

자체 개발한 보조기구로 원위 요골의 골밀도 측정 자세 연구

— Study on Oneself Developed to Apparatus Position of Measurement of BMD in the Distal Radius —

충남대학병원 영상의학과 · 을지대병원 영상의학과¹⁾ · 건양대병원 영상의학과²⁾ · 대원대학 방사선과³⁾

한만석 · 송재용 · 이현국¹⁾ · 유세중²⁾ · 김용균³⁾

— 국문초록 —

연구목적 : 본 연구는 원위 요골의 회전에 따른 투사 단면적의 변화가 골밀도에 미치는 영향이 어느 정도 인지 알아보고, 정확한 회전각을 알아보기 위한 보조기구를 개발하는데 있다. 또한 전완부의 골밀도 측정 시 정확한 측정 방법을 알아보고자 하였다.

연구방법 : 골밀도 측정시 정확한 측정 자세를 알아보고자 수술, 기형이나 외상력이 없는 20대 남성 20명을 대상으로 하였다.

실험은 세가지로 수행하였다. 첫째, 원위요골 골밀도 측정을 위한 보조기구 제작. 둘째, 원위 요골의 단면 구조 및 수평면에 대한 각도를 파악하기 위하여 CT(Computer Tomography) 스캔을 하였다. 회전 각도는 PACS 모니터 상에서 m-view 프로그램으로 측정하였다. 셋째, 회전에 따른 골밀도의 변화를 알아보기 위하여 20개의 건조 된 사체 표본요골을 DXA로 중립위(0도)를 기준으로 내회전 및 외회전 각각 5, 10도에서 측정하였다.

결 과 : CT 스캔 상 원위요골 단면의 평균 회전 각도는 각각 외회전이 80%(n=16) 7.4도, 내회전이 15%(n=3) 3.3도, 중립 위가 9%(n=1) 1.0도이었다. 20명에 대한 전체 평균 회전각은 외회전 약 5.4도이었다.

건조된 cadaver 연구에서도 각 원위 요골의 회전 각도별 골밀도 값이 서로 달랐고 회전 각도가 최저 골밀도 인 경우의 평균 외회전 3.3도 이었다.

결 론 : 원위요골의 골밀도 측정 시에도 20명의 CT영상과 건조된 사체 요골표본에서의 결과와 같이 원위 요골의 해부학적 구조상 대부분이 외회전 되어 있어 중립위 보다는 적절한 내회전이 필요하며 약 5도를 추천 한다.

중심 단어 : 골밀도, 원위요골, 이중 에너지 X선 흡수법, 사체표본요골

I. 서 론

*접수일(2009년 10월 31일), 심사일(2009년 11월 6일), 확정일(2009년 12월 2일)

교신저자 : 한만석, (301-721) 대전시 중구 문화로 33
충남대학병원 영상의학과
TEL : 042-280-7337
E-mail : hms72@cnuh.co.kr

X-ray를 이용한 골밀도 측정은 측정 부위를 투사한 X-ray의 감쇄도를 측정하는 것이다. 이중 에너지 X선 흡수법(Dual Energy X-ray Absorptiometry, 이하 DXA)은 15 KeV에서 80 KeV에 이르는 저에너지와 고에너지

지 두 가지의 방사선이 인체를 투과 할 때 방사선 투과율(흡수량)의 차이를 측정함으로써 투과 물질의 밀도를 산출하는 방법이며¹⁾ 측정시간이 한 부위 당 3~5분으로 다른 장비에 비해 짧고 우수한 정확성(precision)(L-spine ; 0.5~1.5%, femur ; 1~3%, whole body, forearm ; 1%)과 해상도를 보인다²⁾. DXA는 척추 및 대퇴경부, 원위요골 부위를 정확하게 진단하는 장비로 골밀도 측정에 있어 폭 넓게 활용되고 있다³⁾.

최근 DXA를 이용한 원위요골 골밀도 측정이 활발하게 보고⁴⁻⁵⁾되고 있고, 원위요골의 골밀도 측정의 의의가 부각되고 있다. 또한 원위요골의 골절은 타 부위 골절 특히 요추 및 대퇴경부의 골절에 선행된다고 보고되고 있다⁵⁻⁷⁾. 요추 및 대퇴경부의 골밀도가 전신골밀도를 대변하지만 특정 부위의 골절 예측은 상대적으로 떨어지는 것으로 알려져 있다. 따라서 원위요골의 골절 위험도를 예측하기 위해서는 원위요골의 골밀도 측정이 훨씬 정확하다³⁾.

대퇴경부의 경우 골밀도의 측정 시 전경사(anteversion)를 고려하여 약 15도 정도 내회전(internal rotation)시키는 것이 권장되며, 이 위치에서 대퇴경과 촬영테이블이 평행을 이루며 투사 단면적이 증가되어 최저 골밀도로 측정된다(Fig. 1)⁸⁾.

원위요골 단면이 타원형인 피사체는 장축의 회전에 따라 측정부위의 투사 단면적이 변화함으로써 골밀도가 변화한다(Fig. 2). 전산화 단층촬영(Computer Tomography, 이하 CT)에서도 원위요골의 단면은 원형이 아니고 원위요골의 밀면이 수평면에 대하여 평행하지 않기 때문에 원위요골의 회전 각도에 따라 골밀도의 변화가 있을 것으로 추정된다(Fig. 3).

따라서 본 연구에서는 원위요골의 회전 시 투사된 단면적의 변화로 골밀도가 얼마만큼의 차이가 있는지 알아보고

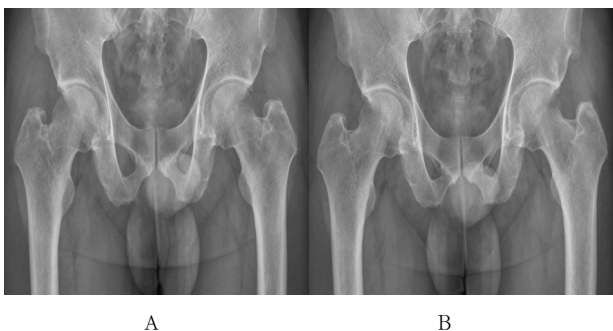


Figure 1. Neutral position (A) and internal rotation (B) of the femur. The projected area is changed according to the rotation angle of the femoral neck. The maximal projected area is obtained at internal rotation 15 degrees due to average anteversion 15 degree in adults.

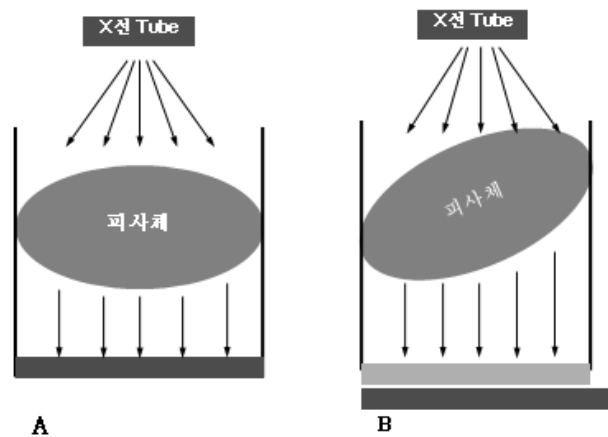


Figure 2. The illustrations for the effect on the projected area according to the rotation of an oval object. The projected area in B with some rotation of the oval subject is decreased compared with the projected area in A which shows maximum projected area.

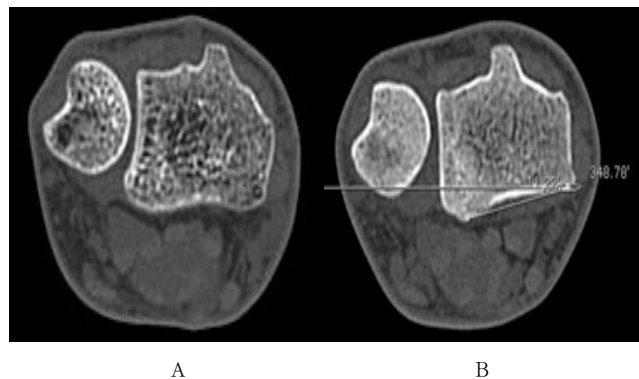


Figure 3. CT scan of distal forearm. The rotational angle of the distal radius to the horizontal plane is different in A and B. A shows neutral position and B shows supination of the forearm. The projected area in distal radius is changed according to the rotation angle of the forearm. Note. - The pronator muscle is visualized at both ends of the inferior border of the radius.

정확한 회전각을 알아보기 위해 보조기구를 개발하며, 원위요골의 골밀도 측정 시 정확한 측정 방법을 찾고자 한다.

II. 실험대상 및 방법

골밀도 측정시 정확한 측정 자세를 알아보기로 수술, 기형이나 외상력이 없는 20대 남성 20명을 대상으로 전완부의 CT(Somatom sensation 64 ; siemens, Forchheim, Germany) 스캔을 시행하였다.

실험은 세가지로 수행하였다. 첫째, 원위 요골 골밀도 측정을 위한 보조기구 제작. 둘째, 원위 요골의 단면구조 및 수평면에 대한 각도를 파악하기 위하여 CT 스캔을 하였다. 회전 각도는 PACS(marosis view ; Marotech, 대한민국) 모니터 상에서 m-view 프로그램으로 측정하였다. 셋째, 회전에 따른 골밀도의 변화를 알아보기 위하여 20개의 건조된 사체 표본요골을 DXA로 중립위(0도)를 기준으로 내회전 및 외회전 각각 5, 10도에서 측정하였다.

1. 원위요골 골밀도 측정을 위한 보조기구 제작

원위요골의 단순촬영 방법에 따른 자세(전완부 단순 촬영의 true AP 자세로 전완부와 어깨를 최대한 수평을 이루도록하고 손은 살며시 움켜쥐고 바닥에 붙이는 자세)를 기본으로 하였으며, 정확한 회전 각도를 찾기 위해 삼각함수에 따른 봉의 길이와 양 옆의 눈금을 정하여 다음과 같이 제작하였다.

- 1) 기구의 전체 크기는 28.6×20×10 cm이다(Fig. 4A).
- 2) 봉 길이는 함수 공식 ' $\tan\theta = 0.5/\text{봉의 길이}$ '에 의해 정하였다. 따라서 봉 길이는 $\theta = 1$ 인 경우 0.5/0.017455로서 28.6 cm이다.
- 3) 손으로 잡는 봉을 밀면이라 하고 0.5 cm(1도에 해당)씩 위아래 조정하여 양 쪽에 눈금과 위치 조정기를 제작하였다(Fig. 4B).
- 4) 봉에 봉대를 감아 미끄럼을 방지하고 손이 수평으로 들어 갈 수 있도록 뒷부분에 구멍을 내어 봉과 전완부가

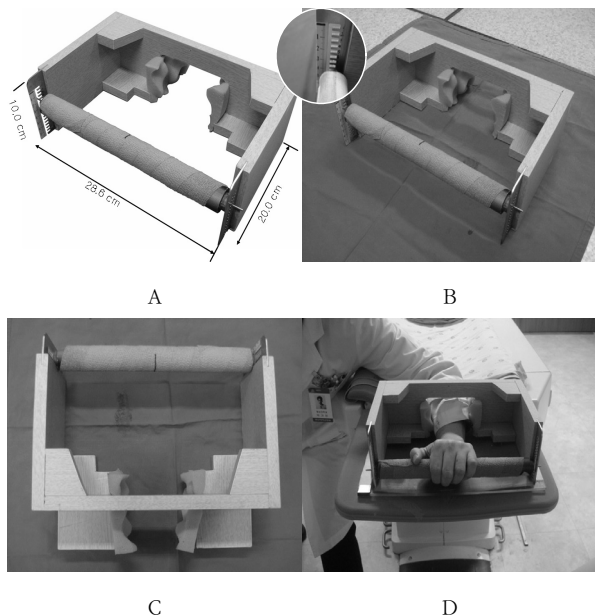


Figure 4. A apparatus for the exact rotating of distal forearm during the measurement of BMD.

수직이 되도록 하였다(Fig. 4C). 손의 중지를 봉의 중심(14.3 cm)에 맞추고 손목을 최대한 바닥에 밀착시킬 수 있도록 하였다(Fig. 4D).

2. CT Study

원위요골의 단면 구조 및 수평면에 대한 각도를 파악하기 위하여 20대 남자 20명을 대상으로 CT 스캔을 시행하였다. 원위 요골의 자세는 단순 촬영 시 전후 중립 촬영과 같은 방법으로 자세를 낮추고 어깨를 최대한 전완부와 수평을 이루도록 하였다(Fig. 5A). 봉의 중앙부를 기준으로 손의 중지를 봉의 가운데에 맞추고 손목을 최대한 바닥에 밀착시켰다(Fig. 5B). 전완부 CT 스캔은 slice 간격 1 mm, kernel

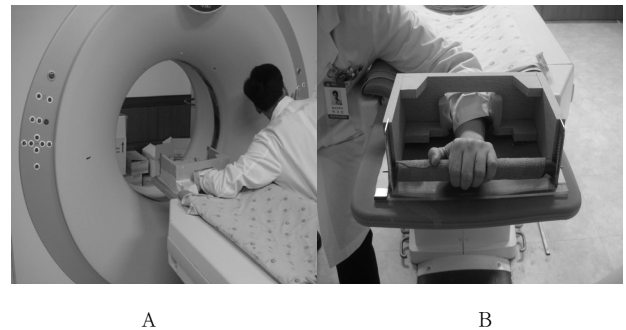


Figure 5. CT scan of the distal radius using the newly designed apparatus.

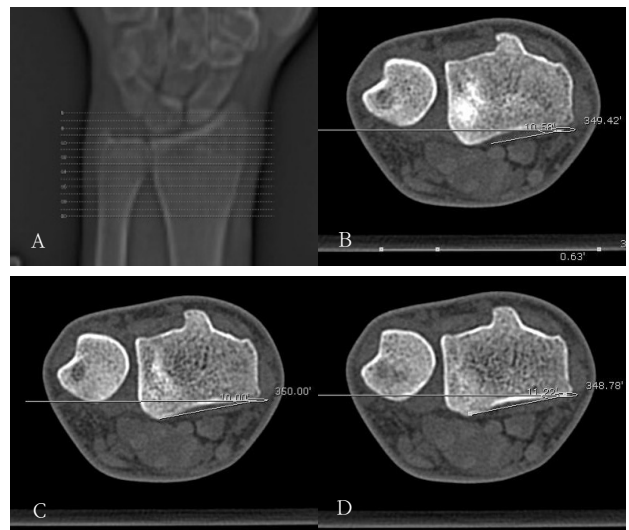


Figure 6. CT scan for the measurement of rotational angle of the radius. 2A, A scout image for cross sectional images. 2B-2D, Three consecutive axial CT images at the level of distal radioulnar joint show supination of the distal radius. The rotational angle of the distal radius to the horizontal plane is average 10 degree. Note, - The pronator muscle is visualized at both ends of the inferior border of the radius,

u76sharp, 200 kVp, 120 mAs로 하여 원위 요척관절 중심
으로 20단면 영상을 얻었다.

원위요골의 단면 중 내회전근이 요골 단면의 밑변에 일
치하는 영상과 이의 전후면 총 3개의 영상 면에서 요골 단
면의 밑변과 수평면과의 각도를 측정하여 평균값을 구하
였다. 측정값에 따라 중립위(0도), 내회전(-), 외회전(+)
의 여부를 기술하였다(Fig. 6). 단 중립위는 ± 1 도 범위
내를 포함하여 분석하였다.

3. Cadaver Study

좌측 요골의 건조 된 사체 표본요골 20본(Fig. 7)을 원

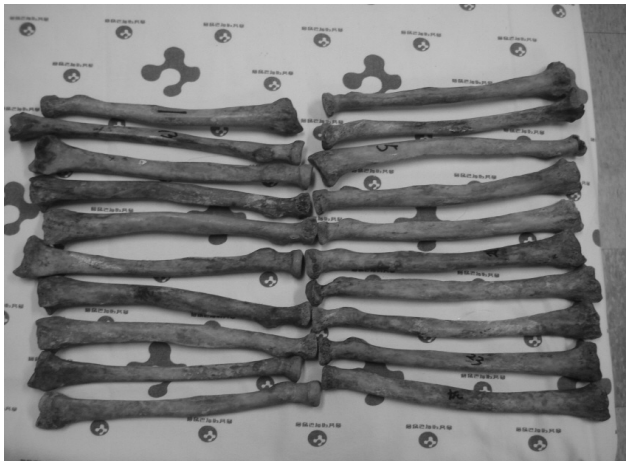


Figure 7. The dried 20 left radii of cadaveric specimens.

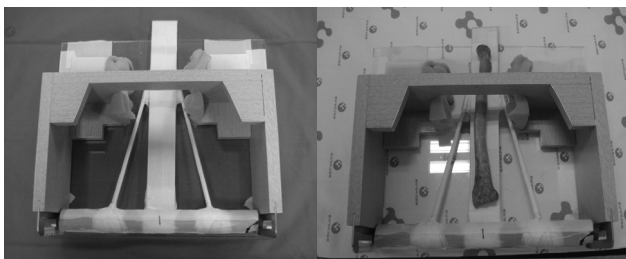


Figure 8. A apparatus for the measurement of BMD of dried cadaver (radius). 4A. A thick acryl plate connected with the middle portion of a rod and both side wooden chopsticks connected with the rod and acryl plate for horizontal balance. 4B. The bottom of a radius closely placed on the acryl plate during the measurement of BMD

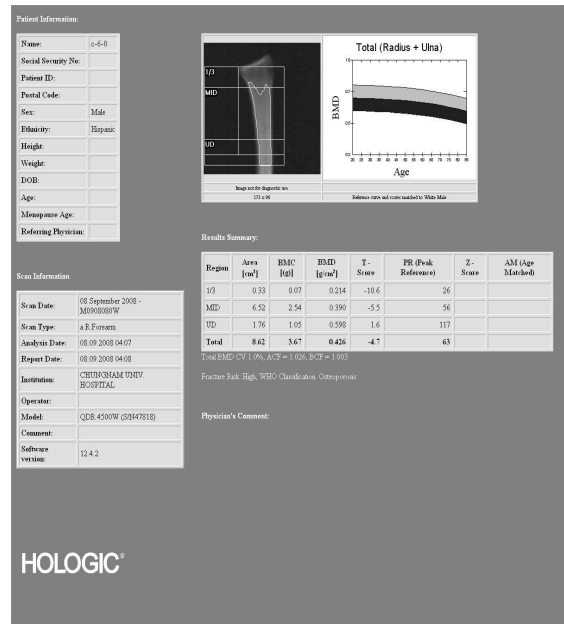


Figure 9. A report of bone mineral density of the dry cadaver of a distal radius

위요골 측정 도구를 이용해 DXA로 측정하였다. 측정 도
구는 봉 중앙에 두꺼운 아크릴 판을 연결하고 양 옆에 나
무로 흔들리지 않고 평행을 유지할 수 있도록 보조물을 부
착하였다(Fig. 8A). 그리고 요골표본을 아크릴 판 위에 밑
면이 평행하도록 올려놓고 DXA로 측정하였다(Fig. 8B,
8C). 측정 방법은 원위요골의 전방 지저부에 바닥으로 평
행하게 위치시키고 중립위(0도)를 기준으로 내회전 및 외
회전 각각 5, 10도에서 측정하였다(Fig. 8D).

DXA로 촬영한 사체 표본요골 골밀도 값의 측정 데이터
를 각각 UD, MID, 1/3로 구분하여 골밀도 값을 구하였다
(Fig. 9).

III. 결 과

1. CT Study

20명에 대한 CT상 회전각 및 분포도는 다음과 같다
(Table 1, Fig. 10). 원위요골단면에 회전 각도가 수평면
에 대하여 각각 외회전 80%(n=16), 내회전 15%(n=3), 중
립위 5%(n=1)이었다. 회전 각도는 내회전 5.6도에서 외회
전 16.4도까지 다양하였고 평균 회전각은 각각 7.4도, 3.3
도, 1.0도이었다. 20명에 대한 전체 평균 각은 외회전 약
5.4도이었다.

Table 1. The Rotational Angle of Distal Radius on CT Images

Image No	Image 1	Image 2	Image 3	Average	Rotation
1	10.0	11.0	12.0	11.0	S
2	0.8	0.6	1.2	0.9	N
3	11.5	10.3	9.8	10.8	S
4	9.5	9.3	9.2	9.3	S
5	7.3	6.2	5.8	6.4	S
6	16.4	15.6	11.4	14.4	S
7	3.1	1.9	0.7	1.9	S
8	2.0	2.6	0.8	1.8	S
9	11.3	10.7	10.8	10.9	S
10	9.2	9.3	6.7	8.4	S
11	2.0	3.3	3.0	-2.8	P
12	2.5	1.5	1.8	1.9	S
13	9.4	10.6	8.4	9.4	S
14	4.2	8.3	8.8	7.1	S
15	8.5	8.7	7.6	8.2	S
16	8.8	6.4	3.6	6.4	S
17	1.0	1.5	3.5	-1.5	P
18	5.7	3.5	1.0	3.4	S
19	5.0	6.5	5.3	-5.6	P
20	7.5	8.0	7.5	7.6	S
				Average	= 5,4

Abbreviation ; S = Supination, P = Pronation, N = Neutral.

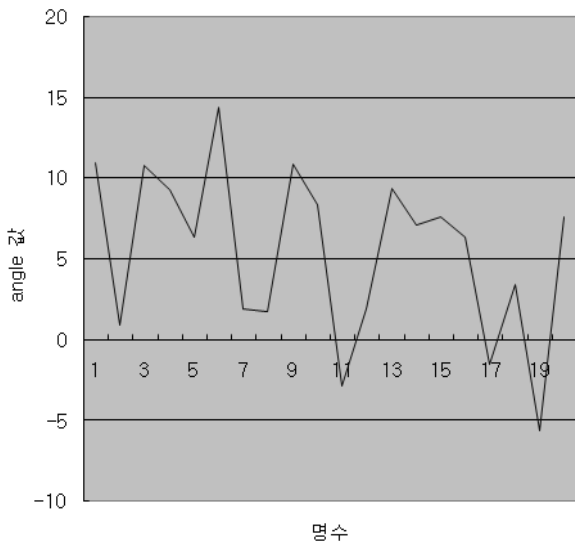


Figure 10. The rotational angle of distal radius on CT images

2. Cadaver Study

건조된 사체 표본요골 20개의 회전 각도별 골밀도 및 분포도는 다음과 같다(Table. 2, Fig. 11). 최저 골밀도로

측정되는 평균 회전각은 외회전 3,3도이었다.

Table 2. The Bone Mineral Density of the Dried Distal Radius(total) of Cadaveric Specimens According to the Rotation Angle(g/cm²)

Angle No	-10	-5	0	5	10	RALB	
1	0.358	0.379	0.341	0.331	0.323	10	
2	0.336	0.336	0.345	0.356	0.344	-7.5	
3	0.373	0.36	0.349	0.335	0.323	10	
4	0.347	0.337	0.34	0.344	0.32	10	
5	0.328	0.323	0.323	0.332	0.341	-2.5	
6	0.402	0.404	0.426	0.415	0.423	-10	
7	0.279	0.279	0.267	0.276	0.264	10	
8	0.309	0.31	0.297	0.294	0.283	10	
9	0.3	0.322	0.305	0.311	0.306	-10	
10	0.297	0.282	0.293	0.297	0.287	-5	
11	0.296	0.287	0.289	0.295	0.288	-5	
12	0.286	0.288	0.286	0.285	0.282	10	
13	0.285	0.304	0.275	0.276	0.27	10	
14	0.3	0.302	0.3	0.296	0.29	10	
15	0.298	0.286	0.305	0.298	0.295	-5	
16	0.203	0.195	0.197	0.2	0.207	-5	
17	0.258	0.259	0.26	0.257	0.229	10	
18	0.272	0.279	0.266	0.268	0.279	5	
19	0.346	0.342	0.341	0.34	0.326	10	
20	0.296	0.289	0.279	0.269	0.253	10	
						Average	=3,3

Abbreviation ; RALB = Rotation angle of the lowest BMD, -10 = pronation 10 degree, +10 = supination 10 degree.

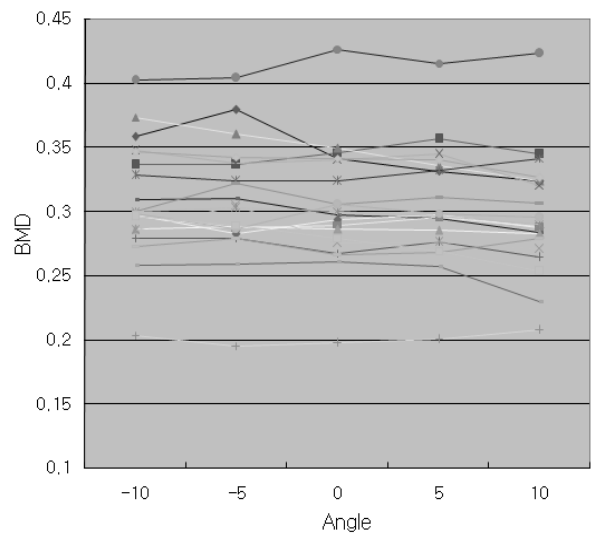


Figure 11. The distribution of the BMD of the dried cadaver of distal radius according to the rotation angle

IV. 고 찰

골밀도를 정확하게 측정하는 목적은 골절위험도를 평가하여 골절을 예방하는데 있다. 골밀도를 정확하게 측정하기 위한 방법으로 여러 종류의 검사법이 있으나 현재로서는 DXA가 가장 널리 이용되고 있다. DXA를 이용한 골밀도 측정부위는 요추, 대퇴경부, 원위 요골로 알려져 있다. 요추 및 대퇴경부의 골밀도가 그 부위의 골질을 예측할 수 있으나 타 부위의 골질 예측은 상대적으로 떨어지는 것으로 알려져 있다. 특히 원위요골은 65세 이상의 고령에서 흔한 골절 부위로 서양에서는 1,000명당 8~10명의 유병률을 보이는 것으로 보고되고 있다⁹⁾. 전완골부의 골절 위험도를 예방하는데는 원위요골의 골밀도 측정이 훨씬 정확하다고 알려져 있다. DXA를 이용한 원위 요골에서 골밀도의 측정은 전박을 중립위로 하여 측정하였으나 원위 요골의 밀면이 수평면에 평행하지 않아 원위요골의 회전 각도에 따라 골밀도의 변화가 있을 것으로 추정하였다. Goh⁸⁾ 등은 대퇴경부에서 골밀도 측정 시 전경사(anteversion)를 고려하여 약 15도 정도 내회전(internal rotation)을 추천하였다. 원위 요골의 골밀도 측정 시에도 중립위 보다는 적절한 회전각이 필요함을 알 수 있다.

20명에 대한 CT상 회전각에 대한 연구에서 중립위인 경우 원위요골단면에 회전 각도가 수평면에 대하여 내회전 5도에서 외회전 15도까지 다양하였다. 이는 사람마다 원위 요골의 해부학적 구조가 달라서 회전 방향과 정도가 다르다는 것을 알 수 있다. 회전방향은 외회전이 대부분이어서(80%) 정확하고 일정한 측정을 위하여 내회전이 필요함을 알 수 있다. 그리고 20명에 대한 전체 평균 각은 외회전 약 5도이었다. 7.5도와 2.5도의 표기는 10도와 5도의 최저 골밀도 값이 동일 할 경우 7.5도로, 5도와 0도의 최저 골밀도 값이 동일 할 경우 2.5도로 표기함.

건조된 사체 요골표본 연구에서도 각 원위요골의 골밀도는 회전 각도에 따라 변화하였고 회전 각도가 최저 골밀도인 경우 평균 외회전 3.3도이었다. 측정 시 사체 요골표본의 밀면이 생체의 중립위를 의미하지 않아 척골이 붙어 있는 생체와는 다르지만 전반적으로 최저 골밀도의 회전 각에서 골밀도를 측정하기 위해서는 내회전이 필요함을 알 수 있다.

본 연구의 제한점으로는 CT 검사시 겐트리와 테이블에 구조적 문제로 완전한 중립위를 취하지 못하였다. 그러나 고안된 기구 및 수평계를 이용하여 최대한 중립위를 취하였다. 향후 전완부의 회전에 따른 임상 연구가 필요하며 전세계적으로 대퇴경부 골밀도 측정 시 내회전 약 15도를

시행하고 있다. 이 실험을 통해 원위요골의 골밀도 측정시 적절한 회전각을 찾는 중요한 실험 자료임이 사료된다.

V. 결 론

대퇴경부에서 골밀도 측정 시 전경사(anteversion)를 고려하여 약 15도 내회전(internal rotation)을 시행하고 있다. 원위 요골의 골밀도 측정 시에도 20명의 CT영상과 건조된 사체 요골표본에서의 결과와 같이 전완부의 해부학적 구조상 대부분이 외회전 되어 있어 중립위 보다는 적절한 내회전이 필요하며 약 5도를 추천한다.

참 고 문 헌

1. 김종철, 오명주, 박무실 등 : 한국 성인 여성의 골밀도 및 폐경전후의 골밀도 비교. 대한산부회지 39, 1905-1912, 1996
2. 양승오 : 이중에너지 방사선 흡수법(DXA)와 정량적 초음파법(QUS). 제3차 골다공증 연수 강좌. 29-40, 1999
3. 양준영, 김영모 : 근위 대퇴골 및 요추부 골밀도 검사의 상관관계 분석. 대한골절학회지. 16(4), 570-574, 2003
4. Monique E, Muller Colin E, Webber Mary L, Bouxsein. Predicting the failure load of the distal radius. Osteoporos Int 14, 345-352, 2003
5. Lazoura O, Groumas N, Antoniadou E, Papadaki PJ, Papadimitriou A, Thriskos P, Fezoulidis I, Vlychou M. Bone mineral density alterations in upper and lower extremities 12 months after stroke measured by peripheral quantitative computed tomography and DXA. J Clin Densitom. 11(4), 511-7, 2008
6. Owen RA, Melton LJ, Johnson KA, Ilstrup DM, Riggs BL. Incidence of Colles' fracture in a North American community. Am J Public Health 72, 605-07, 1982
7. Eastell R : Forearm fracture. Bone, 18, 203-07, 1996
8. J.C.H. Goh, S.L. LOW, Bose. Effect of femoral rotation on bone mineral density measurements

with dual energy X-Ray absorptiometry.
Calcified Tissue Int, 57, 340-343, 1995

9. 이상학 : 고령환자의 요골 원위부 골절시 비수술적 치료의 유용성, 중앙대학교 대학원 석사학위 논문. 2003

• Abstract

Study on Oneself Developed to Apparatus Position of Measurement of BMD in the Distal Radius

Man-Seok Han · Jae-Yong Song · Hyun-Kuk Lee¹⁾ · Se-Jong Yu²⁾ · Yong-Kyun Kim³⁾

Department of Radiology, Chungnam National University hospital

¹⁾*Department of Radiology, Eulji University hospital*

²⁾*Department of Radiology, Konyang University hospital*

³⁾*Department of Radiological Technology, Daewon University College*

Purpose : The aim of this study was to evaluate the difference of bone mineral density according to distal radius rotation and to develop the supporting tool to measure rotation angles.

Materials and Methods : CT scanning and the measurement of BMD by DXA of the appropriate position of the forearm were performed on 20 males. Twenty healthy volunteers without any history of operations, anomalies, or trauma were enrolled. The CT scan was used to evaluate the cross sectional structure and the rotation angle on the horizontal plane of the distal radius. The rotational angle was measured by the m-view program on the PACS monitor. The DXA was used in 20 dried radii of cadaveric specimens in pronation and supination with five and ten degrees, respectively, including a neutral position (zero degrees) to evaluate the changes of BMD according to the rotation.

Results : The mean rotation angle of the distal radius on CT was 7.4 degrees of supination in 16 cases (80%), 3.3 degrees of pronation in three cases (15%), and zero degree of neutral in one case (9%), respectively. The total average rotation angle in 20 people was 5.4 degrees of supination. In the cadaveric study, the BMD of the distal radius was different according to the rotational angles. The lowest BMD was obtained at 3.3 degrees of supination.

Conclusion : In the case of the measurement of BMD in the distal radius with a neutral position, the rotational angle of the distal radius is close to supination. Pronation is needed for the constant measurement of BMD in the distal radius with the rotation angle measuring at the lowest BMD and about five degrees of pronation of the distal radius is recommended.

Key Words : BMD, distal radius, DXA, Cadaver