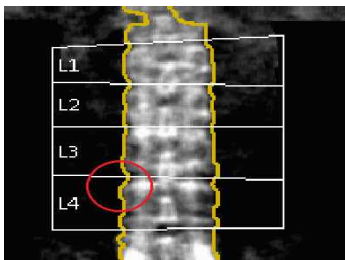
Fig. 4. Examples of errors in the analysis process.

다음은 관심영역의 오류이다. Fig. 5와 같이 관심영역의 오류는 분석과정에서 실제 뼈보다 안쪽으로 혹은 바깥쪽으로 모양과 다르게 분석되어 골밀

도에 영향을 주는 경우를 분석한 것이다. 관심영역의 오류는 주로 고관절보다 척추에서 빈도가 높은 것으로 나타났다.



(a) Example of setting an invalid region of interest



(b) Example of setting up a valid region of interest

Fig. 5. Example of Region of Interest Error.

방사선사의 업무 숙련도에 따른 오류의 비율을 살펴보았다. A의 경우 방사선사 업무경력 2년, 골다공증 검사경력 1년으로 비교대상인 세 명의 방사선사 중 가장 업무경력이 낮은 것으로 확인되었으며 척추와 고관절 각각 115건의 검사를 시행하여 이 중 척추에서는 33건(28.7%), 고관절 31건(26.9%)의 오류가 나타나 세 명의 방사선사 중 가장 오류의 빈도가 가장 높은 것으로 확인되었다. B의 경우 방사선사 업무경력 3년, 골다공증 검사경력 3년으로 척추와 고관절 각각 90건의 검사를 시행하여 이 중 척추에서는 24건(26.7%), 고관절 16건(17.8%)의 오류가 확인되었다. C의 경우 방사선사 업무경력 6년, 골다공증 검사경력 5년으로 비교대상이 되는 세 명의 방사선사 중 방사선 업무 및 골다공증 검사 업무에서 가장 숙련도가 높은 것으로 확인되었으며 척추와 고관절 각각 95건의 검사를 시행하여 이 중 척추에서는 12건(12.6%), 고관절 10건(10.5%)의 오류가 확인되어 세 명 중 가장 오류가 적은 것으로 확인되었다.

#### IV. DISCUSSION

본 연구는 이중에너지 방사선 흡수 계측법을 이용한 골다공증 검사에서 자주 발생하는 오류의 종류 및 빈도를 파악하고 검사자의 업무숙련도에 따른 검사결과의 차이를 파악하고자 진행하였다. 골밀도의 검사과정은 매우 간단해 보이지만 실제로는 여러 단계에서 오류가 발생하기 쉬우므로 이를 찾아 교정해 주어야만 정확한 골다공증을 판정할 수 있다.<sup>[9]</sup> 또한 방사선사의 숙련도에 따라 스캔과정에서의 오류나 분석과정에서의 오류 등으로 인한 결과 값의 차이가 발생할 수 있으며 방사선사의 숙련도는 정도관리 등에도 영향을 줄 수 있어 매우 중요하다.<sup>[4,5]</sup> 따라서 본 연구에서는 숙련도에 차이가 나는 방사선사 세 명의 실제 검사 결과지를 분석하여 오류의 원인과 빈도를 파악하고자 하였으며 분석 결과의 오류에 관해서는 ISCD(International Society for Clinical Densitometry)에서 제안한 올바른 환자 자세 및 스캔방법에 대한 내용을 바탕으로 해당 기관의 영상의학 팀장 및 담당자를 대상으로 교육을 진행하였다.

연구결과 방사선사들의 오류의 빈도는 숙련도에 따라 차이를 나타내고 있었으며 업무경력이 가장 낮은 방사선사가 오류의 빈도가 가장 높은 것으로 나타났고, 업무 경력이 가장 높은 방사선사가 오류의 빈도가 가장 낮은 것으로 나타났다. 그러나 학력의 차이는 결과에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 본 연구의 제한점은 일개 종합병원에서 근무하는 3명의 방사선사의 검사 분석 결과지만을 대상으로 하였기 때문에 병원에 따라 방사선사들의 교육정도의 차이가 발생할 수 있고 개인적인 역량의 차이가 발생할 수 있다는 점이다. 대부분의 방사선사들은 개인의 업무능력의 증진과 역량 강화를 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 따라서 본 연구 결과만으로 숙련도가 낮은 방사선사의 검사결과를 믿을 수 없다고 판단하는 것은 잘못된 것일 것이다. 그러나 숙련도가 낮은 방사선사라고 하더라도 교육을 통하여 정확한 검사를 시행하고 정확한 결과를 얻을 수 있기 때문에 교육이 무엇보다 중요하리라 생각되어진다.

## V. CONCLUSION

골밀도의 정확한 예측과 진단을 위해서는 검사 과정에서 발생할 수 있는 여러 오류를 줄이는 것이 무엇보다 중요하다. 검사의 결과에 대한 오류가 발생하는 가장 큰 책임은 검사를 시행하는 방사선사에게 있다고 할 수 있다. 정확한 결과를 위해서는 반드시 정확한 검사가 이루어져야 하는데 이를 간과하고 검사를 시행하는 과정에서부터 오류가 빈번하게 발생되고 있으며 검사 결과를 분석하는 과정에서도 장비에서 제공하는 검사결과를 너무 신뢰하여 잘못된 결과임에도 그대로 임상에 제공하는 경우가 발생하고 있다. 따라서 기관에서는 검사를 시행하는 방사선사들을 대상으로 올바른 검사 방법 및 분석방법에 대한 교육을 정기적으로 시행하여야 하며 검사 담당자를 두 명 정도로 제한하여 검사자에 따른 결과의 차이가 발생하지 않도록 하여야 한다. 또한 이전에 검사 받은 이력이 있는 환자의 경우 이전 검사결과지를 반드시 확인하고 검사 및 분석을 시행하는 것이 중요하며 무엇보다 검사 매뉴얼을 구비하고 있는 것이 가장 중요하리라 사료되어진다.

## Reference

- [1] K. L. Hellekson, "NIH Releases Statement on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy," *American Family Physician*, Vol. 66, No. 1, pp. 161-162, 2002.
- [2] Korean Society for Bone and Mineral Research, "Korean Osteoporosis and Osteoporotic fracture Fact Sheet", *Healthcare Costs of Osteoporotic Fracture in Korea*, 2017.
- [3] L. J. Melton, E. J. Atkinson, W. M. O'Fallon, "Long-term fracture prediction by bone mineral assessed at different skeletal sites Japanese society for Bone mineral Research," *Journal of Bone and Mineral Research*, Vol. 8, No. 10, pp. 1227-1233
- [4] N. B. Watts, "Fundamentals and pitfalls of bone densitometry using dual-energy X-ray absorptiometry(DXA)," *Osteoporosis International*, Vol. 15, No. 11, pp. 847-854, 2004.

- [5] C. Messina, M. Bandirali, L. M. Sconfienza, N. K. D'Alonzo, G. D. Leo, G. D. Sardanelli, "Prevalence and type of errors in dual-energy X-ray absorptiometry," *European Radiology*, Vol. 25, No. 5, pp 1504-1515, 2015.
- [6] J. A. Kanis, L. J. 3rd Melton, C. Christiansen, C. C. Johnston, N. Khaltsev "The diagnosis of osteoporosis," *Journal of Bone and Mineral Research*, Vol. 9, pp 1137-1141, 1994.
- [7] WHO Study Group, "Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis," *Report of a WHO Study Group*, Vol. 843, pp 1-129, 1994.
- [8] E. S. Leib, L. Lenchik, J. P. Bilezikian, M. J. Maricic, N. B. Watts, "Position statements of the international society for clinical densitometry: methodology," *Journal of Clinical Densitometry*, Vol. 5, No. 3, pp. 5-10, 2002.
- [9] B. T. Kim, S. H. Lee, "Diagnostic Approach to Osteoporosis: Interpretation of Bone Density Measurement," *Korean Journal of Family Practice*, Vol. 3, pp. 6-15, 2013.

## 업무 숙련도가 골다공증 검사에 미치는 영향 분석

김현진,\* 김원태

가야대학교 방사선학과

### 요 약

본 연구에서는 이중에너지 방사선 흡수계측법을 이용한 골다공증 검사 시 검사자의 숙련도에 따라 발생하는 부정확한 검사결과의 종류와 빈도를 확인하고 자주 발생하는 오류에 관해서는 교육을 통하여 개선이 가능하도록 하고자 연구를 진행하였다. 분석결과 주로 고관절 검사에서 잘못된 환자자세로 검사하거나 압박골절이나 퇴행성 변화가 있는 부위는 결과에서 배제하여야 하지만 압박골절 및 퇴행성 변화의 소견이 보이는 경우에도 결과에 포함된 경우가 많이 관찰되었으며 수술기구 등도 결과 값에서 배제하여야 하지만 포함되어 분석되어진 경우가 많은 것으로 확인되었다. 오류의 내용 중 가장 많은 부분을 차지하는 것은 환자자세의 오류로 모두 56건(척추 6건, 고관절 50건)이었으며, 다음으로 분석과정의 오류 37건(척추 35건 고관절 2건), 관심영역 오류 33건(척추 28건, 고관절 5건)의 순으로 나타났으며 품질관리의 미비로 인한 오류는 발생하지 않았다.

중심단어: 골밀도, 골다공증 검사, 이중에너지흡수계측법

### 연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김현진	가야대학교 방사선학과	교수
(교신저자)	김원태	가야대학교 방사선학과	교수