대퇴부 방사선영상에서 대퇴골 근위부의 형태학적 측정과 골소주의 특성을 이용한 골다공증 예측에 관한 연구

논 문
59-4-26

A Study of Osteoporosis Prediction using Morphological Measuring of Proximal Femoral Part and Trabecular Characteristics Based on Femoral Radiographic Image

김 성 민† · 노 승 규* · 노 용 만**
(Sung-Min Kim · Seung-Gyu Roh · Yong-Man Ro)

Abstract - This study was designed to examine the morphological measurement and characteristics of trabecullae based on femoral radiographic image for prediction of osteoporosis. Study subjects were 34 females (average age of 62.1 years) and 6 males (average age of 60.1 years), they were categorized into normal group and osteoporosis group in accordance with the T-score value. Measurement of the bone density of femoral bone was measured with DEXA(Dual Energy X-ray absorptiometry). ROI(Region of interests) was selected on femoral neck and trochanter. Characteristics of trabecullae was analyzed by using the skeletonization analysis of trabecular image. Morphological measurement was analyzed through femoral radiographic image in order to examine the correlation with osteoporosis. The result demonstrated statistically significant correlation between neck cortical thickness, shaft width, shaft cortical thickness, periphery, mean gray level and trabeculae area with BMD average (T-score) of femoral part. The results show that morphological measurement and characteristics of trabecullae based on femoral radiographic images for osteoporosis prediction could be effective.

Key Words : Osteoporosis, Proximal femoral, Fractal Dimension, Morphological measuring, Trabecular characteristic

1. 서 론

골다공증은 골의 강도가 손상되으로 골절의 위험도가 높아지는 골격질환이며, 골밀도가 저하되어 골절에 취약한 상태로서 최근 평균연령이 증가하면서 노인인구의 증가와 함께 중요시 되고 있다. 골강도는 뼈가 골절에 저항하는 힘으로 골량(bone mass)과 골질(bone qulity)에 의해서 구분된다. 골량은 골밀도로 대신할 수 있으며, 골질은 골량 이외의 다른 요소로 골의 강도를 좌우하는 요소이다. 골밀도의 측정방법에는 일반적으로 임상에서 주로 사용하는 DEXA(dual energy X-ray absorptiometry), QCT(quantitative computed tomograph), QUS(quantitative ultrasound)등이 있다. 이 중 DEXA로 요추와 대퇴골의 골밀도를 측정하여 골다공증을 판단하는 것이 가장 일반적인 골밀도 측정법이다[1][2][3][4].

최근의 연구들에 의하면 골강도를 결정하는 요인에는 골밀도 뿐만 아니라 골질의 구조 특성 또한 중요하다고 알려져 있다[5][6]. 골질의 구조적 성질에서 골구조는 골의 면적, 골소주의 크기와 배열 등이 주요한 역할을 하며[7] 골소주의 형태학적인 특성들을 정량적으로 분석하는 방법들이 활발하게 연구 되고 있다[8][9][10][11][12]. 널리 보급되어 있는 단순 방사선 사진을 통해 골구조를 분석하는 방법은 해당부위의 골강도와 골다공증을 예측할 수 있는 가능성이 있다. 또한 프랙탈 분석을 이용하여 골질 변화를 평가하거나 골질을 예측하려는 연구도 진행되고 있다. 프랙탈 분석은 복잡한 모양이나 구조적인 양상을 정량화 하여 일정범위의 수치인 프랙탈 차원 값을 얻는 방법이다[13][24]. 프랙탈 차원은 소주골의 복잡한 구조를 설명할 수 있는 간단한 방법으로 사용된다. 또한 골다공증성 골절을 예측하는데 다른 부위에 비하여 대퇴골에서 측정한 골밀도가 가장 높은 연관성을 나타낸다[14][15]. 골다공증은 대퇴골 전체, 경부, 전자부의 골밀도 중 가장 낮은 부위로 진단한다[16]. 대퇴부의 디지털 방사선영상에서 골다공증 환자와 정상인 골소주의 미세구조를 측정하는 연구는 꾸준히 보고되고 있다.

본 논문에서는 골다공증이 의심이 되는 중년층이나 노년층 등이 DEXA를 이용해 요추나 근위 대퇴골 부위의 골밀도를 측정하는 경우가 많고 또한 해당 골조직의 일반 방사선 사진이 동시에 촬영된 경우가 많다는 점에서 본 연구를 착안하였다. 기존의 연구들은 2차원 방사선영상에서 골소주의 특성을 정량적으로 측정 혹은 프랙탈 분석법에 의해 정상 조건 하에서와 병적 조건 하에서 차이가 있는가를 분석한 연구들이다. 본 연구에서는 골소주의 특성 이외에 고관절 방사선 검사에서 단순 계측한 대퇴골 근위부의 골형태(bone geometry)를 분석하여 골밀도 검사 결과와의 비교를 하였다. 근위 대퇴부를 형태계측학적으로 분석하여 골밀도 측정값과 상관관계를 가지고 골다공증 예측에 미치는 영향에 알아보았고 대퇴부 측정시 대퇴경부와 대전자부로 나누

† 교신저자, 정회원 : 동국대_서울 의생명공학과 부교수
E-mail : ssmkim@dongguk.edu
* 비 회 원 : 동국대-서울 의료융합시스템연구실
** 비 회 원 : 한국과학기술원 전자공학과 정교수
접수일자 : 2009년 11월 18일
최종완료 : 2010년 2월 17일

어 골소주의 특성, 프랙탈 분석 및 근위 대퇴부를 형태계측학적으로 측정하여 골다공증 환자와 정상인의 골밀도 검사(T-score)와 비교하여 골의 특성 및 형태와 골밀도간의 상관관계에 대하여 평가하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 연구대상

골다공증 관련 검사를 받은 여성 34명 (평균연령 62.1세), 남성 6명 (평균연령 60.7세)을 연구대상으로 키와 몸무게를 측정한 후 DEXA(dual energy X-ray absorptiometry, HOLOGIC, USA)를 사용하여 대퇴경부와 대전자부의 골밀도를 측정하고 그 값을 WHO분류에[17] 의한 T-score에 따라 정상군 및 골다공증군으로 분류하였다. 관심영역은 대퇴경부와 대전자부 부위를 설정하여 컴퓨터에 디지털 방사선 사진상의 형태로 저장하였으며 대퇴골 부위를 나눈 이유는 각 부위의 피질골과 해면골의 성분이 다르기 때문이다.

2.2 디지털 영상 분석

영상의 분석을 위해 골형태 관련 컴퓨터 프로그램(Scion image for windows, Scion coporation, USA)을 이용하여 대퇴골부위에 40×40 픽셀 크기의 관심영역(region of interest, ROI)을 선택하여 총 80개의 관심영역 영상을 설정하였다. 이 중에서 골질의 분석이 어려운 영상을 제외한 총 70개의 영상을 선택하여 사용하였다. 모든 ROI영상을 White와 Rudolph에[18] 의해 고안된 방법을 이용하여 다음과 같이 처리하였다. 우선 대퇴부(Fig. 1A)에서 선택된 각각의 ROI영상들을 가우시안 필터(gaussian filter, sigma=10 pixel)를 적용시켜 미세하거나 중간규모의 구조를 제거하여 흐림 영상(blurred image)를 얻었다.(Fig. 1B) 그리고 이 blurred image를 원본영상에서 subtraction처리한 후 128의 회색조 값을 가산(adding gray level 128)한 후에 평균 회색조 수치가 128인 영상을 얻었다. 이 영상을 골구조 분석 프로그램을 이용하여 영상을 128의 회색조 수준을 기준으로 이분화 하여 이원영상(binary image)를 만들었다.(Fig. 1C) 이렇게 이분화된 영상에서 noise의 제거를 위해 erosion과 dilation처리를 하였다.(Fig. 1D) 이분화 영상에서 외곽선만을 추출하여 외곽선 영상(outline image)를 얻었으며(Fig. 1E) 외곽선 영상의 선택영역 길이를 측정하여 골 외곽선 길이를 구하였다. 골면적은 외곽선 영상에서 점의 수를 구하였다. 최종적으로 픽셀의 중앙선만 남은 골격화 영상(skeletonized image)을 얻었으며(Fig. 1F) 골격 영상의 선택영역 길이를 측정하여 골격 영상 길이를 구하였다. 영상처리를 통해 얻어진 골격화 영상을 image j program ver 1.42 (Natiomal Institutes of Health, USA)를 이용하여, box-counting method로 프랙탈 차원 값을 계산하였다.

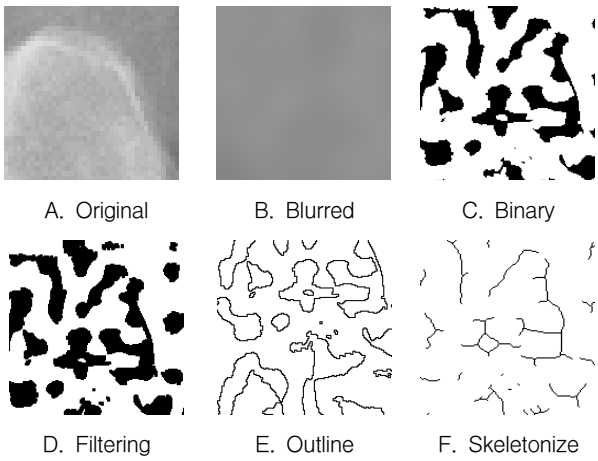


그림 1 영상 분석 과정
Fig. 1 The image analysis processing

2.3 영상의 형태학적 계측

대퇴골 근위부의 방사선학적 분석으로 골구조 분석 이외에 형태학적인 측면을 함께 측정하였다. 첫번째로 피질골의 두께(cortical thickness)는 대퇴 경부 내측면 중간 지점의 경부 피질골 두께(neck cortical thickness)와 대퇴골 소전자 하방 3cm 골간부의 내,외측 피질골 두께(shaft cortical thickness)를 측정하였다. 두번째 폭(width)으로는 대퇴 경부 폭(neck width)을 측정하였으며 소전자 하방 3cm의 간부 폭(shaft width)을 측정하였다(Fig. 2). 최대한 정확한 측정을 위해 가장 선명한 방사선 영상을 이용하였다. 길이 측정을 위하여micrometer를 이용하여 0.01mm까지 측정하였다.

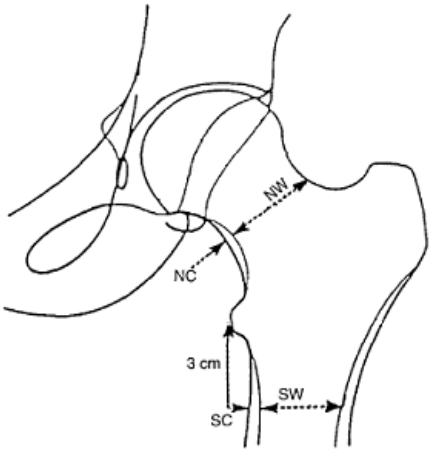


그림 2 근위 대퇴부의 형태학적 측정 변수, NC : 경부 피질골 두께 NW : 경부 폭, SC : 간부 피질골 두께, SW : 간부폭
Fig. 2 Diagram of proximal femur showing the definition of the bone geometric and architectural parameters. NC : Neck cortical thickness, NW : Neck width, SC : Shaft cortical thickness, SW : Shaft width

표 1 실험군의 생리 변수
Table 1 Clinical features of study subject

	Normal n=18	Osteoporosis n=22	Total n=40
AGE	53.3 ± 11.7	69.2 ± 7.5	62.5 ± 12.2
Femoral neck (T-score)	-0.2 ± 0.9	-2.5 ± 0.7	-1.3 ± 1.4
Trochanter (T-score)	0.3 ± 1.0	-2.1 ± 0.6	-0.8 ± 1.5

Values are mean ±SD

2.4 통계분석

디지털 방사선영상에서 얻어진 분석항목들과 정상군, 골다공증군의 상관분석을 시행하였다. 대퇴경부와 대전자부 부위에서 구한 골소주 특성, 프랙탈 분석 및 형태학적 측정들과 T-score 간에 상관관계는 Pearson 상관계수로 분석하였다. 통계분석을 위하여 SPSS for window(version 12.0, SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하였다.

3. 결 과

3.1 연구대상 분석

먼저 연구대상의 연령분포와 BMD(bone Mineral Density)의 최저치인 T-score는 Table 1과 같았다. 정상인의 경우 대퇴경부의 T-score가 대전자부 보다 낮은 값이 나왔다. 골다공증 환자 역시 대퇴경부의 T-score가 대전자부 보다 낮은 값이 나온 것을 알 수 있었다.

3.2 영상분석과 프랙탈 분석

영상분석항목은 회색조 수준(mean gray level), 골면적(trabeculae area), 골외곽선 길이(periphery), 골격 영상 길이(length skeletonised trabeculae) 및 프랙탈 차원(fratal dimension)이상 5가지였다.

영상에서 5가지 지표들의 값은 Table 2와 같다. 회색조 수준은 대퇴경부에서는 정상군과 골다공증군에서 평균값이 비슷하게 나왔으며, 대전자부에서는 골다공증군이 크게 나왔다. 골면적은 대퇴경부와 대전자부에서 골다공증군이 현저히 크게 나왔으며, 골외곽선 길이는 대퇴경부에서는 정상군이, 대전자부에서는 골다공증군이 더 크게 나왔다. 골격 영상 길이는 대퇴경부와 대전자부 모두 정상군이 크게 나왔다. 마지막으로 대퇴경부에서 정상군의 프랙탈 값이 1.185±0.011였고 골다공증군의 프랙탈 값이 1.181±0.009로 정상군의 프랙탈 차원 평균값이 높은 것을 알 수 있다.

대전자부에서는 정상군의 프랙탈 값이 1.190±0.006였고 골다공증군의 프랙탈 평균값이 1.195±0.009로 대퇴경부와는 반대로 골다공증군 프랙탈 차원 평균값이 더 높게 나왔다. 대퇴경부와 대전자부의 골밀도 측정값들과 피어슨 상관관계 분석을 한 결과 Table 3과 같았다. 대퇴경부의 골밀도 측정값은 골면적과 선형상관관계를 보였다. 상관계수는 -0.366으로 음의 선형관계를 보였다. 대전자부의 골밀도 측정값은 회색조 수준, 골면적 및 골외곽선 길이와 선형상관관계를 보였다. 각각의 상관계수는 0.389, 0.435이었다. 골외곽선 길이는 상관계수 -0.410으로 음의 선형관계를 보였다.

표 2 대퇴경부와 대전자부의 영상분석 변수
Table 2 Image analysis parameters of Femoral Neck and Greater Trochanter

		Mean gray level	Trabeculae area	periphery	Length of Skeletonized trabeculae	Fractal dimension
Femoral Neck	Nomal	94.25 ± 7.49	119.52 ± 15.62	137.10 ± 21.39	144.15 ± 24.29	1.185 ± 0.011
	Osteoporosis	94.32 ± 7.7	131.0 ± 18.21	139.33 ± 22.83	130.64 ± 21.74	1.181 ± 0.009
Greater Trochanter	Nomal	113.63 ± 7.18	114.87 ± 17.88	116.11 ± 18.69	118.89 ± 16.43	1.190 ± 0.006
	Osteoporosis	116.13 ± 8.64	153.14 ± 15.67	110.09 ± 12.90	112.62 ± 14.28	1.195 ± 0.009

Values are mean ±SD

표 3 BMD와 영상분석 변수와의 상관관계
Table 3 Correlation coefficients between BMD and image analysis parameter

		Mean gray level	Trabeculae area	periphery	Length of Skeletonized trabeculae	Fractal dimension
Femoral Neck	Pearson Correlation	-0.114	-0.366*	0.076	.308	.152
	p-value	.491	.022	.644	.057	.357
Greater Trochanter	Pearson Correlation	0.398*	0.435*	-0.410*	-0.312	-0.163
	p-value	.032	.018	.027	.099	.29

* : Correlation is significant at the 0.05 level(P<0.05)

결과적으로 대퇴경부의 골밀도 측정값은 골면적(상관계수 : -0.366)과 유의한 상관관계를 보였다. 대전자부의 골밀도 측정값은 회색조 수준(상관계수 : 0.398), 골면적(상관계수 : 0.435), 골외곽선 길이(상관계수 : -0.410)와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다.(Fig. 3)

3.2 형태학적 분석

형태학적 분석항목은 Table 4와 같다. 경부 피질골 두께(neck cortical thickness ; 대퇴 경부 내측면 중간 지점)는 정상군이 2.07±0.51로 골다공증군 1.43±0.17 현저히 높게 나왔다. 골간부의 내,외측 피질골 두께(shaft cortical thickness : 소전자 하방 3㎝ 까지의 내,외측 피질골 두께)와 경부 폭(neck width : 대퇴 경부 축에 직각이면서 대퇴 경부 폭의 최단 거리)도 정상군이 크게나왔다. 간부 폭(shaft width : 소전자 하방 3㎝ 대퇴 간부의 넓이)은 골다공증군이 정상군에 비해 크게 나왔다는 것을 알 수 있었다.

대퇴경부와 대전자부의 골밀도 측정값들과 피어슨 상관관계 분석을 한 결과 Table 5와 같았다. 대퇴경부와 대전자부의 골밀도 측정값들은 간부 폭과 가장 뚜렷한 선형상관관계를 보였다. 각각의 상관계수는 0.739, 0.743이었다. 대퇴경부와 대전자부의 골밀도 측적값들은 골간부의 내,외측 피질골 두께와도 선형상관관계를 보였다. 내측 각각의 상관계수는 0.431, 0.540 이었으며 외측 각각의 상관계수는 -0.471, -0.467로 음의 선형관계를 가졌다. 대퇴경부의 골밀도 측정값과 피질골 두께도 선형상관관계를 보였으며 상관계수는 0.425이었다.

결과적으로 대퇴경부의 골밀도 측정값은 경부 피질골 두께, 간부 폭, 골간부의 내,외측 피질골 두께와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 대전자부의 골밀도 측정값은 간부 폭, 골간부의 내,외측 피질골 두께와 통계적으로 유의한 상관관계를 구할 수 있었다. 근위 대퇴부의 외측 피질골 두께는 음의 선형성을 보였고 내측 피질골 두께는 양의 선형성을 보였다. (Fig. 4)

표 4 형태학적 측정 변수
Table 4 Morphological measurement parameters

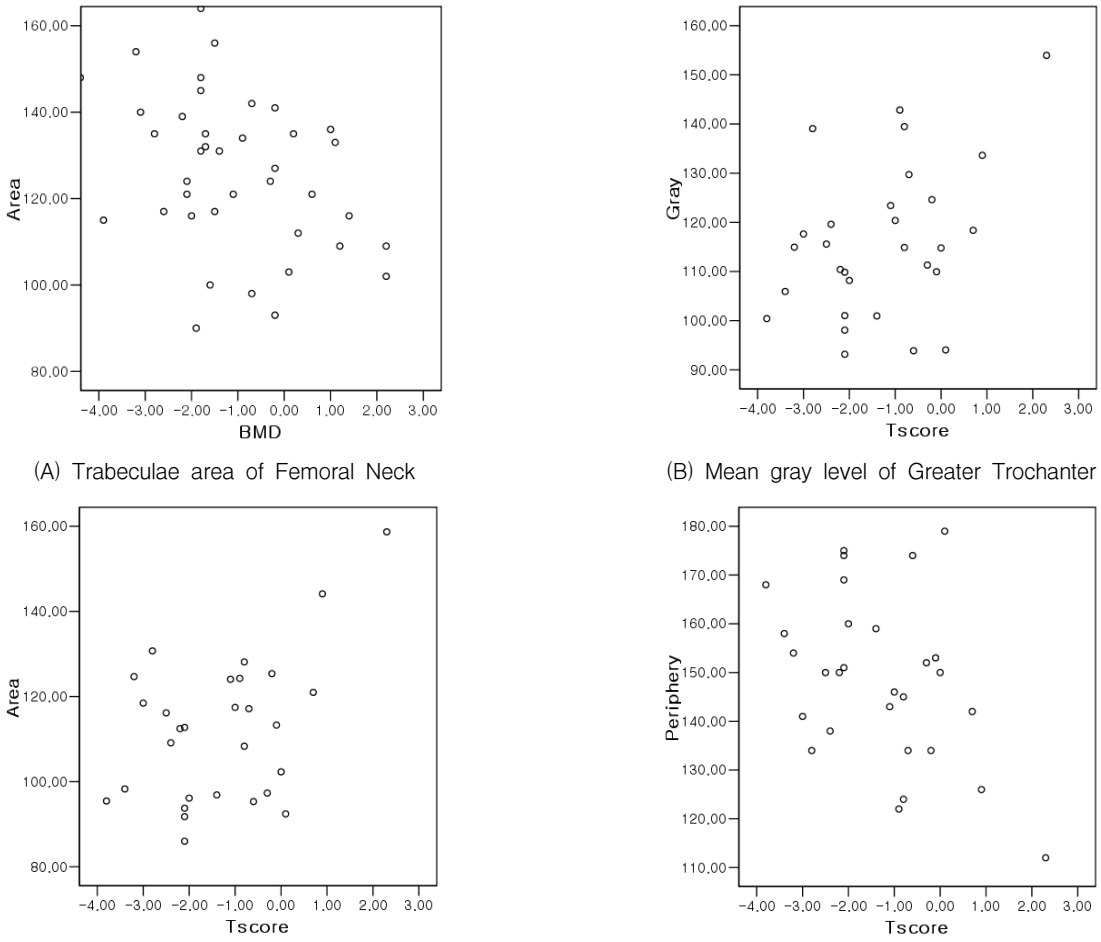
	Neck cortical thickness	Neck width	Shaft width	Shaft cortical thickness(Medial)	Shaft cortical thickness(Lateral)
Nomal	2.07 ± 0.51	13.81 ± 1.55	5.18 ± 0.78	4.50 ± 0.57	4.42 ± 0.42
Osteoporosis	1.43 ± 0.17	13.37 ± 1.24	5.76 ± 1.08	3.68 ± 0.31	4.14 ± 0.41

Values are mean ±SD

표 5 BMD와 형태학적 측정 변수와의 상관관계
Table 5 Correlation coefficients between BMD and morphological measurements

		Neck cortical thickness	Neck width	Shaft width	Shaft cortical thickness(Medial)	Shaft cortical thickness(Lateral)
Femoral Neck	Pearson Correlation	0.425*	0.022	0.739**	0.431*	-0.471*
	p-value	.031	.917	.000	.028	.015
Greater Trochanter	Pearson Correlation	0.376	-0.011	0.743**	0.540**	-0.467*
	p-value	.058	.957	.000	.004	.016

* : Correlation is significant at the 0.05 level(P<0.05)
** : Correlation is significant at the 0.01 level(P<0.01)



(A) Trabeculae area of Femoral Neck

(B) Mean gray level of Greater Trochanter

(C) Trabeculae area of Greater Trochanter

(D) Periphery of Greater Trochanter

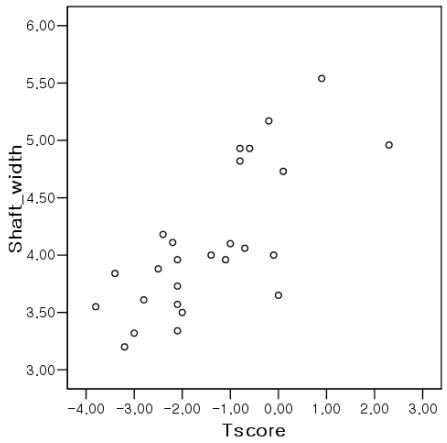
그림 3 (A) 대퇴경부의 T-score와 골면적의 Pearson correlation(상관계수: -0.366) (B) 대전자부의 T-score와 회색조 수준의 Pearson correlation(상관계수: 0.398) (C) 대전자부의 T-score와 골면적의 Pearson correlation(상관계수: 0.435) (D) 대전자부의 T-score와 골외곽선 길이의 Pearson correlation(상관계수: 0.410)

Fig. 3 (A) Pearson correlation(Correlation coefficient: -0.366) between T-score and Trabeculae area of Femoral Neck (B) Pearson correlation(Correlation coefficient: 0.398) between T-score and Mean gray level of Greater Trochanter (C) Pearson correlation(Correlation coefficient: 0.435) between T-score and Trabeculae area of Greater Trochanter (D) Pearson correlation(Correlation coefficient: 0.410) between T-score and Periphery of Greater Trochanter

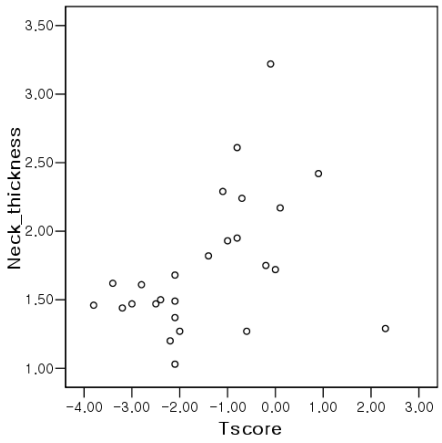
4. 결 론

일반적으로 골질을 평가하기 위해서 골밀도를 측정하는 방법이 널리 이용되어 왔다. 성인에게 가장 흔한 전실질환 중 하나로 폐경기 여성에게 나타나는 골다공증과 연령증가로 인한 노인성 골다공증, 그 외에 약물 등에 의해 유발되는 특발성 골다공증 등으로 분류될 수 있다.[19] 골밀도 측정은 측정원리 측정부위가 다르며 경제성을 비롯하여 장단점에 차이를 나타내므로 각 측정법의 특성을 잘 알고 임상에 적용해야 한다. 요추와 대퇴골 부위는 DEXA(dual energy X-ray absortiometry)와 QCT(quantitative computed tomography)를 이용하며, 요골은 DEXA와 pQCT(peripheral quantitative computed tomography), 손은 RA(radiographic absorptiometry), 종골은 QUS(quantitative ultrasound)와 pQCT, DEXA를 사용할 수 있다.[20] 이와 같이 각각의 해당부위를 선택적으로 골밀도 측정을 할 수도 있으나 요추와 대퇴골 부위를 대상으로 골밀도 측정을 하고 이를 토대로 전신적인 골다공증 여부를 판단하는 경우가 많다.

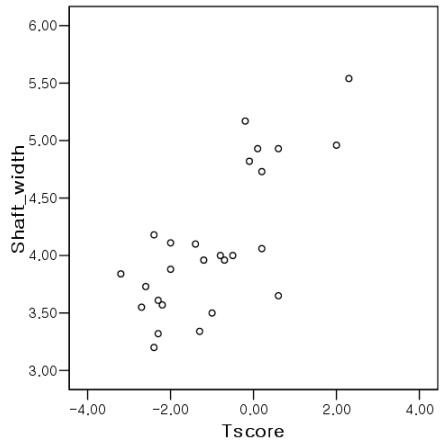
DEXA를 이용해서 골밀도 측정시에 건강 성인의 평균 골밀도치의 편차인 T-score 혹은 동일 연령의 표준편차인 Z-score를[22] 이용하게 된다. 그러나 주로 T-score를 선호하고 있으며, 분류방법은 $T \geq -1.0$(정상), $-1.0 \leq T \leq -2.5$(골감소증), $T \leq -2.5$(골다공증)의 3군으로 분류하는 것이 통상적이다. 그러나 이 분류법은 절대적인 기준을 제시한 것은 아니고, 인종간의 차이나 측정 기계에 의해서도 약간의 오차가 일어날 가능성이 있다고 알려져 있다.[22] 골강도를 결정하는 요인에는 골밀도 뿐만 아니라 골질의 구조 특성 또한 중요하다. 골질의 구조를 분석하고자 할 때는 피질골보다는 해면골 부위의 골소주 특성을 분석하는 것이 일반적인데 이는 골소주 부위가 빠른 골교체율 덕분에 골소실 정도를 피



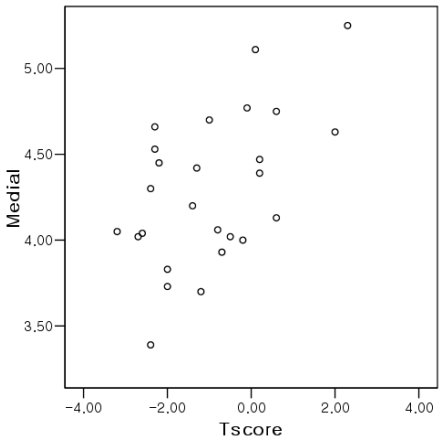
(A) Shaft width of Femoral Neck



(B) Neck cotical thickness of Femoral Neck



(C) Shaft width of Greater Trochanter



(D) Shaft cortical thickness(Medial) of Greater Trochanter

그림 4 (A) 대퇴경부의 T-score와 간부폭의 Pearson correlation(상관계수: 0.793) (B) 대퇴경부의 T-score와 경부 피질골 두께의 Pearson correlation(상관계수: 0.425) (C) 대전자부의 T-score와 간부폭의 Pearson correlation(상관계수: 0.743) (D) 대전자부의 T-score와 간부 피질골 두께(내측)의 Pearson correlation(상관계수: 0.410)

Fig. 4 (A) Pearson correlation(Correlation coefficient: 0.739) between T-score and Shaft width of Femoral Neck (B) Pearson correlation(Correlation coefficient: 0.425) between T-score and Neck cotical thickness of Femoral Neck (C) Pearson correlation(Correlation coefficient: 0.743) between T-score and Shaft width of Greater Trochanter (D) Pearson correlation(Correlation coefficient: -0.467) between T-score and Shaft cortical thickness(Medial) of Greater Trochanter

질골보다 민감하게 표현한다고 보고되고 있기 때문이다.[23]

본 연구에서 프랙탈 분석법을 이용하여 골소주를 정량적으로 분석하고자 하였다. 프랙탈 차원값은 구하는 방법에 따라 프랙탈 값이 다양한 변화를 보이나 프랙탈 차원값이 골질 혹은 골의 병적인 변화를 유의하게 반영한다고 보고되었다.[24] 방사선영상에서 ROI를 설정했을 때, 표면의 불규칙 정도가 프랙탈 차원으로 정량화되며 연속적인 방사선영상에서 같은 프랙탈 차원 변화는 골무기질량의 변화를 반영한다고도 하였다.[25] 본 연구의 방사선 영상에서 분석한 프랙탈 차원값은 BMD average(T-score)와 유의한 상관관계는 보이지 않았다. 본 연구에서 대퇴경부에서는 차원이 커지면 형태가 더 복잡해진다는 일반적인 원칙이 적용되었지만,[26] 대전자부에서는 상반되게 나왔다. 통계적으로 유의성은 없었으나 프랙탈 차원의 평균값은 대퇴경부에서 정상군이 대전자부에서 골다공증군의 프랙탈 차원값이 높았다. 이는 방사선 영상의 흑화도 재현성에 문제가 발생했을 수 있고, 이진화 과정에서 임계치 설정에서 문제가 발생했을 것으로 사료된다. 본 연구에서는 프랙탈 차원 이외에 대퇴경부에서는 골면적이 통계적으로 유의성이 있었고, 대전자부에서는 골면적, 회색조 수준, 골외곽선 길이가 통계적으로 유의성이 있었다. 영상 획득 과정 중의 다른 변수들에 의하여 변화될 수 있다고 하더라도 영상의 프랙탈 분석은 비침습적이고 저렴한고 구조 분석법이어서 골다공증 환자에서 골소주의 유형 및 변화의 분석에 이용되고 있다.[27] 프랙탈 차원과 T-score와의 상관관계를 가지지 않는 것으로 나타난 결과는 기존의 연구와 다른 결과를 보여주어 비슷한 조건으로 촬영된 방사선사진의 프랙탈 차원을 비교하는 것이 필요한 것으로 사료된다.

피질골 두께와 대퇴경부의 폭 등을 측정하는 것은 골다공증성 골절을 판단할 때 주로 분석하는 요소이나 본 연구에서는 반대로 골다공증을 판단할 때 유의성을 갖는지 연구하였다. 방사선영상에서 대퇴경부의 골밀도 측정값은 경부 피질골 두께, 간부 폭, 골간부의 내,외측 피질골 두께와 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 대전자부의 골밀도 측정값은 간부 폭, 골간부의 내,외측 피질골 두께와 통계적으로 유의한 상관관계를 구할 수 있었다. 여기서 외측 피질골의 두께는 다른 인자들과 다르게 음의 선형관계를 가졌다. 이는 골의 형태학적 측정만으로는 골다공증의 판단은 어려울수도 있으나 골소주의 분석과 골밀도의 측정과 함께 이루어진다면 방사선 영상에서 측정한 골의 두께와 폭도 골다공증을 판단할 때 주요한 분석방법으로 사용이 가능할 것이다.

본 연구에서 골구조의 특징 또는 형태학적 특징들이 골량의 변화를 정확하게 예측할 수 있다면, 단순 방사선 사진을 이용하여 골다공증 예측에 도움을 줄 수 있을 것 이라 사료된다. 본 실험을 통하여 골다공증 여부를 예측하기 위하여 방사선 영상에서 골의 구조 이외에 형태적인 특징을 분석하는 방법이 효과적일 수 있음을 보여주고 있으며 이의 유효성 여부를 판단하는데 도움이 될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건 의료 기술 연구 개발 사업 전신형 다중 에너지 흡수 방식의 영상 진단 시스템 개발(A080782)지원으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

[1] Kim K, Kushida K, Yamazaki K, Okamoto S, Inoue T, “Bone mineral density of the spine in normal Japanese subjects using dual-energy X-ray absorptiometry”, effect of obesity and menopausal status. Calcif Tissue Int, vol. 49, no. 2, pp. 101-106, 1991

[2] Leszcynski P, Lacki JK, Mackiewicz SH, “Comparison of dual-energy X-ray absorptiometry(DXA) and quantitative ultrasonography(QUS)”, Przegl Lek, vol. 60, no. 9, pp. 562-564, 2003

[3] Taguchi A, Tanimoto K, Ogawa M, Sunayashiki T, Wada T, “Effect size of size of region of interest on precision of bone mineral measurements of the mandible by quantitative computed tomography”, Dentomaxillofac Radiol, vol. 20, no. 1, pp. 25-29, 1991

[4] Hasegawa Y, Kushida K, Yamazaki K, Ionoue T, “Volumetric bone mineral density using peripheral quantitative computed tomography in Japanese women”, Osteopros Int, vol. 7, no. 3, pp. 159-199, 1997

[5] Smith CB, Smith DA, “Relation between age, mineral density and mechanical properties of humanfemoral compacta”, Acta Orthop Scand, vol. 47, no. 5, pp. 496-502, 1976

[6] Consensus development conference : “Diagnosis, prophylaxis, and treatment of osteoporosis” Am J Med, vol. 1, no. 2, pp. 114-117, 1993

[7] Thomsen JS, Ebbesen En, Mosekilde L, “Relationships between static histomorphometry and bone strength measurements in human iliac crest bone bio biopsies”, Bone, vol. 22, no. 2, pp. 153-163, 1998

[8] Geraets WG, van der Stelt PF, Netelenbos CJ, Elders PJ, “A new method for automatic recognition of the radiographic trabecular pattern”, J Bone Miner, vol. 5, no. 3, pp. 227-233, 1990

[9] kashima I, “Computed radiography with photo-stimulable phosphor in oral and maxillpfacial radiology”, Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, vol. 80, no. 5, pp. 577-598, 1995

[10] Korstjens CM, Mosekilde L, Spruijt RJ, Geraets WG, van der Stelt PF, “Relations between radiographic trabecular pattern and biomedchanical characteristics of human vertebrae”, Acta Radiol, vol. 37, no. 5, pp. 618-624, 1996

[11] Shrout MK, Hildebolt CF, Potter BJ, Brunsden TK, Pilgram TK, Doston M, et al, "Comparison of morphological measurements extracted from digitized dental radiographs with lumbar and femoral bone mineral density measurements in postmenopausal women", J Periodontol, vol. 71, no. 3, pp. 335-340, 2000

[12] Shrout MK, Jett S, Mailhot JM, Potter BJ, Borke JL, Hildebolt CF, "Digital image analysis of cadaver mandibular trabecular bone patterns", J Periodontol, vol. 74, no. 9, pp. 1342-1347, 2003

[13] Bollen Am,Taguchi A, Hujoel PP, Hollender LG, "Fractal dimension on dental radiographs", Dentomaxillofac Radiol, vol. 30, no. 5, pp. 270-275, 2001

[14] Marshall D, Johnell O, Wedel H, "Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures", BMJ, vol. 312, no. 7041, pp. 1254-1259, 1996

[15] Kanis JA, Gluer C-C, "An update on the diagnosis and assessment of osteoporosis with densitometry", Osteoporosis Int, vol. 11, no. 3, pp. 192-202, 2000

[16] Faulkner KG, "Bone densitometry, choosing the proper skeletal site to measure", J Clin Densitom, vol. 1, no. 3, pp. 279-285, 19981

[17] World Health Organization study group, "WHO Technical Report Series, Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis", World Health Organization, Geneva, vol. 4, no. 6, pp. 368-381, 1994

[18] White SC, Rudolph DJ, "Alterations of the trabecular pattern of the jaws in patients with

osteoporosis", Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, vol. 85, no. 5, pp. 625-635, 1999
[19] Young EA, "Nutrition, aging, and the aged", Med Clin North Am, vol. 67, no. 2, pp.295-313, 1983
[20] Ho Yeon Chung, "Osteoprrosis Diagnosis and Treatment 2007", jkes, vol. 23, pp .2-76, 2008
[21] Cummings SR, Bates D, Black DM, "Clinical use of bone densitometry", scientific review, J Am Med Assoc, vol. 288, no. 15, pp. 1889-1897, 2002
[22] Looker AC, Orwoll ES, Johnston CC, Jr.,Lindsay RL, Wahner HW, Dunn WL, et al, "Prevalence of low femoral bone density in older U.S", adults from NHANES Ⅲ, J Bone Miner Res, vol. 12, no. 11, pp. 1761-1768, 1997
[23] Kumasaka S, Kawamata R, Okada T, Miyake M, Kashima I "Relationship between bone mineral density and bone stiffness in bone fracture", Oral Radiol, vol. 21, no. 1, pp. 38-40, 2005
[24] Geraets WG, van der Stelt PF, "Fractal properties of bone", Dentomaxillofac Radiol, vol. 29, no. 3, pp. 144-153, 2000
[25] Southard TE, southard KA, Jakobsen JR, Hillis SL, Najim CA, "Fractal dimension in radiographic analysis of alveolar process bone", Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, vol. 82, no. 5, pp. 569-576, 1996
[26] Pornprasertsuk S, Ludlow JB, Webber RL, Tyndall DA, Yamauchi M, "Analysis of fractal dimensions of rat bones from film and digital images", Dentomaxillofac Radiol, vol. 30, no. 3, pp. 179-183, 2001
[27] 안병모, 허민석, 이승표, 이삼선, 최순철, 박태원 등, "노출 시간과 영상 해상도가 프랙탈 차원 값에 미치는 영향", 대한구강악안면방사선학회지, 2호, 제32권, pp. 75-79, 2002

저 자 소 개

김 성 민 (金 性 民)

1962년 9월 25일생. 1985년 연세대학교 전자공학과 졸업. 1987년 연세대학교 전자공학과 졸업(석사). 1995년 미국 아이오와대학교 의용공학과 졸업(박사). 2009년 3월 ~ 현재 동국대학교 바이오시스템대학 의생명공학과 부교수
Tel : 02-2260-3319
Fax : 02-2269-7203
E-mail : smkim@dongguk.edu

노 승 규 (盧 承 奎)

1981년 11월 6일생. 2008년 건국대학교 의학공학부 졸업. 2008년 9월 ~ 현재 건국대학교 전자·정보통신대학 전자공학과 석사 재학 중.
Tel : 02-2269-7203
Fax : 02-2269-7203
E-mail : gyu1106@konkuk.ac.kr

노 용 만 (魯 勇 滿)

1962년 9월 4일생. 1985년 연세대학교 전자공학과 졸업. 1987년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1992년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(박사). 1997년 2월~ 현재 한국과학기술원 전자공학과 정교수
Tel : 042-350-6129
Fax : 042-350-6245
E-mail : ymro@ee,kaist.ac.kr