Journal of Radiation Industry 12(4) : 317~324(2018)

이중에너지엑스선흡수기(Dual energy X-ray Absorptiometry: DXA)를 이용한 골밀도검사 결과분석에서 수동분석법의 유용성 평가

김은혜[1] · 곽종길[2,3] · 김호성[4,*]

[1]서울아산병원 핵의학과, [2]동신대학교 보건의료학과, [3]KS병원 종합건진센터, [4]신한대학교 방사선학과

Usefulness of Manual Analysis of Bone Mineral Density Using Dual Energy X-ray Absorptiometry

Eun Hye Kim[1], Jong Gil Kwak[2,3] and Ho Sung Kim[4,*]

[1]*Department of Nuclear Medicine, Asan Medical Center, 88, Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 05505, Republic of Korea*
[2]*Dpartment of Public Health and Medicine, Dongshin University Graduate School, 185, Geonjae-ro, Naju-si, Jeollanam-do 58245, Republic of Korea*
[3]*Comprehensive medical examination center, KS Hospital, 220, Wangbeodeul-ro, Gwangsan-gu, Gwangju 62248, Republic of Korea*
[4]*Department of Radiological Science, Shinhan University, 95, Hoam-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do 11644, Republic of Korea*

Abstract - The results of bone mineral density analysis using DXA were compared between automatic and manual methods. The purpose of this paper is to verify the range of errors of each analysis method in the same patient and select a proper method to minimize errors. Comparisons between automatic and manual analysis methods were made using BMD, BMC and AREA. Basal and follow up examinations were performed with the patients of normal, osteopenia and osteoporosis. In the basal examinations, the precision errors between automatic and manual method showed 1.9% in normal, 3.1% in osteopenia and 3.8% in osteoporosis. In case of follow up studies, the precision errors between automatic and manual method showed 2.3% in normal, 3.2% in osteopenia and 3.5% in osteoporosis. BMC and AREA also showed a tendency to increase precision errors on osteopenia and osteoporosis. Therefore, a manual method would be a better option to minimize errors in patients with osteopenia and osteoporosis.

Key words : Bone mineral denstity, DXA, Area, Auto analysis, Manual analysis

서 론

골밀도 검사는 골다공증의 진단과 골절을 예측하기 위한 검사로서 정량적으로 골밀도 측정이 가능한 방사선학적 검사법이다(Bouxsein and Seeman 2009). 골밀도를 측정할 때 현재 가장 널리 사용되는 Dual-energy x-ray absorptiometry (DXA)는 정확도와 정밀도가 우수하여 골밀도 측정의 표준 검사로 이용되고 있으며 국제임상골밀도학회(ISCD: International Society for Clinical Densitometry)의 골밀도 측정 가이드라인에서 DXA를 WHO의 진단 기준을 적용할 수 있는

* Corresponding author: Ho Sung Kim, Tel. +82-31-870-3412, Fax. +82-31-870-3419, E-mail. hskimsh@shinhan.ac.kr

가장 적합한 골밀도 측정기로 인정하고 있다(Lewiecki *et al*. 2004). 하지만 장비의 특성상 검사와 분석 과정에서 검사자와 환자, 그리고 장비에 의한 다양한 Artifact가 발생할 수 있기 때문에 주의를 요한다(Watts 2004; Lewiecki *et al*. 2006; Lewiecki and Lane 2008; Messina *et al*. 2015; Kim and Schafer 2016; Fenton *et al*. 2016). DXA를 이용한 골밀도 결과는 측정된 골밀도가 실제 환자의 골밀도 상태를 정확하게 반영해야 하고 검사 당일 여러 번 반복 측정하더라도 동일한 수치를 유지해야 한다. 이를 위해 방사선사는 검사 업무에 투입되기 전 검사장비 매뉴얼을 습득하고 100명의 골밀도 환자를 대상으로 장비 사용 방법과 검사 방법, 결과분석의 훈련 과정을 거친 후 정밀도 평가를 해야 한다(International Society for Clinical Densitometry 2017).

정밀도 평가는 ISCD에서 정하는 측정 명 수를 기준으로 동일한 환자를 다른 조건 변화 없이 반복 검사 시행 하였을 때 얼마나 같은 골밀도 값을 재현할 수 있는지 평가하는 것이다. 골밀도 측정에서 환자의 자세는 측정값에 영향을 줄 수 있기 때문에 검사자는 여러 번의 훈련을 거쳐 일관된 환자의 자세를 유지시킬 수 있어야 하고 환자의 기본정보(성별, 나이, 몸무게, 인종 등)와 결과 분석의 방법(자동분석, 수동 분석) 차이도 골밀도 측정값에 많은 영향을 미칠 수 있기 때문에 각 과정을 선택하고 시행하는 방사선사의 역할은 매우 중요하다.

골밀도 결과 분석에서 자동분석법은 프로그램이 스스로 관심영역(ROI)을 설정하여 골밀도를 평가하는 방식이고, 수동분석법은 측정 뼈의 윤곽설정(Edge detection이 안된 부위)을 방사선사가 직접 수정하여 골밀도를 평가하는 방식이다. 자동분석법으로 분석할 경우 분석 시간이 절약되고 검사자의 피로도가 덜하다는 장점이 있지만 골 가장자리의 인식이 저하되는 문제로 실제 환자의 골밀도보다 높게 측정될 가능성이 있다. 심각한 경우 환자의 골다공증이 과소평가되는 진단 오류로 골다공증 약제에 대한 보험적용을 받지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 특히 추적검사를 위해 내원한 재진환자의 경우 동일 면적으로 골밀도 비교가 안 되기 때문에 환자의 정확한 골밀도 추이를 파악하기 어렵다. 반면 수동분석법은 방사선사가 이전 영상과 비교하여 뼈의 윤곽설정을 일일이 수정하기 때문에 동일한 면적의 골밀도 비교가 가능하다.

본 연구는 골밀도 상태에 따라 환자를 분류한 뒤 최초검사와 추적검사에서 분석방법을 달리하였을 때 두 분석방법 간의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구에 사용된 DXA 장비는 Lunar Prodigy Advance (GE Medical Systems, USA)이고 결과분석에 사용된 소프트웨어는 enCORE ver. 16.2였다. 결과분석방법은 한명의 방사선사(정밀도 평가를 완료한 방사선사)가 서울아산병원 핵의학과에서 골밀도 검사를 받은 환자를 대상으로 정상, 골감소증, 골다공증의 3가지 군으로 분류하여 각각 15명씩 동일 환자에서 초기검사와 추적검사를 시행한 후 L1-L4 요추의 Total BMD, Total BMC (Bone Mineral Contents), Total Area 차이를 자동분석법과 수동분석법으로 결과 분석을 시행하여 비교 분석하였다(Fig. 1).

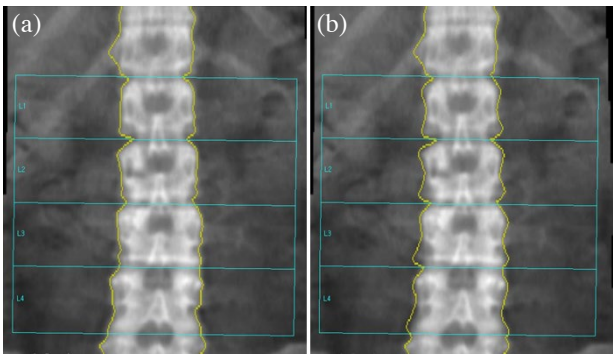

Fig. 1. Image by analysis method (a) Image by manual analysis (b) Image by automatic analysis.

실험 대상은 서울 아산병원을 내원한 환자 중 2007년 6월부터 2011년 12월까지 본원 1회 이상의 추적검사까지 실시한 35세 이상 77세 이하 여성을 대상으로 하였으며 요추의 국소적인 구조적 변화가 있었거나 인공 구조물이 포함된 척추가 있는 환자는 평가에서 제외하였다. 측정된 골밀도의 자동분석법과 수동분석법의 비교 평가의 신뢰도를 확인하기 위하여 통계프로그램 SPSS (ver. 21.0, IBM, USA)를 이용하였다.

결 과

골밀도 검사를 받은 환자를 대상으로 정상, 골감소증, 골다공증의 세 개의 군으로 분류하여 각각 15명씩 동일 환자에서 초기검사와 추적검사를 시행한 후 L1-L4 요추의 Total BMD, Total BMC, Total Area 차이를 자동분석법과 수동분석법으로 결과 분석을 하였다(Table 1). 수동분석법과 자동분석법의 각 항목별 골밀도 차이는 최초검사와 추적검사에서의 비교에서 최초 검사가 정상인 경우 평균 $-0.031\,g \cdot cm^{-2}$, 골감소증에서는 $-0.041\,g \cdot cm^{-2}$, 골다공증에서는 $-0.041\,g \cdot cm^{-2}$으로 측정되었으며, 가장 차이가 많은 골밀도는 정상인 경우 $-0.049\,g \cdot cm^{-2}$, 골감소증에서는 $-0.068\,g \cdot cm^{-2}$, 골다공증에서는 $-0.069\,g \cdot cm^{-2}$으로 측정되었다. 추적 검사인 경우 정상인 경우 평균 $-0.035\,g \cdot cm^{-2}$, 골감소증에서는 $-0.041\,g \cdot cm^{-2}$, 골다공증에서는 $-0.038\,g \cdot cm^{-2}$으

Table 1. Comparison of manual analysis and auto analysis methods results according to bone mineral density

Group		Normal										Osteopenia										Osteoporosis									
		Manual					Auto					Manual					Auto					Manual					Auto				
No.	Exam.	BMD	%Fat	T-score	BMC	Area	BMD	%Fat	T-score	BMC	Area	BMD	%Fat	T-score	BMC	Area	BMD	%Fat	T-score	BMC	Area	BMD	%Fat	T-score	BMC	Area	BMD	%Fat	T-score	BMC	Area
1	Basal	1.374	124	2.2	81.86	59.57	1.402	122	2.1	81.26	57.97	0.944	84	−1.4	50.24	53.21	0.988	86	−1.3	48.88	49.49	0.774	70	−2.8	37.71	48.73	0.805	70	−2.9	36.66	45.56
	1st	1.360	118	1.8	81.02	59.57	1.391	121	2	80.35	57.78	0.933	81	−1.8	49.67	53.22	0.977	85	−1.4	48.48	49.60	0.777	70	−2.8	37.87	48.73	0.805	70	−2.9	36.7	45.57
2	Basal	1.092	98	−0.2	68.23	62.49	1.125	98	−0.2	67.48	59.97	0.802	73	−2.5	32.49	40.50	0.837	74	−2.5	31.47	37.58	0.788	71	−2.7	37.64	47.80	0.857	75	−2.4	36.05	42.08
	1st	1.083	98	−0.2	67.68	62.49	1.124	98	−0.2	66.47	59.13	0.842	77	−2.2	34.09	40.50	0.866	76	−2.2	33.35	38.50	0.898	78	−2.1	42.93	47.79	0.951	83	−1.6	41.57	43.69
3	Basal	1.259	113	1.2	72.05	57.24	1.281	111	1.1	71.45	55.77	0.844	76	−2.2	33.4	39.57	0.874	77	−2.2	32.67	37.38	0.815	74	−2.4	31.05	38.08	0.848	75	−2.4	30.15	35.54
	1st	1.134	102	0.2	64.87	57.22	1.166	101	0.1	64.06	54.93	0.870	79	−1.9	34.42	39.58	0.897	79	−2	33.69	37.55	0.801	70	−2.8	30.48	38.07	0.838	74	−2.5	29.54	35.24
4	Basal	1.314	118	1.7	66.06	50.27	1.355	118	1.7	65.61	48.41	0.913	82	−1.7	55.83	61.15	0.981	85	−1.4	54	55.05	0.799	72	−2.6	49.6	62.09	0.862	75	−2.4	47.28	54.88
	1st	1.211	105	0.5	60.89	50.28	1.272	111	1	60.02	47.18	0.929	81	−1.8	56.8	61.14	0.994	86	−1.3	54.76	55.11	0.760	69	−2.9	47.22	62.09	0.821	71	−2.7	45.17	55.03
5	Basal	1.285	116	1.5	77.5	60.29	1.315	114	1.4	76.8	58.39	1.047	94	−0.5	61.91	59.15	1.086	95	−0.5	61.33	56.47	0.848	77	−2.1	27.68	32.62	0.886	78	−2.1	26.77	30.22
	1st	1.085	98	−0.2	65.42	60.31	1.107	96	−0.4	64.85	58.61	0.974	85	−1.5	57.6	59.16	1.016	88	−1.1	56.72	55.80	0.833	73	−2.5	27.18	32.62	0.872	77	−2.2	26.27	30.14
6	Basal	1.186	107	0.6	74.03	62.41	1.220	106	0.6	73.3	60.10	0.922	83	−1.6	54	58.57	0.957	83	−1.6	53.09	55.50	0.813	73	−2.5	50.21	61.74	0.854	74	−2.5	49.17	57.57
	1st	1.150	100	0	71.79	62.42	1.180	103	0.3	70.98	60.17	0.839	73	−2.6	49.15	58.55	0.885	77	−2.2	48.03	54.27	0.836	73	−2.6	51.62	61.75	0.870	76	−2.3	50.56	58.11
7	Basal	1.133	102	0.2	66.67	58.82	1.162	101	0.1	65.93	56.74	0.848	76	−2.2	51.54	60.74	0.906	79	−2	50.14	55.35	0.800	72	−2.6	44.72	55.90	0.838	73	−2.6	43.22	51.58
	1st	1.147	103	0.3	67.44	58.80	1.178	103	0.2	66.71	56.62	0.819	74	−2.4	49.73	60.76	0.869	76	−2.3	48.31	55.60	0.743	65	−3.4	41.54	55.89	0.784	68	−3	39.66	50.56
8	Basal	1.372	124	2.2	89.61	65.30	1.408	123	2.2	88.96	63.17	1.093	98	−0.1	59.79	54.73	1.139	99	−0.1	58.54	51.37	0.801	72	−2.6	43.34	54.10	0.844	73	−2.5	41.48	49.12
	1st	1.286	116	1.5	84.02	65.32	1.348	117	1.7	82.63	61.32	0.978	85	−1.4	53.54	54.72	1.033	90	−1	52.02	50.34	0.787	71	−2.7	42.6	54.11	0.837	73	−2.6	41.13	49.11
9	Basal	1.069	95	−0.4	64.89	60.71	1.109	97	−0.3	63.79	57.50	0.876	79	−1.9	49.73	56.76	0.908	79	−2	48.73	53.66	0.792	71	−2.6	41.24	52.07	0.824	72	−2.7	39.29	47.66
	1st	1.005	87	−1.2	61.02	60.70	1.051	91	−0.8	59.78	56.87	0.860	77	−2.1	48.82	56.76	0.889	77	−2.2	47.81	53.78	0.786	71	−2.7	40.94	52.07	0.812	71	−2.8	39.83	49.03
10	Basal	1.091	98	−0.2	55.4	50.78	1.111	97	−0.3	55.33	49.79	1.053	94	−0.6	58.41	55.49	1.078	94	−0.6	57.72	53.53	0.644	58	−3.9	37.99	59.03	0.693	60	−3.8	35.89	51.81
	1st	1.132	99	−0.1	57.46	50.77	1.145	100	0	57.15	49.90	1.006	88	−1.2	55.82	55.47	1.034	90	−1	55.05	53.23	0.679	61	−3.6	40.1	59.04	0.718	63	−3.6	38.37	53.43
11	Basal	1.362	123	2.1	69.64	51.13	1.411	123	2.2	68.97	48.90	0.932	84	−1.5	56.59	60.72	0.977	85	−1.4	55.19	56.48	0.767	69	−2.9	44.19	57.61	0.789	69	−3	42.89	54.36
	1st	1.386	121	2	70.89	51.14	1.422	124	2.3	70.45	49.55	0.931	84	−1.5	56.52	60.71	0.972	85	−1.5	55.42	57.00	0.835	75	−2.3	48.12	57.60	0.848	74	−2.5	47.55	56.06
12	Basal	1.147	103	0.3	57.71	50.30	1.157	101	0.1	57.87	50.04	0.889	80	−1.8	43.78	49.27	0.920	80	−1.9	42.65	46.37	0.772	70	−2.8	40.49	52.48	0.788	69	−3	39.62	50.28
	1st	1.131	102	0.2	56.85	50.29	1.130	98	−0.2	57.15	50.60	0.911	79	−2	44.89	49.25	0.949	83	−1.7	43.85	46.20	0.748	67	−3	39.26	52.47	0.767	67	−3.2	38.49	50.16
13	Basal	1.060	95	−0.5	63.79	60.16	1.083	94	−0.6	63.31	48.48	0.957	86	−1.3	55.96	58.48	0.995	87	−1.3	54.86	55.14	0.809	73	−2.5	38.29	47.33	0.860	75	−2.4	36.53	42.47
	1st	0.973	88	−1.1	58.57	60.17	1.013	88	−1.1	57.49	56.72	0.930	81	−1.8	54.39	58.48	0.970	84	−1.5	53.23	54.88	0.753	66	−3.3	35.62	47.33	0.804	70	−2.9	33.94	42.22
14	Basal	1.116	101	0.1	54.61	48.91	1.137	99	−0.1	54.15	47.62	0.979	88	−1.1	57.91	59.14	1.023	89	−1.1	56.6	55.34	0.813	73	−2.5	39.84	49.02	0.856	74	−2.4	38.68	45.21
	1st	1.110	100	0	54.7	48.90	1.139	99	−0.1	53.49	46.98	1.029	90	−1	60.85	59.14	1.069	93	−0.7	59.48	55.63	0.823	74	−2.4	40.33	49.03	0.854	74	−2.5	39.46	46.22
15	Basal	1.234	111	1	60.54	49.04	1.281	111	1.1	59.62	46.54	0.976	88	−1.1	53.95	55.25	1.017	88	−1.1	52.7	51.84	0.815	73	−2.5	43.29	53.13	0.862	75	−2.4	41.49	48.13
	1st	1.232	107	0.7	60.43	49.03	1.281	111	1.1	59.36	46.34	0.952	83	−1.6	52.6	55.27	0.996	87	−1.3	51.31	51.53	0.828	72	-2.7	43.96	53.11	0.870	76	−2.3	42.12	48.39

Table 2. Differences in bone density between manual analysis and auto analysis methods

Exam.	Normal group				Osteopenia group				Osteoporosis group			
	BMD	%Fat	BMC	area	BMD	%Fat	BMC	area	BMD	%Fat	BMC	area
	−0.028	2	0.6	1.6	−0.044	−2	1.36	3.72	−0.031	0	1.05	3.17
	−0.033	0	0.75	2.52	−0.035	−1	1.02	2.92	−0.069	−4	1.59	5.72
	−0.022	2	0.6	1.47	−0.03	−1	0.73	2.19	−0.033	−1	0.9	2.54
	−0.041	0	0.45	1.86	−0.068	−3	1.83	6.1	−0.063	−3	2.32	7.21
	−0.03	2	0.7	1.9	−0.039	−1	0.58	2.68	−0.038	−1	0.91	2.4
	−0.034	1	0.73	2.31	−0.035	0	0.91	3.07	−0.041	−1	1.04	4.17
	−0.029	1	0.74	2.08	−0.058	−3	1.4	5.39	−0.038	−1	1.5	4.32
Basal	−0.036	1	0.65	2.13	−0.046	−1	1.25	3.36	−0.043	−1	1.86	4.98
	−0.04	−2	1.1	3.21	−0.032	0	1	3.1	−0.032	−1	1.95	4.41
	−0.02	1	0.07	0.99	−0.025	0	0.69	1.96	−0.049	−2	2.1	7.22
	−0.049	0	0.67	2.23	−0.045	−1	1.4	4.24	−0.022	0	1.3	3.25
	−0.01	2	−0.16	0.26	−0.031	0	1.13	2.9	−0.016	1	0.87	2.2
	−0.023	1	0.48	11.68	−0.038	−1	1.1	3.34	−0.051	−2	1.76	4.86
	−0.021	2	0.46	1.29	−0.044	−1	1.31	3.8	−0.043	−1	1.16	3.81
	−0.047	0	0.92	2.5	−0.041	0	1.25	3.41	−0.047	−2	1.8	5
Mean	−0.03	0.87	0.58	2.54	−0.04	−1.00	1.13	3.48	−0.04	−1.27	1.47	4.35
SD	0.01	1.13	0.31	2.63	0.01	1.00	0.33	1.10	0.01	1.22	0.48	1.56
MAX	−0.049	2	1.1	11.68	−0.068	−3	1.83	6.1	−0.069	−4	2.32	7.21
MIN	−0.02	0	0.07	0.99	−0.031	0	0.58	1.96	−0.016	0	0.87	2.2
	−0.031	−3	0.67	1.79	−0.044	−4	1.19	3.62	−0.028	0	1.17	3.16
	−0.041	0	1.21	3.36	−0.024	1	0.74	2	−0.053	−5	1.36	4.1
	−0.032	1	0.81	2.29	−0.027	0	0.73	2.03	−0.037	−4	0.94	2.83
	−0.061	−6	0.87	3.1	−0.065	−5	2.04	6.03	−0.061	−2	2.05	7.06
	−0.022	2	0.57	1.7	−0.042	−3	0.88	3.36	−0.039	−4	0.91	2.48
	−0.03	−3	0.81	2.25	−0.046	−4	1.12	4.28	−0.034	−3	1.06	3.64
	−0.031	0	0.73	2.18	−0.05	−2	1.42	5.16	−0.041	−3	1.88	5.33
f/u	−0.062	−1	1.39	4	−0.055	−5	1.52	4.38	−0.05	−2	1.47	5
	−0.046	−4	1.24	3.83	−0.029	0	1.01	2.98	−0.026	0	1.11	3.04
	−0.013	−1	0.31	0.87	−0.028	−2	0.77	2.24	−0.039	−2	1.73	5.61
	−0.036	−3	0.44	1.59	−0.041	−1	1.1	3.71	−0.013	1	0.57	1.54
	0.001	4	−0.3	−0.31	−0.038	−4	1.04	3.05	−0.019	0	0.77	2.31
	−0.04	0	1.08	3.45	−0.04	−3	1.16	3.6	−0.051	−4	1.68	5.11
	−0.029	1	1.21	1.92	−0.04	−3	1.37	3.51	−0.031	0	0.87	2.81
	−0.049	−4	1.07	2.69	−0.044	−4	1.29	3.74	−0.042	−4	1.84	4.72
Mean	−0.03	−1.13	0.81	2.31	−0.04	−2.60	1.16	3.58	−0.04	−2.13	1.29	3.92
SD	0.02	2.67	0.44	1.15	0.01	1.88	0.35	1.10	0.01	1.92	0.46	1.52
MAX	−0.049	−6	1.39	3.83	−0.065	−5	2.04	6.03	−0.061	−5	2.05	7.06
MIN	0.001	0	−0.3	−0.31	−0.024	0	0.73	2	−0.013	0	0.77	1.54

로 측정되었으며, 가장 차이가 많은 골밀도는 정상인 경우 $-0.049\ g \cdot cm^{-2}$, 골감소증에서는 $-0.065\ g \cdot cm^{-2}$, 골다공증에서는 $-0.061\ g \cdot cm^{-2}$으로 측정되었다(Table 2). 그리고 동일 환자의 최초검사와 추적검사에서의 수동분석법과 자동분석법의 Area 비교한 결과는 정상 군에서 수동분석법인 경우 2%, 자동분석법인경우는 19.8%, 골감소증 군에서는 수동분석법인 경우 2%, 자동분석법인경우는 8.5%, 골다공증 군에서는 수동분석법인 경우 1%, 자동분석법인 경우는 13.7%로 측정되었다(Table 3). 또한 최초검사와 추적검사에서의 수동분석법과 자동분석법의 Precision Error의 비교는 최초검사에서 정상 군의 경우 1.9%, 골감소증 군에서는 3.1%, 골다공증 군에서는 3.8%였고, 추적 검사에서는 정상 군의 경우 2.3%, 골감소증 군에서는 3.2%, 골다공증 군에서는 3.5%였다(Table 4). 마지막으로 측정된 골밀도의 자동분석법과 수동분석법의 비교 평가의 신뢰도를 확인하기 위한 통계자료는 다음과 같다(Table 5).

최초검사와 추적검사에서 군별 비교 통계량은 자동분석법과 수동분석법의 비교에서는 모든 군에서 차이가 있었고, 수동분석법과 자동분석법의 비교에서는 최초검사의 정상군과 골다공증군에서는 차이가 없고 나머지 군에서는 차이가 있었다(Table 6).

Table 3. Area comparison of manual analysis and auto analysis methods in initial and follow-up of the same patient

Patient	Area											
	Nomal				Osteopenia				Osteoporpsis			
	Manual	Difference	Auto	Difference	Manual	Difference	Auto	Difference	Manual	Difference	Auto	Difference
1	59.57 59.57	0.00	57.97 57.78	−0.33	53.21 53.22	0.02	49.49 49.60	0.22	48.73 48.73	0.00	45.56 45.57	0.02
2	62.49 62.49	0.00	59.97 59.13	−1.42	40.50 40.50	0.00	37.58 38.50	2.39	47.80 47.79	−0.02	42.08 43.69	3.69
3	57.24 57.22	−0.03	55.77 54.93	−1.53	39.57 39.58	0.03	37.38 37.55	0.45	38.08 38.07	−0.03	35.54 35.24	−0.85
4	50.27 50.28	0.02	48.41 47.18	−2.61	61.15 61.14	−0.02	55.05 55.11	0.11	62.09 62.09	0.00	54.88 55.03	0.27
5	60.29 60.31	0.03	58.39 58.61	0.38	59.15 59.16	0.02	56.47 55.80	−1.20	32.62 32.62	0.00	30.22 30.14	−0.27
6	62.41 62.42	0.02	60.10 60.17	0.12	58.57 58.55	−0.03	55.50 54.27	−2.27	61.74 61.75	0.02	57.57 58.11	0.93
7	58.82 58.80	−0.03	56.74 56.62	−0.21	60.74 60.76	0.03	55.35 55.60	0.45	55.90 55.89	−0.02	51.58 50.56	−2.02
8	65.30 65.32	0.03	63.17 61.32	−3.02	54.73 54.72	−0.02	51.37 50.34	−2.05	54.10 54.11	0.02	49.12 49.11	−0.02
9	60.71 60.70	−0.02	57.50 56.87	−1.11	56.76 56.76	0.00	53.66 53.78	0.22	52.07 52.07	0.00	47.66 49.03	2.79
10	50.78 50.77	−0.02	49.79 49.90	0.22	55.49 55.47	−0.04	53.53 53.23	−0.56	59.03 59.04	0.02	51.81 53.43	3.03
11	51.13 51.14	0.02	48.90 49.55	1.31	60.72 60.71	−0.02	56.48 57.00	0.91	57.61 57.60	−0.02	54.36 56.06	3.03
12	50.30 50.29	−0.02	50.04 50.60	1.11	49.27 49.25	−0.04	46.37 46.20	−0.37	52.48 52.47	−0.02	50.28 50.16	−0.24
13	60.16 60.17	0.02	48.48 56.72	14.53	58.48 58.48	0.00	55.14 54.88	−0.47	47.33 47.33	0.00	42.47 42.22	−0.59
14	48.91 48.90	−0.02	47.62 46.98	−1.36	59.14 59.14	0.00	55.34 55.63	0.52	49.02 49.03	0.02	45.21 46.22	2.19
15	49.04 49.03	−0.02	46.54 46.34	−0.43	55.25 55.27	0.04	51.84 51.53	−0.60	53.13 53.11	−0.04	48.13 48.39	0.54
Mean	0.02		1.98		0.02		0.85		0.01		1.37	

고 찰

뼈 윤곽 설정 오류는 골밀도가 매우 낮고 분석 소프트웨어가 뼈와 조직을 구분하지 못할 만큼 X-선 흡수율의 차이가 적어서 발생된다. 이런 경우 검사자는 Bone Points를 수정해서 분석할지, 아니면 Bone Points의 수정 없이 분석할지를 결정하고 분석을 시작해야 한다. 일반적으로 장비회사의 매뉴얼에는 뼈의 면적이 2×2 Pixel을 초과하지 않는 경우는 수정하지 말 것을 권고하고 있으나 실제의 요추 모양과는 다르기 때문에 정확도와 재현성 측면에서 영향이 있다. 또한 추적검사에서 관심영역(Region of interest; ROI)의 면적 변화는 경우에 따라 다르게 나타나기 때문에 이전 자료와 비교할 수 없는 경우가 발생할 수 있다. 즉, 뼈 윤곽을 수정하면 골무기질함량(bone mineral content; BMC), 면적(cm^2)의 변화가 생기고 최종적으로 골밀도($g \cdot cm^{-2}$)(bone mineral density; BMD)의 변동이 발생되므로, 분석의 일관성을 유지해야 한다. 환자의 뼈 윤곽을 수정했다면 앞으로 진행되는 모든 검사에서도 뼈 윤곽을 수정해서 검사결과의 연속성을 유지해야 한다. 각 골밀도측정기 제조사는 최초 검사의 뼈 윤곽 설정 및 관심영역을 다음 검사에 그대로 적용할 수 있도록 도움을 주는 관심영역복사(ROI copy) 기능을 갖추고 있다. 이 기능은 추적검사 시 적용해서 환자 자세의 변화가 있는지 확인할 수 있고 이전의 뼈 윤곽 지도의 정보를 대략 확인할 수 있다. 하지만 이전 면적 정보까지는 그대로 가져오지 못하

Table 4. Comparison of Precision Error between manual analysis and auto analysis methods in initial and follow-up

Basal									F/u								
Normal			Osteopenia			Osteoporosis			Normal			Osteopenia			Osteoporosis		
No.	Manual	Auto	No.	Manual	Auto	No.	Manual	Auto	No.	Manual	Auto	No.	Manual	Auto	No.	Manual	Auto
1	1.374	1.402	1	0.944	0.988	1	0.774	0.805	1	1.36	1.391	1	0.933	0.977	1	0.777	0.805
2	1.092	1.125	2	0.802	0.837	2	0.788	0.857	2	1.083	1.124	2	0.842	0.866	2	0.898	0.951
3	1.259	1.281	3	0.844	0.874	3	0.815	0.848	3	1.134	1.166	3	0.87	0.897	3	0.801	0.838
4	1.314	1.355	4	0.913	0.981	4	0.799	0.862	4	1.211	1.272	4	0.929	0.994	4	0.76	0.821
5	1.285	1.315	5	1.047	1.086	5	0.848	0.886	5	1.085	1.107	5	0.974	1.016	5	0.833	0.872
6	1.186	1.22	6	0.922	0.957	6	0.813	0.854	6	1.15	1.18	6	0.839	0.885	6	0.836	0.87
7	1.133	1.162	7	0.848	0.906	7	0.8	0.838	7	1.147	1.178	7	0.819	0.869	7	0.743	0.784
8	1.372	1.408	8	1.093	1.139	8	0.801	0.844	8	1.286	1.348	8	0.978	1.033	8	0.787	0.837
9	1.069	1.109	9	0.876	0.908	9	0.792	0.824	9	1.005	1.051	9	0.86	0.889	9	0.786	0.812
10	1.091	1.111	10	1.053	1.078	10	0.644	0.693	10	1.132	1.145	10	1.006	1.034	10	0.679	0.718
11	1.362	1.411	11	0.932	0.977	11	0.767	0.789	11	1.386	1.422	11	0.931	0.972	11	0.835	0.848
12	1.147	1.157	12	0.889	0.92	12	0.772	0.788	12	1.131	1.13	12	0.911	0.949	12	0.748	0.767
13	1.06	1.083	13	0.957	0.995	13	0.809	0.86	13	0.973	1.013	13	0.93	0.97	13	0.753	0.804
14	1.116	1.137	14	0.979	1.023	14	0.813	0.856	14	1.11	1.139	14	1.029	1.069	14	0.823	0.854
15	1.234	1.281	15	0.976	1.017	15	0.815	0.862	15	1.232	1.281	15	0.952	0.996	15	0.828	0.87
Precision results			Precision results			Precision results			Precision results			Precision results			Precision results		
Variable	Units	Spine	Variable	Units	Spine	Variable	Units	Spine	Variable	Units	Spine	Variable	Units	Spine	Variable	Units	Spine
Avg BMD	g/cm^2	1.222	Avg BMD	g/cm^2	0.959	Avg BMD	g/cm^2	0.811	Avg BMD	g/cm^2	1.179	Avg BMD	g/cm^2	0.941	Avg BMD	g/cm^2	0.811
SD	g/cm^2	0.023	SD	g/cm^2	0.03	SD	g/cm^2	0.031	SD	g/cm^2	0.027	SD	g/cm^2	0.03	SD	g/cm^2	0.028
CV (PE)	%	0.019	CV (PE)	%	0.031	CV (PE)	%	0.038	CV (PE)	%	0.023	CV (PE)	%	0.032	CV (PE)	%	0.035
Difference BMD	g/cm^2	0.064	Difference BMD	g/cm^2	0.083	Difference BMD	g/cm^2	0.085	Difference BMD	g/cm^2	0.075	Difference BMD	g/cm^2	0.083	Difference BMD	g/cm^2	0.078
LSC	%	0.052	LSC	%	0.086	LSC	%	0.105	LSC	%	0.064	LSC	%	0.088	LSC	%	0.096

Table 5. Descriptive statistics

	N	Method	Group	Minimum	Maximum	Mean	SD
Basal	15	Manual	Nor.	1.06	1.37	1.206	.1150
	15		Penia	.80	1.09	.938	.0824
	15		Porosis	.64	.85	.790	.0453
	15	Auto	Nor.	1.08	1.41	1.237	.1199
	15		Penia	.84	1.14	.979	.0828
	15		Porosis	.69	.89	.831	.0474
F/U	15	Manual	Nor.	.97	1.39	1.162	.1165
	15		Penia	.82	1.03	.920	.0632
	15		Porosis	.68	.90	.7925	.0527
	15	Auto	Nor.	1.01	1.42	1.197	.121
	15		Penia	.87	1.07	.961	.0658
	15		Porosis	.72	.95	.830	.0540

*M: Manual, A: Auto *nor.: Normal. penia: Osteopenia, porosis: Osteoporosis

Table 6 Statistical comparison between the initial and follow-up tests

	Basal			F/U		
	Nor.	Penia	Porosis	Nor.	Penia	Porosis
	Auto-manual			Auto-manual		
Z	−3.408[a]	−3.409[a]	−3.409[a]	−3.352[a]	−3.409[a]	−3.408[a]
p	.001	.001	.001	.001	.001	.001
	Basal			F/U		
	Nor.	Penia	Porosis	Nor.	Penia	Porosis
	Manual-auto			Manual-auto		
Z	−.057[a]	−3.295[a]	−1.790[b]	−3.124[a]	−3.068[b]	−2.442[a]
p	.955	.001	.073	.002	.002	.015

*p<0.05

기 때문에 결과분석 시 동일 면적으로 비교할 수 있도록 해야 한다. 이번 연구에서 대표적으로 결과분석법의 차이에 따라 결과 보고가 달라지는 경우가 있었으며(Fig. 2), 그 결과로 인하여 진단 및 치료에 영향을 주는 경우가 발생하였다. 따라서 보수적으로 골다공증 치료제를 사용하여야 할 경우임에도 불구하고 치료 시기가 늦어 골절 가능성이 높아지게 됨에 따라 의료비 지출이 증가할 것으로 예상된다.

연구의 제한점으로 아직도 국내의 대다수 병원에서는 자동분석법을 사용하고 있으며, 수동분석법의 필요성과 정확도를 평가하기 어려웠고 현재까지 결과분석법에 관련된 문헌이나 논문이 부재하여 비교자료를 얻을 수 없었다. 또한 다양한 병원을 대상으로 측정하지 못했던 것과 빅 데이터를 이용해 실제 얼마나 진단에 오류가 있는지를 확인하지 못한 점이다. 따라서 본 논문의 수동분석법과 자동분석법의 결과를 바탕으로 추후 실제 환자의 뼈 상태와의 정확도측면에서 비교하여 서로간의 상관성 연구와 진단에서의 차이점에 관한 다각적인 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

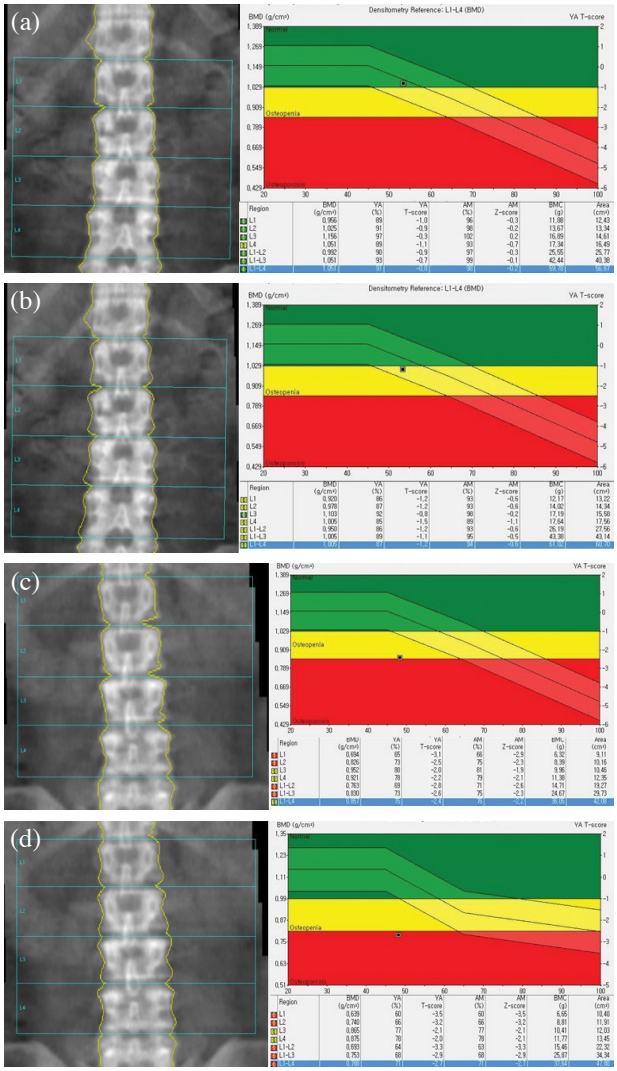

Fig. 2. Differences in results depending on differences in analysis methods. (a) Automatic analysis (Results: Normal). (b) Manual analysis (Results: Osteopenia). (c) Automatic analysi s(Results: Osteopenia). (d) Manual analysis (Results: Osteoporosis. *a, b patients are the same, c, d patients are the same.

결 론

자동분석법의 경우 골밀도가 낮은 경우 뼈 윤곽설정에서 뼈로 인식하지 못하는 부분이 발생하기 때문에 이 부분의 면적이 감소되어 골밀도에 차이가 있다. 연구 결과에서처럼 정상 군인 경우를 제외하고는 골감소증 및 골다공증 군에서는 수동분석법이 동일한 조건으로 비교할 수 있는 장점이 있어 오류를 최소화하는데 더 유용하며, 임상 적응증과 다른 검사의 결과를 참조하여 골밀도 결과의 차이가 상이하게 발생할 경우는 정확도와 재현성 측면에서 수동분석법을 이용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

사 사

논문 작성을 위해 도움을 준 신한대학교 방사선학과 김송연, 성미현, 노지수, 김지윤, 최승주 학생에게 감사의 마음을 전합니다.

참 고 문 헌

Bouxsein ML and Seeman E. 2009. Quantifying the material and structural determinants of bone strength. *Best. Pract. Res. Clin. Rheumatol*. **23**:741-753.

Fenton JJ, Robbins JA, Amarnath AL and Franks P. 2016. Osteoporosis overtreatment in a regional health care system. *JAMA Intern. Med*. **176**:391-393.

International Society for Clinical Densitometry: Accessed 2017. 2017 ISCD Official Positions. http://www.iscd.org/official-positions/2017-iscd-official-positions-adult/. The new official positions of the ISCD as updated in 2017.

Kim TY and Schafer AL. 2016. Variability in DXA Reporting and other challenges in osteoporosis evaluation. *JAMA Intern. Med*. **176**:393-395.

Lewiecki EM, Watts NB, McClung MR, Petak SM, Bachrach LK, Shepherd JA and Downs RW Jr. 2004. Official positions of the international society for clinical densitometry. *J. Clin. Endocrinol. Metab*. **89**(8):3651-3655.

Lewiecki EM, Binkley N and Petak SM. 2006. DXA quality matters. *J. Clin. Densitom*. **9**:388-392.

Lewiecki EM and Lane NE. 2008. Common mistakes in the clinical use of bone mineral density testing. *Nat. Clin. Pract. Rheumatol*. **4**:667-674.

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.

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

Received: 27 September 2018
Revised: 19 October 2018
Revision accepted: 27 November 2018