Journal of Radiation Industry 11(4) : 283~289(2017)

수도권 지역 병원에서 이중에너지 X-선 흡수측정법(DXA)을 이용한 골밀도측정기 및 검사자의 정도관리에 관한 연구

김 호 성[1,*]

[1]신한대학교 방사선학과

Research on the Bone Mineral Densitometer Quality Control and the Precision Test of Radio-Technologists by Dual Energy X-ray Absorptiometry (DXA) at Metropolitan Area Hospital

Ho Sung Kim[1,*]

[1]*Department of Radiological science, Shinhan university, 95, Hoam-ro, Uijeongbu, Gyeonggi 11644, Republic of Korea*

Abstract - The study attempted to investigate and improve the quality and precision of using dual energy X-ray absortiometry for osteoporosis. The study conducted an online questionnaire fares well in terms of a daily quality control, however, there are cases where the observation shows an infeasibility for the management of weekly or monthly control methods. There are also no means of controlling the abnormalities. In addition, the precise measurement of the examiner's accuracy is often recognized, but few cases were not performed and implemented. The reason was being unaware of the application, difficult to measure, lack of time, and lack of quality control education. Thus, it is judged that the accuracy of the dual energy x-ray absorber and the quality control guideline system will be a reliable examination, as well as the precision test.

Key words : BMD, DXA, Precision test, Accuracy, Quality control

서 론

골다공증을 예방하기 위해서는 먼저 자신의 골밀도를 확인하는 것이 우선이다. 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 유용하다. 하지만 Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) 검사는 여러 인자가 정확도에 영향을 줄 수 있다(Table 1). DXA의 정확오차는 일부가 정밀 오차의 원인이 되기 때문에 피검자, 검사자, 골밀도측정기의 세 가지 요인으로 구분하여 관리하여야 한다. 그 중에 피검자의 요인을 제외한 검사자의 정밀오차 즉, 검사자의 측정자세 및 분석방법에 관한 검사자 정도관리법과 골밀도 측정기기의 정도관리 방법을 중심으로 정도관리 실태를 파악하여 문제점을 찾아 해결방안을 확인하고 정도관리 방법을 제안함으로써 이를 통해 방사선사들의 DXA를 이용한 골밀도 검사에 관한 인식을 개선시키고 지식을 증진시켜 검사의 신뢰도를 높이는 것으로 궁극적인 국민의 건강과 삶의 질 향상에 기여할 수 있는 초석을 마련하려고 한다. 현재 골다공증의 진단에는 여러 종류의 골밀도 측정기가 사용되고

* Corresponding author: Ho Sung Kim, Tel. +82-31-870-3418, Fax. +82-31-870-3419, E-mail. hskimsh@shinhan.ac.kr

Table 1. Accuracy errors of dual energy x-ray absorptiometry

Intrinsic	Extrinsic	Clinical cause
Variations of soft tissue	Normal database	Vertebral deformity
Patient positioning	Calibration	Osteomalacia
Edge detection of region of interest		Osteoarthritis Scoliosis Obesity Ascites Operation

있지만 본 논문에서는 표준검사로 인정되고 있는 이중 에너지 엑스레이 흡수기(Dual Energy X-ray Absorptiometry: DXA)를 중심으로 올바른 정도관리에 실태에 대하여 알아보고자 한다.

연 구 방 법

1. 조사방법 및 대상

연구의 대상은 2017년 국내 수도권 병원(서울, 경기, 인천)을 중심을 DXA 장치를 사용하는 시설 2,481개의 의료기관(1차, 2차 3차)을 대상으로 하였다. 선정기준은 최소한 개 이상의 DXA기기를 보유하고 있는 기관으로 무작위로 선정하여 검사에 투여된 방사선사 전원에게 설문하였다. 설문기간은 2017년 8월 1일부터 2017년 8월 31일까지 한 달 동안 34개 문항으로 구성된 설문서를 Online (NAVER Office)으로 배포하여 100개 병원 200명의 방사선사에게 배포하여 22%의 응답률인 44명의 방사선사에게 회신을 받아 분석하였으며, 기술 통계 분석은 SPSS (Ver. 18, IBM corp, USA)를 이용하였다.

2. 설문내용

설문의 내용은 일반적인 사항 6문항, 업무형태 6문항, 골밀도 기기의 정도관리 12문항, 골밀도 기기 사용을 위한 검사자(방사선사)의 정도관리 7문항, 골밀도 측정과 관련된 전반적인 교육 3문항으로 구성하였다. 각 문항에 대한 내용은 Table 2와 같다.

Table 2. The contents of survey

Categorization	Contents
Basic information	Sex Classification of hospitals Clinical career experience Working experience of DXA Number of weekly DXA tests Place of work
Type of work	Cycle of work Working style The main work The presence of additional duty Types of BMD tests Pre-treatment of BMD tests
DXA QC	DXA Devices Company Number of DXA devices Do you know the DXA Daily QC method? Did you DXA Daily QC? Do you know the DXA Monthly QC method? Did you DXA Monthly QC? What are the phantoms for QC? Do you know how to analyze DXA QC? What is DXA QC analysis method? Do you know about cross-calibration? Did you cross-calibration? Do you have a DXA usage guide? Is the user's manual for the DXA scan?
User precision tests	How many radio-Technologists are available for DXA testing? How many radio-Technologists can DXA tests and results analysis? Do you know the Precision test of the radio-Technologists for DXA use? Do you conduct a precision test for the use of DXA? Statistical confidence interval of the least significant change? Is the user's manual for the Precision test?
Education	Have you been trained in DXA Scan and QC? Is there a need for training in DXA Scan and QC? Do you think to attend the training DXA Scan and QC?

결 과

전체 유효 응답 기관 30개 병원 200명의 방사선사에게 배포하여 회신된 기관은 3차병원 31명(70%), 2차병원 10명(22%), 1차병원 3명(6%)으로 응답하였다. 검사를 시행하는 방사선사의 남녀 비율은 남자 20명(45%), 여자 24명(55%)이었고, 임상근무 경력은 5년 미만이 5명(11%), 5년~10년 미만이 10명(22%), 10년~15년 미만이 7명(15%), 15년~20년 미만이 7명(15%), 20년 이상이 15명(34%)인데 반하여 골밀도 검사 근무 경력은 3개월 미만이 2명(4%), 3개월~16개월 미만이 1명(2%), 6개월~12개월 미만이 3명(6%), 12개월~24개월 미만이 8명(18%), 24개월 이상이 30명(68%)으로 1년 이상 골밀도 검사를 하는 방사선사 모두 38명(86%)이었다. 주간 검사 건수는 3차 의료기관의 경우 30명의 응답자에서 100건 이상인 경우가 19명(64%), 100건 미만인 경우가(11명) 36%, 2차 병원의 10명의 응답자에서 50건 이상인 경우와 이하인 경우가 5명(20%)으로 동일하며 1차 병원의 경우는 3명의 응답자 모두 50건 미만으로 응답하였다. 근무하는 파트가 소속은 영상의학과가 29명

(65%), 핵의학과 9명(20%), 건강검진 6명(13%), 기타 2명(4%)으로 기타의 경우는 3차 의료기관의 내분비내과였다. 업무형태를 묻는 설문 응답에서 업무순환의 주기는 6개월 미만이 5명(11%), 12개월 미만이 6명(13%), 18개월 미만이 3명(6%), 18개월 이상이 11명(25%), 업무순환이 없는 경우가 15명(34%), 기타의 경우가 4명(9%)으로 기타의 경우에는 유동적인 경우와 부분적인 시행이라고 응답하였다. 골밀도 검사의 근무 형태는 종일근무 인 경우가 37명(84%)이었고 오전, 오후에 선택적으로 근무하는 경우가 6명(13%), 휴가자 대체 근무 4명(9%), 기타인 경우 1명(2%)으로 일반촬영, 유방촬영과 같이 병행하여 근무한다고 응답하였다. 그리고 골밀도검사에서 담당하는 업무영역은 검사와 결과분석 및 판독까지 한다고 응답한 경우는 5명(11%), 검사와 결과분석만 한다고 응답한 경우는 31명(70%), 검사만 진행한다고 응답한 경우는 3명(20%)이었다. 골밀도 검사의 종류의 경우 복수응답으로 L-Spine은 44명(100%), Femur 43명(97%), Forearm 12명(27%), Wholebody bone density 14명(31%), Body composition 10명(22%), Vertebral fracture assessments (VFA) 2명(4%), Trabecular bone score 4명(9%), Animal BMD 3명(6%)으로 응답하였다. 골밀도 전 전처치의 여부를 묻는 질문에서도 복수 응답으로 키 측정과 몸무게 측정 및 최근 검사의 확인이 39명의 응답으로 88%였고 액세서리 유무확인 35명(79%), 약물복용확인(칼슘제제 등) 7명(15%), 최근 6개월 내의 몸무게 변화 4명(9%)이었고 기타로 응답한 경우는 4명(9%)으로 확인하지 않는다고 응답하였다. 다음은 골밀도 기기의 정도관리에 관한 설문으로 골밀도 기기는 어느 회사의 장비냐는 질문에서 GE 22명(50%), HOLOGIC 18명(40%)과 기타 6명(13%)으로 기타에는 국산장비 비엠텍(Osteo Pro, Osteo six), Osteosys (DEXXUM T)등이 있다고 응답했다. 응답자의 병원에 골밀도 기기의 보유수는 1대 13명(29%), 2대 15명(34%), 3대 11명 (25%), 4대 2명(4%), 기타 5명(11%)으로 기타의 경우는 검진이나 핵의학과 및 영상의학과로 분산되어 있는 경우로 응답했다. 그리고 DXA 기기의 일일 정도관리 방법의 인지 유무를 묻는 설문에서는 '알고 있다'는 응답이 40명으로 90%였고 '모른다'는 응답이 4명(9%)이었다. DXA 기기의 일일 정도관리는 매일 진행되는가의 질문에서는 40명(90%)의 응답에서 매일 진행된다는 응답을 하였고, 10%인 5명의 '아니다'라는 응답에는 3일 간격이나 한 달에 한번 한다고 응답했다(Fig. 1).

월간 정도관리 방법에 대하여 인지하고 있는지에 대한 설문에서는 '알고 있다'는 응답이 25명(57%), '모른다'는 응답 19명(43%)이었고 '월간 정도관리가 진행되고 있나?'라는 설문에서 '진행된다'고 응답한 경우가 23명(52%), '아니다'라는 응답이 21명(48%)으로 월간 정도관리 방법을 알지만 하지 않는 경우도 16%인 것으로 응답하였다(Fig. 2). 월간정도관리가 진행되지 않는 이유는 시간부족과 내용을 모른다는 응답이 주류를 이루었다. 정도관리에 필요한 팬텀의 보유는 교차보정에 필요한 팬텀인 European spine phantom이 3명(6%), Bona fide spine phantom이 1명(2%)이었고, 기기의 일일 또는 월간 정도관리에 필요한 팬텀인 HOLOGIC anthropomorphic phantom 18명(40%), GE Al spine phantom 14명(31%), GE Block phantom 19명(43%)이었고 '없다'는 답변이 3명(6%)이었다. 월간 정도관리 후 분석방법의 인지 유무에 대한 설문에서는 알고 있는 경우가 19명(43%), 모르는 경우가 25명(57%)이었고, '알고 있다'고 답한 19명의 경우 정도관리 분석법에 사용한 방법은 슈월트차트 12명(48%), 큐섬차트 6명(24%), 둘 다 사용한다는 1명(4%)이며 어떤 것을 사용할지 모른다는 응답이 6명(24%)이었다. 그리고 두 대 이상의 경우나 장비의 교체 시 교차보정에 대한 인지여부를 묻는 설문에는 알고 있는 경우가 21명(47%), '모른다'는 경우가 23명(53%)이었고, 아는 경우의 교차보정 시행여부는 '시행하였다'는 응답이 12명(57%), '아니다'라는 응답이 9명(43%)이었다. 아니다 라는 답변에는 2대의 기기가 건진과 영상의학과에 분리되어서 시행 못한 경우와

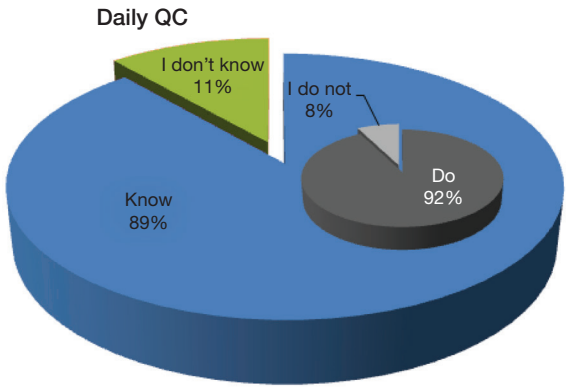

Fig. 1. Do you know the DXA Daily QC method? & Did you DXA Daily QC?

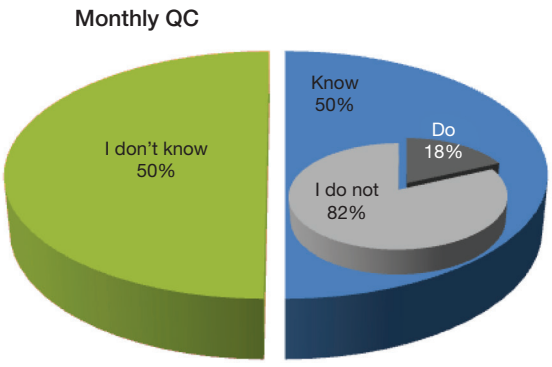

Fig. 2. Do you know the DXA Monthly QC method? & Did you DXA Monthly QC?

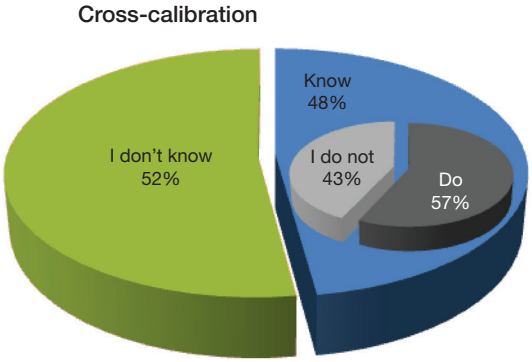

Fig. 3. Do you know about cross-calibration? & Did you cross calibration?

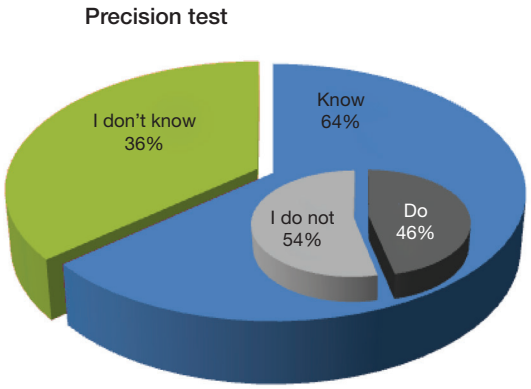

Fig. 4. Do you know the Precision test of the radio-Technologists for DXA use? & Do you conduct a precision test for the use of DXA?

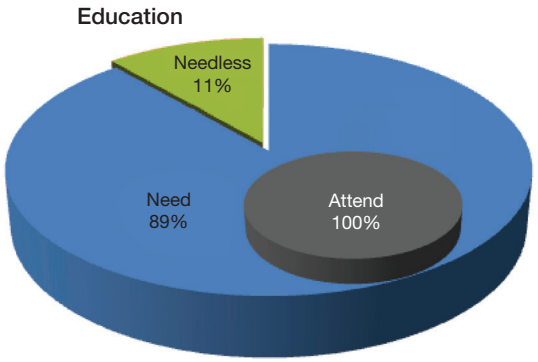

Fig. 5. Is there a need for training in DXA Scan and QC? & Do you think to attend the training DXA Scan and QC?

시간이 없어서 진행 못한 경우 및 시행은 하였으나 적용을 안 하고 같은 장비에서 F/U을 하는 경우가 2명에게서 응답되었다(Fig. 3).

장비 정도관리의 마지막 질문인 기기 정도관리 지침서의 보유여부는 '있다'가 27명(61%), '없다'가 17명(39%)으로 응답하였다. DXA 사용을 위한 검사자(방사선사)의 정도관리를 묻는 설문에서 DXA 검사에 투여된 방사선사의 수는 1명이라고 응답한 경우가 10명(22%), 두 명이라고 응답한 경우가 6명(13%), 3명이라고 응답한 경우 10명(22%), 4명이라고 응답한 경우가 8명(18%), 기타 11명(25%)으로 응답하였고 기타의 경우는 5명 이상이었다. DXA 검사 및 결과분석이 가능한 방사선사의 수를 묻는 설문에서는 1명이라고 응답한 경우가 6명(13%), 두 명이라고 응답한 경우가 4명(9%), 3명이라고 응답한 경우 6명(13%), 4명이라고 응답한 경우가 8명(18%)이며 기타 21명(47%)으로 응답하였고, 기타의 경우는 검사 경험이 있는 방사선사의 수를 응답하였다. 따라서 검사 및 결과분석에 투여된 방사선사 중에서 검사만 진행하고 결과분석을 하지 않는 비율도 높은 것을 알 수 있다. 검사자의 정도관리방법의 인지유무에서는 '알고 있다'고 응답한 경우가 29명(65%), '모른다'라고 응답한 경우가 15명(35%)이었고, 검사자의 정도관리 시행여부는 '예'라고 응답한 경우가 15명(34%), '아니오'라고 응답한 경우가 23명(52%), 기타가 6명(14%)으로 기타의 경우는 검사자 정도관리의 내용을 모르는 경우에 해당하며. '아니오'라고 응답한 경우는 시간부족과 여건상의 어려움이 있다는 응답을 하였다(Fig. 4).

검사자 정도관리를 한다고 응답한 15명의 경우 최소한의 의미있는 변화(Least Significant Change: LSC)의 통계 신뢰구간을 묻는 설문에 95% 13명(86%), 90% 1명(12%), 80% 1명(12%)으로 응답하였고 검사자 정도관리 재시행 기간을 묻는 설문에서 12개월이 6명(40%), 24개월이 3명(20%), 시행하지 않는다는 응답은 6명(40%)이었다. 마지막으로 검사자 정도관리에 대한 지침서가 있느냐는 설문에 '예'라고 응답한 경우는 20명(45%), '아니오'라고 응답한 경우는 24명(55%)이었다. 다음은 골밀도 측정과 정도관리에 필요한 교육에 관한 설문으로 이와 관련된 교육을 받은 경험이 있는가라는 설문에 '예'라고 응답한 경우는 23명(52%), '아니오'라고 응답한 경우는 21명(48%)이었고, 교육의 필요성에 관한 설문에서는 '예'라고 응답한 경우는 40명(90%), '아니오'라고 응답한 경우는 4명(10%)이었으며, 관련교육이 있다면 참석하실 의향이 있냐는 질문에서도 '예'라고 응답한 경우는 40명(90%), '아니오'라고 응답한 경우는 4명(10%)이었다(Fig. 5).

마지막으로 병원 형태와 장비회사에 따른 차이가 있는지를 알아보기 위해 교차분석을 시행하였다. 먼저 병원 형태에 따른 교차보정에서는 군이 적은 1, 2차 병원과 3차 병원간의 비교를 Pearson Chi-squared test로 분석하였으며 결과는 일일 정도관리와 교차보정에서만 차이가 있었다 ($p<0.05$) (Tables 3~6).

또한 장비회사에 따른 교차분석에서는 국산 장비와 외산 장비 간의 비교를 Pearson Chi-squared test로 분석하였으며

Table 3. Daily phantom test cross table

			Daily phantom test		Total
			Yes	No	
Hospital type	Primary secondary	Frequency	9	4	13
		Daily phantom test%	22.5%	100.0%	29.5%
	General	Frequency	31	0	31
		Daily phantom test%	77.5%	.0%	70.5%
Total		Frequency	40	4	44
		Daily phantom test%	100.0%	100.0%	100.0%

Table 4. Daily phantom test Chi-square test

	Value	Degree of freedom	Probability of asymptotic significance (both sides)	Accurate significance (both sides)	Accurate significance (one-sided test)
Pearson Chi-square	10.492[a]	1	.001		
Continuous correction[b]	7.100	1	.008		
Likelihood ratio	10.760	1	.001		
Fisher's exact test				.005	.005
Linear vs. linear combination	10.254	1	.001		
Effective cases	44				

[a]2 cells (50.0%) are cells with an expected frequency less than 5. The minimum expected frequency is 1.18.
[b]Calculated only for 2×2 tables.

Table 5. Cross-calibration test cross table

			Cross-Calibration		Total
			Yes	No	
Hospital type	Primary secondary	Frequency	2	11	13
		Cross-Calibration%	10.5%	44.0%	29.5%
	General	Frequency	20	11	31
		Cross-Calibration%	89.5%	56.0%	70.5%
Total		Frequency	22	22	44
		Cross-Calibration%	100.0%	100.0%	100.0%

Table 6. Cross-calibration test Chi-square test

	value	Degree of freedom	Probability of asymptotic significance (both sides)	Accurate significance (both sides)	Accurate significance (one-sided test)
Pearson Chi-square	8.844[a]	1	.003		
Continuous correction[b]	6.988	1	.008		
Likelihood ratio	9.510	1	.002		
Fisher's exact test				.007	.003
Linear vs. linear combination	8.643	1	.003		
Effective cases	44				

[a]0 cells (.0%) are cells with an expected frequency less than 5. The minimum expected frequency is 6.50.
[b]Calculated only for 2×2 tables.

결과는 일일정도관리의 시행과 교육프로그램의 필요성, 교육프로그램의 참석 여부에서 차이가 있음을 알 수 있었다($p<0.05$) (Tables 7~12). 그리고 설문의 신뢰도를 평가한 크론바흐 알파계수(Cronbach's alpha coefficient)는 0.704였다.

고 찰

DXA측정기는 골다공증 진단에 가장 많이 사용되고 있는 표준 측정법으로 국제임상골밀도협회(International Society

Table 7. Daily phantom test cross table

			Daily phantom test		Total
			1.00	2.00	
Equipment company	Korea	Frequency Daily phantom test%	2 5.0%	4 100.0%	6 13.6%
	A	Frequency Daily phantom test%	20 50.0%	0 .0%	20 45.5%
	B	Frequency Daily phantom test%	18 45.0%	0 .0%	18 40.9%
Total		Frequency Daily phantom test%	40 100.0%	4 100.0%	44 100.0%

Table 8. Daily phantom test Chi-square test

	Value	Degree of freedom	Probability of asymptotic significance (both sides)
Pearson Chi-square	10.492[a]	2	.000
Likelihood ratio	10.760	2	.000
Linear vs. linear combination	10.254	1	.000
Effective cases	44		

[a]3 cells (50.0%) are cells with an expected frequency less than 5. The minimum expected frequency is .55.

Table 9. Training program needs cross table

			Training program		Total
			Yes	No	
Equipment company	Korea	Frequency Training%	4 9.5%	2 100.0%	6 13.6%
	A	Frequency Training%	20 47.6%	0 .0%	20 45.5%
	B	Frequency Training%	18 42.9%	0 .0%	18 40.9%
Total		Frequency Training%	42 100.0%	2 100.0%	44 100.0%

Table 10. Training program needs Chi-square test

	Value	Degree of freedom	Probability of asymptotic significance (both sides)
Pearson Chi-square	6.087[a]	2	.048
Likelihood ratio	6.166	2	.046
Linear vs. linear combination	5.450	1	.020
Effective cases	44		

[a]3 cells (50.0%) are cells with an expected frequency less than 5. The minimum expected frequency is .55.

Table 11. Attend training program cross table

			Attend training program		Total
			1.00	2.00	
Equipment company	Korea	Frequency Attend training%	2 5.0%	4 100.0%	6 13.6%
	A	Frequency Attend training%	20 50.0%	0 .0%	20 45.5%
	B	Frequency Attend training%	18 45.0%	0 .0%	18 40.9%
Total		Frequency Attend training%	40 100.0%	4 100.0%	44 100.0%

Table 12. Attend training program Chi-square test

	Value	Degree of freedom	Probability of asymptotic significance (both sides)
Pearson Chi-square	13.270[a]	2	.001
Likelihood ratio	8.634	2	.013
Linear vs. linear combination	7.041	1	.008
Effective cases	44		

[a]3 cells (50.0%) are cells with an expected frequency less than 5. The minimum expected frequency is .27.

for clinical densitometry: ISCD)에서는 DXA 측정에 있어 엄격한 품질관리를 요구하고 있다. 이는 골밀도 측정이 나이에 따른 변화나 약물치료의 효과에 최소한의 변화를 보고자 하는 검사의 특성 때문이다. 따라서 검사 오차를 줄이기 위한 방법으로 검사자의 특성에 따른 검사기술과 결과분석에서의 재현성 및 측정 장비의 종류 및 방식에 따른 오류의 경향을 위하여 정도관리가 반드시 필요하다. 본 연구에서는 병원에 따른 통계가 아닌 방사선사 개개인으로 설문을 한 이유는 같은 병원에서 근무하면서도 검사자의 근무 환경이나 근무 특성 및 병원의 사정으로 인하여 골밀도검사실 근무자 개개인의 차이가 발생하기 때문이며 이 같은 차이를 개개인으로 분석하여 검사자의 특성에 따른 변화를 보기 위함이며 또한 기본적으로 지켜져야 할 권고사항을 병원단위로 한정지어 안내하거나 교육을 한다는 것은 병원의 특성상 어려울 것으로 판단하여 개개인의 단위로 쪼개어 부서의 이

동이나 병원의 이직으로 인한 경우에도 적용을 할 수 있게 한다면 지속적인 관리가 이루어질 것으로 판단하였다. 아쉬운 점은 병원단위로 함께 조사하지 못하여 병원 특성에 따른 분류가 없었다. 다만 병원의 분류는 1차, 2차 3차 병원으로 구분하였다. 또한 3차병원의 경우 응답률은 45%, 2차병원의 경우 16%, 1차병원의 경우 4% 정도로 상급병원에서 높은 응답률을 보였다. 그리고 설문에 응답하지 못한 병원의 대다수에게서 설문의 내용을 모른다거나 어렵다는 답변을 받아 정도관리에 관련된 교육이나 자료의 배포가 시급한 것으로 조사되었다.

결 론

국내에서는 DXA를 이용하여 골밀도를 측정하는 방사선사는 정도관리에 관한 사항을 숙지하고 ISCD에서 권고하는 사항을 잘 이행해야 하지만 본 논문에서 응답된 내용은 장비에 있어 일일 정도관리가 미흡한 경우가 10%였고, 월간 정도관리에서도 시행되지 않는 비율이 48%로 높게 응답되었다. 교차보정의 경우도 50% 이상에서 모른다고 하였기 때문에 대책마련이 시급하다. 또한 검사자의 정도관리에서도 방법을 모르는 경우가 35%, 알지만 시행을 안 하는 경우가 52%로 반 이상이 정도관리를 시행하지 않은 상태로 검사가 진행되고 있었다. 그리고 교육의 필요성과 참여 여부를 묻는 설문에 90% 이상이 교육이 필요하며 참여를 원한다고 응답하여 교육의 중요성을 확인하였다. 따라서 DXA 골밀도측정의 정확도를 높이기 위해서는 골밀도 측정의 정도관리지침서 개발이 시급하며 그에 따른 교육의 기회를 확충하여 국민건강의 증진을 위한 노력이 필요할 것이라고 판단된다.

사 사

본 연구는 2017년 신한대학교의 재원으로 연구 활동비 지원을 받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

강영한, 조광호. 2006. 이중 에너지 X선 흡수계측을 이용한 BMD 검사 시 발생할 수 있는 기술적 오류 분석. *방사선기술과학*. **29**(4):229-236.

김덕윤. 2004. 골밀도 측정의 올바른 임상적용. *대한핵의학회.* **38**(4):275-281.

Bonnick SL. 2010. Bone Densitometry in Clinical Practice: Application and Interpretation. Humana, New York, NY.

Bonnick SL and Lewis LA. 2013. Bone Densitometry for Technologists. Springer, New York, NY.

Faulkner KG, von Stetten E and Miller P. 1999. Discordance in patient classification using T-scores. *J. Clin. Densitom.* **2**: 343-350.

Hamdy RC, Petak SM and Lenchik L. 2002. Which central dual X-ray absorptiometry skeletal sites and regions of interest should be used to determine the diagnosis of osteoporosis?. *J. Clin. Densitom.* **5**:8-11.

Khan AA, Hanley DA, Jankowski LG, Josse RG, Kendler DL, Lentle B, Leslie WD, Lewiecki EM, O'neill E, Robertson S, Syed ZA, Tanner SB and Webster D. 2007. Standards and guidelines for technologists performing central dual-energy X-ray absorptiometry. *J. Clin. Densitom.* **10**:189-195.

Messina C, Bandirali M, Sconfienza LM, D'Alonzo NK, Di Leo G, Papini GD, Ulivieri FM and Sardanelli F. 2015. Prevalence and type of errors in dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur. Radiol.* **25**:1504-1511.

Moayyeri A, Soltani A, Tabari NK, Sadatsafavi M, Hossein-Neghad A, Soltani AA, Tabari NK, Sadatsafavi M, Hossein-neghad A and Larijani B. 2005. Discordance in diagnosis of osteoporosis using spine and hip bone densitometry. *BMC Endocr. Disord.* **5**:3

O'Gradaigh D, Debiram I, Love S, Richards HK and Compston JE. 2003. A prospective study of discordance in diagnosis of osteoporosis using spine and proximal femur bone densitometry. *Osteoporos. Int.* **14**:8-13.

Pearson D and Cawte SA. 1997. Long-term quality control of DXA: a comparison of Shewhart rules and Cusum charts. *Osteoporos. Int.* **7**:338-343.

Shepherd JA, Lu Y, Wilson K, Fuerst T, Genant H, Hangartner TN, Wilson C, Hans D and Leib ES. 2006. Cross-calibration and minimum precision standards for dual-energy X-ray absorptiometry: the 2005 ISCD official positions. *J. Clin. Densitom.* **9**:31-36.

Watts NB. 2004. Fundamentals and pitfalls of bone densitometry using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Osteoporos. Int.* **15**:847-854.

Woodson G. 2000. Dual X-ray absorptiometry T-score concordance and discordance between the hip and spine measurement sites. *J. Clin. Densitom.* **3**:319-324.

Received: 13 November 2017
Revised: 1 December 2017
Revision accepted: 18 December 2017