

Effects of Gadolinium Contrast agent on Bone Mineral Density Measurement using Dual Energy X-ray Absorptiometry

Keun-Ohk Lee*, Min-Su Lee

Department of Radiology, Soonchunhyang University Bucheon Hospital

Received: December 29, 2020. Revised: February 26, 2020. Accepted: February 28, 2021.

ABSTRACT

Radiographic contrast agents are used for diagnostic purposes and are one of the factors affecting measured values in bone density tests. They are absorbed into tissues and have an effect of increasing the measured values of bone density, so they are avoided as much as possible before performing a bone density test. MRI contrast agents, which have different physical properties and mechanisms of action than radiographic contrast agents, are based on gadolinium, a metal element. They have radiopacity characteristics, so MRI are generally performed prior to examination using radiation. The purpose of this study was to investigate the effects of MRI contrast agents on bone mineral density examination using dual energy X-ray absorption. Two types of gadolinium based MRI contrast agents were injected into an acrylic water tank for each volume, and the humanoid spine phantom was inserted and the BMD and T-score from (L1-L4) were analyzed by scanning a total of 30 times, 5 times for each injection type. The average value of the measured total (L1-L4) bone density for each of the two contrast agents was 0.952 ± 0.052 , 0.957 ± 0.050 , and $0.956\pm0.05\text{g/cm}^2$, respectively, for the Gadoterate Meglumine component 0mL, 7.5mL and 15mL, when the gadobutrol components were 0mL, 5mL, and 10mL, there was no statistically significant difference at all sites at 0.953 ± 0.001 , 0.954 ± 0.001 , and $0.945\pm0.001\text{g/cm}^2$, respectively($p>0.05$). The average value of total T-score was -0.46 ± 0.05 , -0.4 ± 0 , -0.42 ± 0.04 when the Gadoterate Meglumine component was 0mL, 7.5mL and 15mL, respectively. When the Gadobutrol ingredients were 0mL, 5mL and 10mL, there was no statistically significant difference in all areas, with -0.46 ± 0.05 , -0.46 ± 0.05 , and 0.5 ± 0.00 , respectively. In this experiment, the MRI contrast agent was found to have no effect on bone density tests, using the dual-energy X-ray absorption method. There is a limitation in that physical conditions such as kidney and health conditions etc. were not taken into consideration, so further clinical research is expected to be conducted in the future.

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

I. INTRODUCTION

골다공증 진단과 골절예측 위험성 평가에 이용되었던 골밀도검사는 이외에도 이석증과 골다공증과의 관계에 대한 칼슘대사 장애와의 연관성을 밝힌 연구결과가 보고되었으며^[1], 인체 면역결핍 바이러스(Human Immunodeficiency Virus, HIV) 감염자의 초기 검사목록에 골밀도검사를 시행할 것을 임상 진료지침 권고안에도 포함되는 등^[2] 다양한

임상 분야에 활용되고 있다. 또한, 골밀도검사의 적응증 및 급여기준의 개정(보건복지부 고시 제 2019-28호, 2019.2.15.)으로 인해 적용 범위가 확대됨에 따라 다양한 질환에 연관하여 임상 분야에 활용됨으로써 검사수요는 점점 증가하는 추세이다.

골밀도 측정방법 중 가장 널리 이용되는 검사법은 이중 에너지 X-선 흡수측정법(Dual Energy X-ray Absorptiometry, DXA)으로 양광자 흡수측정법(Dual Photon Absorptiometry, DPA)이후 DXA는 30년 동안 지속적인 기술혁신을 거

* Corresponding Author: Keun Ohk Lee

E-mail: ceylons@schmc.ac.kr

Tel: +82-32-621-5865

Address: 70, Jomaru-ro, Bucheon-si, Gyeonggi-do, 14584, Rep. of Korea.

깊해 오면서 정확도, 정밀도, 낮은 선량 조사시간의 최소화 등의 장점을 갖추며, 골다공증 평가를 위한 가장 신뢰받는 검사법으로 여겨지고 있다.^[3,4]

이중에너지 X-선 흡수측정법은 방사선 감쇠 차이에 따른 검출 여부로 측정되는데, 측정오류를 발생시키는 인자로는 환자 자세, 움직임 등 기술적 측면과 조영제와 같은 이물질, 석회화, 질병 등 인공물에 의한 영향을 들 수 있다.^[5] 요오드와 황산바륨을 이용한 조영제와는 달리 방사선 조영제와 영상화하는 기전에 차이가 있는 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI)에 이용되는 조영제는 원자번호 64번인 가돌리늄 기반의 매우 안정적인 금속성 전이원소이지만, 서로 다른 물리적 특성에 차이가 있음에도 불구하고 가돌리늄을 전산화단층촬영(Computed Tomography, CT)검사와 혈관조영검사(Angiography)에 일부 이용하였다는 연구도 확인할 수 있었다.^[6,7] 가돌리늄을 사용할 수 있었던 이유는 방사성 비투과성(Radiopacity) 특징을 가지고 있어 요오드화 조영제처럼 방사선 불투명화(Opacification)가 가능했기 때문이다. 그러나 방사선 조영제와 동일하게 방사선을 감쇠시키기 위한 가돌리늄 제제의 투여량은 요오드화 조영제보다 고용량이 필요하여 신독성이 심해지므로 사용을 금지하고 있다.^[8]

요오드화 조영제의 영상화는 방사선 감쇠 차이를 이용한 원리로 골밀도검사에서 측정값에 매우 직접적인 영향을 주어 검사 전 조영제 검사를 제한하고 있으며, 조영제 검사를 먼저 시행하였을 경우 충분한 배출시간을 고려하여 골밀도검사를 진행하고 있다. 또한, MRI 조영제는 방사선 불투명화로 인한 진단오류를 피하고자 CT 검사를 선 시행한 후 MRI 검사를 하고 있다. 이외에도 영상검사 간 간섭에 관한 연구로 동위원소의 방사선량에 따라 골밀도검사에는 유의한 차이가 없다고 보고하였으나, 당일 동시검사가 시행될 경우 환자 피폭에 대한 우려를 나타내기도 하였다.^[9]

따라서 골밀도의 임상 적용 범위가 확대되어 가돌리늄 조영제의 방사선 불투명화 특성을 고려해 볼 때, MRI 검사와 동시 처방되어 연속적으로 검사가 진행될 경우 체내 잔류하고 있는 가돌리늄 조영

제가 골밀도검사결과에 어떠한 영향을 미치는지 정량적으로 분석해볼 필요성이 있다.

본 연구는 가돌리늄 조영제가 방사선에 이용되는 조영제와 다른 물리적 기전을 가지고 있으나 방사선 불투명화가 방사선 검사결과에 영향을 준다는 연구를 바탕으로 골밀도검사에 영향을 주는지 알아보려고 하였다. 인체모형 척추 팬텀(Anthropomorphic Spine Phantom, ASP)을 이용하여 조영제를 인체에 투여했을 경우 환자의 건강 및 영양 상태에 따른 다양한 변수 등을 제거하였고, 조영제 단일제의 고유특성을 배제하고자 2종의 가돌리늄 조영제를 사용하여 희석량에 따른 팬텀을 제작하여 골밀도에 미치는 영향을 분석하고 가돌리늄 조영제를 이용한 MRI 검사 후 골밀도검사를 시행 여부의 적정성을 평가하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. MATERIAL

본 연구에 사용된 장비는 DXA 방식의 Horizon W(Hologic Inc., Danbury CT, USA)를 이용하였으며, 실험에 사용된 팬텀은 정도관리(Quality Control, QC)용 장비전용 ASP로 요추(Lumbar spine, L) 1~4 번까지의 척추골 모양을 가지고 있다. MRI 조영제는 가돌리늄계열(Gadolinium Base Agent)의 조영제인 가도테레이트 메글루민(Gadoterate Meglumine)성분의 도타렘(Dotarem)과 가도부트롤(Gadobutrol)성분의 가도비스트(Gadovist) 2종을 사용하였다.

2. METHOD

실험방법은 Fig.1과 같이 MRI 조영증강검사를 시행한 후 골밀도검사를 연속적으로 시행하는 상황을 가정하여 실험을 설계하였고, Fig. 2(a)의 DXA 장비를 이용하였다. ASP를 Fig. 2(b)의 수조에 넣고 생리식염수 2L와 MRI 조영제 2종(Dotarem 15mL, Gadovist 10mL)을 조영제별 0, 전량의 1/2, 전량 주입의 3종으로 Fig. 3(a,b)와 같이 제조하여, 동일한 조건으로 Fig. 3(c)와 같이 위치시켜 골밀도검사를 각각 5회 시행하였다.

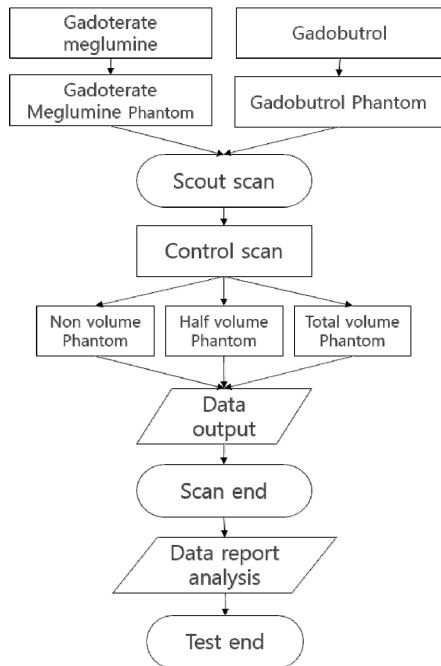
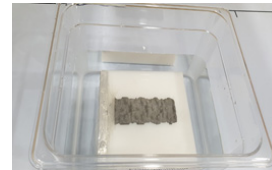


Fig. 1. Flow Chart of Study.



(a) Gadolinium contrast agents



(b) Water phantom tank

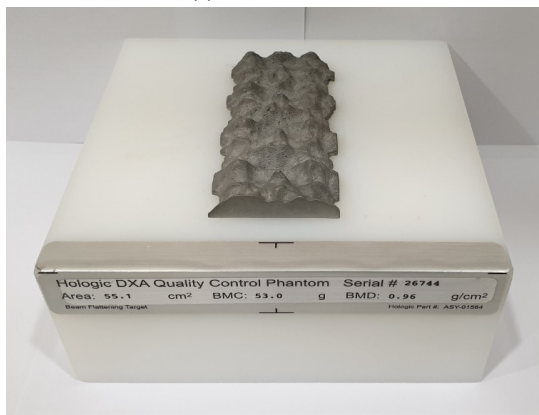


(c) Scan

Fig. 3. Design of Phantom and DXA Scan.



(a) DXA Device



(b) Anthropomorphic Phantom

Fig. 2. The equipment used in this experiment.

3. STATISTICAL ANALYSIS

통계적 분석방법은 SPSS Statistical Software for Windows(Version 14.0: SPSS Inc. Chicago, Illinois)을 사용하여, 비모수적 검정방법으로 Kruskal-Wallis Test를 사용하였고, 통계적 유의성은 p-value 0.05 미만을 유의한 차이가 있는 것으로 해석하였다.

III. RESULT

1. 골밀도값 평가

1.1 가도테레이트 메글루민

가도테레이트 메글루민성분의 도타렘을 이용한 실험에서의 L1의 골밀도 평균값은 조영제 주입량이 각각 0mL, 7.5mL, 15mL 일 때 각각 0.87 ± 0.001 , 0.878 ± 0.002 , $0.878 \pm 0.005/cm^2$ 로 나타났다($p < 0.09$). L2의 골밀도 평균값은 0.960 ± 0.001 , 0.962 ± 0.005 , $0.962 \pm 0.005 g/cm^2$ 로 나타났다($p < 0.81$). L3의 골밀도 평균값은 0.971 ± 0.005 , 0.978 ± 0.004 , $0.979 \pm 0.004 g/cm^2$ 로 나타났다($p < 0.10$). L4의 골밀도 평균값은 1.007 ± 0.005 , 1.011 ± 0.003 , $1.001 \pm 0.004 g/cm^2$ 로 나타났다($p < 0.47$).

Total 골밀도 평균값은 Table 1과 같으며, 조영제 주입량이 각각 0mL, 7.5mL, 15mL일 때 각각 0.952 ± 0.052 , 0.957 ± 0.050 , $0.956 \pm 0.05 g/cm^2$ 로 나타났다

($p < 0.13$). 모든 골밀도 값의 비교에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

1.2 가도부트롤

가도부트롤성분의 가도비스트를 이용한 실험에서의 L1의 골밀도 평균값은 조영제 주입량이 각각 0mL, 5mL, 10mL 일 때 각각 0.87 ± 0.001 , 0.871 ± 0.003 , $0.875 \pm 0.002 \text{g/cm}^2$ 로 나타났다($p < 0.37$). L2의 골밀도 평균값은 0.96 ± 0.002 , 0.959 ± 0.002 , $0.954 \pm 0.007 \text{g/cm}^2$ 로 나타났다($p < 0.13$). L3의 골밀도 평균값은 0.972 ± 0.005 , 0.97 ± 0.002 , $0.966 \pm 0.003 \text{g/cm}^2$ 로 나타났다($p < 0.14$). L4의 골밀도 평균값은 1.001 ± 0.005 , 1.01 ± 0.006 , $1.001 \pm 0.003 \text{g/cm}^2$ 로 나타났다($p < 0.06$).

Total 골밀도 평균값은 Table 2와 같으며, 조영제 주입량이 각각 0mL, 5mL, 10mL 일 때 각각 0.953 ± 0.001 , 0.954 ± 0.001 , $0.945 \pm 0.001 \text{g/cm}^2$ 로 나타났다($p < 0.11$). 모든 골밀도 값의 비교에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

2. T-score 평가

2.1 가도테레이트 메글루민

가도테레이트 메글루민성분의 도타렘을 이용한 실험에서의 L1의 T-score 평균값은 조영제 주입량이 각각 0mL, 7.5mL, 15mL 일 때 각각 -0.84 ± 0.05 , -0.80 ± 0.00 , -0.78 ± 0.04 로 나타났다($p < 0.11$). L2의 평균값은 -0.2 ± 0.00 , -0.14 ± 0.05 , -0.16 ± 0.05 로 나타났다

($p < 0.14$). L3의 골밀도 평균값은 -0.52 ± 0.04 , -0.44 ± 0.05 , -0.46 ± 0.04 로 나타났다($p < 0.09$). L4의 골밀도 평균값은 -0.12 ± 0.08 , -0.1 ± 0 , -0.12 ± 0.04 로 나타났다($p < 0.72$).

Total 골밀도 평균값은 Table 3과 같이 조영제 주입량이 각각 0mL, 7.5mL, 15mL일 때 각각 -0.46 ± 0.05 , -0.4 ± 0 , -0.42 ± 0.04 로 나타났다($p < 0.11$).

모든 T-score의 비교에 있어서 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

2.2 가도부트롤

가도부트롤성분의 가도비스트를 이용한 실험에서의 L1의 골밀도 평균값은 조영제 주입량이 각각 0, 5mL, 10mL 일 때 각각 -0.84 ± 0.05 , -0.84 ± 0.05 , -0.9 ± 0.00 으로 나타났다($p < 0.07$). L2의 평균값은 -0.2 ± 0.00 , -0.18 ± 0.04 , -0.24 ± 0.05 로 나타났다($p < 0.11$). L3의 골밀도 평균값은 -0.52 ± 0.04 , -0.52 ± 0.04 , -0.58 ± 0.04 로 나타났다($p < 0.09$). L4의 골밀도 평균값은 -0.12 ± 0.07 , -0.1 ± 0.07 , -0.18 ± 0.04 로 나타났다($p < 0.17$).

Total 골밀도 평균값은 Table 4와 같이 조영제 주입량이 각각 0mL, 5mL, 10mL 일 때 각각 -0.46 ± 0.05 , -0.46 ± 0.05 , 0.5 ± 0.00 으로 나타났다($p < 0.28$). 모든 T-score의 비교에 있어서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 1. BMD result of phantom injected with Gadoterate Meglutine(Dotarem).

(Unit: g/cm^2)

Level	Dosage			Mean±SD	*p
	0 mL	7.5 mL	15 mL		
L1	0.870 ± 0.001	0.878 ± 0.002	0.878 ± 0.005	0.875 ± 0.005	0.09
L2	0.960 ± 0.001	0.962 ± 0.005	0.962 ± 0.005	0.961 ± 0.004	0.81
L3	0.971 ± 0.005	0.978 ± 0.004	0.979 ± 0.004	0.976 ± 0.005	0.10
L4	1.007 ± 0.005	1.011 ± 0.003	1.001 ± 0.004	1.001 ± 0.004	0.47
Total	0.952 ± 0.052	0.957 ± 0.050	0.956 ± 0.05	0.957 ± 0.003	0.13

L1-4:Lumbar spine level, Data presented as mean±standard deviation(SD). * P values were calculated by Kruskal-Wallis test.

Table 2. BMD result of phantom injected with Gadobutrol(Gadovist).

(Unit: g/cm²)

Level	Dosage			Mean±SD	*p
	0 mL	5 mL	10 mL		
L1	0.87 ± 0.001	0.871 ± 0.003	0.875 ± 0.002	0.872 ± 0.003	0.37
L2	0.96 ± 0.002	0.959 ± 0.002	0.954 ± 0.007	0.957 ± 0.005	0.13
L3	0.972 ± 0.005	0.97 ± 0.002	0.966 ± 0.003	0.97 ± 0.004	0.14
L4	1.001 ± 0.005	1.01 ± 0.006	1.001 ± 0.003	1.007 ± 0.006	0.06
Total	0.953 ± 0.001	0.954 ± 0.001	0.945 ± 0.001	0.952 ± 0.002	0.11

L1-4:Lumbar spine level, Data presented as mean±standard deviation(SD). * P values were calculated by Kruskal-Wallis test.

Table 3. T-score result of phantom injected with Gadoterate Meglumine(Dotarem).

Level	Dosage			Mean±SD	*p
	0 mL	7.5 mL	15 mL		
L1	-0.84 ± 0.005	-0.80 ± 0.00	-0.78 ± 0.04	-0.81 ± 0.04	0.11
L2	-0.2 ± 0.00	-0.14 ± 0.05	-0.16 ± 0.05	-0.16 ± 0.04	0.14
L3	-0.52 ± 0.04	-0.44 ± 0.05	-0.46 ± 0.04	-0.47 ± 0.05	0.09
L4	-0.12 ± 0.08	-0.1 ± 0	-0.12 ± 0.04	-0.11 ± 0.05	0.72
Total	-0.46 ± 0.05	-0.4 ± 0	-0.42 ± 0.04	-0.42 ± 0.04	0.11

L1-4:Lumbar spine level, Data presented as mean±standard deviation(SD). * P values were calculated by Kruskal-Wallis test.

Table 4. T-score result of phantom injected with Gadobutrol(Gadovist).

Level	Dosage			Mean±SD	*p
	0 mL	5 mL	10 mL		
L1	-0.84 ± 0.05	-0.84 ± 0.05	-0.9 ± 0.00	-0.86 ± 0.05	0.07
L2	-0.2 ± 0.00	-0.18 ± 0.04	-0.24 ± 0.05	-0.21 ± 0.04	0.11
L3	-0.52 ± 0.04	-0.52 ± 0.04	-0.58 ± 0.04	-0.54 ± 0.05	0.09
L4	-0.12 ± 0.07	-0.1 ± 0.07	-0.18 ± 0.04	-0.13 ± 0.07	0.17
Total	-0.46 ± 0.05	-0.46 ± 0.05	0.5 ± 0.00	-0.47 ± 0.04	0.28

L1-4:Lumbar spine level, Data presented as mean±standard deviation(SD). * P values were calculated by Kruskal-Wallis test.

IV. DISCUSSION

골밀도검사는 이중에너지 X-선 흡수법을 이용하여 골밀도측정을 통해 골다공증 여부를 평가하는 방법으로 검사자는 측정 전 퇴행성변화, 대동맥 석회화, 압박골절 등과 같이 여러 오류 인자들을 확인하고 검사를 진행하여 정확한 검사가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.^[10] 또한, 골밀도검사에 영향을 미치는 여러 인자 중 방사선 조영제 사용 여부와 장내 잔존 여부도 검사 전 반드시 확인하고

검사를 시행하여야 한다.^[11]

방사선 조영제와는 다른 물리적 작용기전을 갖는 MRI 조영제가 골밀도 검사결과에 미치는 영향을 확인하고자 연구를 진행하였다. Sala의 연구에서 40명의 악성림프종 치료환자와 고형 종양 환자를 대상으로 방사선검사(CT, MRI, Bone Scan, etc.) 전 골밀도측정을 시행하고, 방사선검사 후 7일 이후에 검사한 골밀도측정에서는 CT 검사를 제외한 나머지 검사에서는 통계적으로 유의한 차이를 발견하지 못하였다고 보고 하였는데, MRI 조영제 특

정상 정상 신기능을 가진 환자의 경우 98%가 24시간 이내 배출되므로 검사 후 7일 후 측정되어 충분히 배출될 시간이 확보되어 영향이 없었을 것으로 생각된다.^[12] 현재 국내의료기관에서는 방사선검사는 환자의 편의와 서비스제공 차원으로 일일 다중검사를 시행하는 경우가 많고, 이중 MRI 검사와 골밀도검사도 연속적으로 시행되고 있다. 그러나 임상에서 MRI 검사와 골밀도검사의 잠재적 상호영향에 대해서는 알려진 바가 없다.

Water Phantom tank에 ASP와 2종의 가돌리늄 조영제를 주입하여 검사를 통해 얻은 골밀도 값과 T-score의 평균값을 비교하였다. L1-L4 범위 내에서 각각 측정된 값과 Total 값을 분석하여 보았을 때, 골밀도측정 값에 대한 생물학적 변화에 따른 최소한의 의미 있는 변화(Least Significant Change, LSC)의 차이가 없는 것으로 나타났다.^[13] 골밀도 값과 T-score 모두 통계적으로 의미 있는 차이는 없어 MRI 조영증강검사 시행 이후 골밀도검사를 연속적으로 진행할 경우, 골밀도와 T-score에는 영향이 없다는 것을 확인하였다.

금속원소인 가돌리늄은 불투과성의 특징을 가지고 있어 특정량이 한곳에 모여 집적되면 방사선에 영향을 줄 수 있으나, 인체 내 직접 투여 시 발생할 수 있는 해로운 영향을 주는 문제점을 해결하기 위해 착화합이 가능한 결합체를 이용하여 제조되어 신속하게 배출되는 것으로 알려져 있다.^[14] CT 장비를 이용한 저에너지(40keV) 단색 방사선에서 가돌리늄은 높은 감쇠를 보였다는 연구결과와는 달리 DXA장비에서 발생하는 이중에너지(40, 140keV)에서는 측정된 결과 유의한 차이를 보이지 않았는데, 본 실험에 사용한 장비는 강한 고에너지의 특징을 가진 장비로 주변 산란선을 제거하여 측정되는 특성 때문으로 생각된다.^[15]

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 임상 시험대상이 아닌 ASP를 활용한 Water phantom tank를 이용한 점이다. 둘째, MRI 조영제가 실제 인체에 투여되었을 때의 환자 건강상태, 성별, 신장, 체중과 함께 신장 기능 등의 배출에 영향을 미치는 인자가 고려되지 못하였다. 셋째, MRI 조영제 종류의 2종으로 제한하여 진행하였으며, 실험 이외의 다수

조영제에 대한 물리적 특징과 반감기가 서로 다른 점 등이 고려되지 못한 점이다. 향후 골밀도검사는 임상에서 진단적 가치에 활용범위가 확대되는 추세로 실제 임상 환자를 대상으로 추가적 연구가 이루어져야 한다.

V. CONCLUSION

골밀도검사 적용의 범위가 점점 확대되면서 골밀도검사도 여러 영상검사와 동시에 이루어지고 있다. 이에 따른 진단의 오류를 줄이기 위해 방사선 조영제와 MRI 조영제 간의 영향에 관한 여러 관점의 연구가 보고되고 있다.

본 연구에서도 MRI 조영제가 이중에너지 방사선을 이용하는 골밀도검사에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 의문으로 연구를 시작하였고, 팬텀 실험결과 골밀도 값과 T-score에 영향이 없는 것으로 나타났다. 이러한 연구결과는 팬텀 연구라는 제한점이 있으나, 향후 임상에서 환자를 대상으로 추가적인 연구 진행이 필요하다고 판단되며, 본 연구의 실험결과는 추후 임상연구의 영상검사들 사이의 잠재적인 간섭 효과에 관한 추가연구 기초자료로 활용되고자 한다.

Reference

- [1] S. H. Jeong, S. H. Choi, J. Y. Kim, J. W. Koo, H. J. Kim, J. S. Kim, "Osteopenia and osteoporosis in idiopathic benign positional vertigo", *Neurology*, Vol. 72, No. 12, pp. 1069-1076, 2009.
<http://dx.doi.org/10.1212/01.wnl.0000345016.33983.e0>
- [2] The Korean Society for AIDS, *Clinical Guidelines for the Diagnosis and Treatment of HIV/AIDS in HIV-infected Koreans*, pp. 4-13, 2015
- [3] Claus-C. Glüer, "30 years of DXA technology innovations", *Bone*, Vol. 104, pp. 7-12, 2017.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bone.2017.05.020>
- [4] J. A. Kanis, "Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk", *The Lancet*, Vol. 359, No. 9321, pp. 1929-1936, 2002.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(02\)08761-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(02)08761-5)
- [5] R. M. Lorente Ramos, J. Azpeitia Armán, N. Arévalo Galeano, A. Muñoz Hernández, J. M. García

- Gómez, J. G. Molinero, "Dual energy X-ray absorptimetry: Fundamentals, methodology, and clinical applications", *Radiología*, Vol. 54, No. 5, pp. 410-423, 2012.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.rx.2011.09.023>
- [6] J. W. Henson, R. G. Nogueira, D. J. Covarrubias, R. G. Gonzalez, M. H. Lev, "Gadolinium-Enhanced CT Angiography of the Circle of Willis and Neck", *American Journal of Neuroradiology*, Vol. 25, No. 6, pp. 969-972, 2004.
- [7] C. Chicoskie, R. Tello, "Gadolinium-Enhanced MDCT Angiography of the Abdomen: Feasibility and Limitation", *American Journal of Roentgenology*, Vol. 184, No. 6, pp.1821-1828, 2005.
<https://doi.org/10.2214/ajr.184.6.01841821>
- [8] Korean Society of Radiology, Korean Academy of Asthma, Allergy and Clinical Immunology, *Korean clinical practice guideline on adverse reactions of injectable iodinated contrast agent and gadolinium contrast agent for MRI. 2nd edition*, Korean Society of Radiology, pp. 50-55, 2016.
- [9] Y. J. Moon, J. N. Kim, I. J. Kim, H. J. Jeon, "Effect of Radioactive Isotope (^{99m}Tc) on Bone Mineral Density Measurement using the Dual Energy X-ray Absorptimetry", *The Korean Society of Radiological Imaging Technology*, Vol. 15, No. 1, pp. 97-102, 2018.
<http://scholar.dkyobobook.co.kr/searchDetail.laf?barcode=4010026498837>
- [10] T. Masud, S. Langley, P. Wiltshire, D. V. Doyle, T. D. Spector, "Effect of spinal osteophytosis on bone mineral density measurements in vertebral osteoporosis", *British Medical Journal*, Vol. 307, No. 6897, pp. 172-173, 1993.
<http://dx.doi.org/10.1136/bmj.307.6897.172>
- [11] B. Mueller, M. K. O'Connor, "Effects of radioisotopes on the accuracy of dual-energy X-ray absorptimetry for bone densitometry", *Journal of clinical densitometry*, Vol. 5, No. 3, pp. 283-287, 2002. <http://dx.doi.org/10.1385/JCD:5:3:283>
- [12] A. Sala, C. Webber, J. Halton, J. Morrison, L. Beaumont, A. Zietak, R. Barr, "Effect of diagnostic radioisotopes and radiographic contrast media on measurements of lumbar spine bone mineral density and body composition by dual-energy x-ray absorptimetry", *Journal of Clinical Densitometry*, Vol. 9, No. 1, pp. 91-96, 2006.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jocd.2005.10.003>
- [13] H. S. Kim, D. K. Dong, "Appropriate image quality management method of bone mineral density measurement", *The Korea Contents Association*, Vol. 7, No. 1, pp. 1141-1149, 2009.
- [14] Medical Imaging Research Society, *Magnetic resonance imaging*, Daihakseorim Publishing., Republic of Korea, 2019.
- [15] W. H. Ju, "The Evaluation of Gadolinium based Contrast Agent as a Substitutive Contrast Agent in Dual Energy X-ray CT", *Master's Thesis*, Korea University, 2016.

가돌리늄조영제가 이중에너지 X-선 흡수법을 이용한 골밀도검사에 미치는 영향

이근옥*, 이민수

순천향대학교부속 부천병원 영상의학과

요 약

골밀도검사에서 측정값에 영향을 주는 요인 중 하나인 방사선 조영제는 진단 목적으로 사용되어 조직 등에 흡수되어 골밀도 측정값을 높이는 효과가 있어, 골밀도검사 시행 전에는 될 수 있으면 피하고 있다. 이러한 방사선 조영제와는 다른 물리적 특성과 작용기전을 갖는 MRI 조영제는 금속원소인 가돌리늄 기반으로 방사선 불투과성 특징을 가지고 있어 일반적으로 방사선을 이용한 검사 전에 MRI 검사를 선 시행하고 있다. 본 연구에서는 MRI 조영제가 이중에너지 X-선 흡수법을 이용한 골밀도검사에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 가돌리늄 기반의 MRI 조영제 2종을 아크릴 수조에 용량별로 주입하여 인체모형 척추 팬텀을 넣고, 각 주입량 종류별로 5회씩 총 30회 scan 하여 L1-L4 번까지의 골밀도와 T-score를 분석하였다. 측정된 2종의 조영제별 Total(L1-L4) 골밀도의 평균값은 가도테레이트 메글루민성분 0mL, 7.5mL, 15mL일 때, 각각 0.952 ± 0.052 , 0.957 ± 0.050 , 0.956 ± 0.05 g/cm²로 나타났으며, 가도부트롤성분 0mL, 5mL, 10mL일 때, 각각 0.953 ± 0.001 , 0.954 ± 0.001 , 0.945 ± 0.001 g/cm²로 모든 부위에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>0.05). Total (L1-L4) T-score의 평균값은 가도테레이트 메글루민성분은 0mL, 7.5mL, 15mL일 때, 각각 -0.46 ± 0.05 , -0.4 ± 0 , -0.42 ± 0.04 로 나타났으며, 가도부트롤성분 0mL, 5mL, 10mL일 때, 각각 -0.46 ± 0.05 , -0.46 ± 0.05 , 0.5 ± 0.00 으로 모든 부위에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>0.05). 본 실험에서는 MRI 조영제는 이중에너지 X-선 흡수법을 이용한 골밀도검사에 영향이 없는 것으로 나타났으나, 임상 대상이 아닌 제한적 조건의 인체 모형 팬텀을 사용하여 조영제의 배출시간에 영향을 주는 신장 기능, 신체 상태 등이 고려되지 못한 제한점이 있어 추후 추가적인 임상연구 진행이 필요할 것으로 사료된다.

중심단어: 이중에너지 흡수측정법, 골밀도, 가돌리늄, 골다공증

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	이근옥	순천향대학교부속 부천병원 영상의학과	방사선사
(교신저자)			
(공동저자)	이민수	순천향대학교부속 부천병원 영상의학과	방사선사