

근위대퇴부 정면 영상을 이용한 골다공증 평가 시 방사선적 계측의 진단일치도

Diagnostic Coincidence of Radiologic Measurement Methods of the Proximal Femur Anterior-posterior Projection for Assessment of Osteoporosis

강영한*, 조광호**

대구가톨릭대학교병원 영상의학과*, 백석문화대학교 방사선과**

Yeong-Han Kang(glamens@paran.com)*, Kwang-Ho Cho(ghcho639@hanmail.net)**

요약

본 연구는 근위대퇴골 정면 영상에서 골다공증 측정을 위한 영상지표가 이중에너지흡수계측법(DEXA)으로 측정한 골밀도 결과와 관련성이 있는지 알아보고자 하였다. 총 112명을 대상으로 근위대퇴부 정면 영상을 촬영하였고, 영상 지표인 대퇴골관비(CCR)와 피질골 두께지표(CTI)를 측정하여 DEXA 골밀도 결과와 비교하였다. T-score를 이용하여 골다공증군과 비골다공증군으로 나누었고, 영상지표와 평균비교분석 및 상관관계분석, 진단일치도를 비교하였다. 영상계측에서 골다공증군의 골수강내 대퇴관과 골단 대퇴관 간격은 비골다공증군보다 유의하게 컸다. CCR은 골밀도와 음의 상관관계($r=-0.340$)가 있었고, CTI는 양의 상관관계($r=0.624$)가 있었다. 골다공증에 대한 CCR의 진단일치도는 63.4%이었고, kappa 값은 0.271이었다. CTI의 진단일치도는 67.0%이었고, kappa 값은 0.258 이었다. 결론적으로 근위대퇴골 영상에서 비골다공증군보다 골다공증군의 CCR이 더 크고, CTI는 더 좁게 나타났다. 이는 근위대퇴골 정면영상을 평가할 때 대퇴골의 골단간 피질의 두께가 얇은 환자는 골다공증에 대한 추가적인 검사를 추천할 수 있다.

■ 중심어 : | 근위대퇴골정면영상 | 대퇴골관비 | 대퇴피질골두께 | 골다공증 |

Abstract

The purpose of this study was to determine whether there are relationships between radiologic parameters for osteoporosis by the proximal femur radiographs and bone mineral density, as assessed by Dual Energy X-ray Absorptiometry(DEXA). Proximal femur anterior-posterior projection were taken from 112 individuals who undergoing DEXA. Radiographic parameters including canal-to-calcar ratio(CCR) and cortical thickness indices(CTI) were measured and compared with bone mineral density(g/cm^2), T-score. The intramedullary femoral canal width(FW) and calcar width(CW) at osteoporosis group was significantly larger than that of control group. The CCR were correlated negatively with bone mineral density(g/cm^2)($r=-0.340$, $p<0.01$), and the CTI were correlated positively($r=0.624$). The diagnostic accuracy of CCR for osteoporosis was 63.4%, and kappa value was 0.271. And the accuracy of CTI was 67.0%, and kappa value was the level of fair agreement($\kappa=0.258$). The proximal femur with large CCR and small CTI had lower T-scores. When evaluating proximal femur anterior-posterior radiographs, those patients with the thinnest femur diaphyseal cortices should be referred for further osteoporosis investigation.

■ keyword : | Proximal Femur Anterior-posterior Projection | Canal-to-calcar Ratio | Cortical Thickness Indices | Osteoporosis |

I. 서론

골다공증을 진단하고 평가하는 방법에는 단순 X선 촬영법, 단광자에 의한 요골의 골밀도 정량법인 단일광자 흡수측정법(Single Photon Absorptiometry SPA), 이중광자에 의한 요추 및 대퇴골의 골밀도 정량법인 이중광자 흡수 측정법(Dual Photon Absorptiometry, DPA), 이중X선 흡수에 의한 요추 및 대퇴골의 골밀도 정량법인 이중 에너지 X선 흡수 계측법(Dual energy X-ray Absorptiometry, DEXA), 이중에너지 정량 전산화 단층법(Dual Energy Quantitative Computed Tomography, DEQ CT)에 의한 측정, 정량적 초음파(Quantitative ultrasound)법 등이 시행되고 있다. 이 가운데 현재 가장 흔히 사용되는 골밀도 측정 방법인 이중에너지방사선 흡수계측법(DEXA) 골밀도 검사는 측정시간이 짧고, 우수한 정확도와 좋은 해상도를 보이며 방사선 피폭량이 적다는 장점 및 그동안 많은 연구 결과들이 축적되어 있어서 현재 골다공증을 진단하는 표준검사 방법이다[1][2]. 그러나 DEXA 골밀도 검사는 급성 외상 환자 경우들에서는 측정하기 불편하고, 모든 병원에서 사용하고 있진 않으며, 정확한 측정을 위한 전문 기술인력 및 정도관리가 필요하다는 단점들이 있다[3]. 단순방사선 영상은 골량을 가장 간편하게 평가할 수 있는 방법이라 할 수 있고, 일반적으로 30-40% 이상의 골량 감소가 있어야만 영상에 재현되기에 골다공증 진단에 예민한 검사라고는 볼 수 없다[4]. 하지만 단순방사선 영상의 유용한 점은 간편하고 저렴하게 검사를 할 수 있고, 골절이나 소주골의 형태 변화, 피질골의 두께 감소 등을 간편하게 직접적으로 볼 수 있다. 이러한 장점들을 이용하여 근위대퇴부(proximal femur) 단순방사선 영상에서 골다공증을 평가하는 여러 임상 연구들이 있었다[5-7]. 근위대퇴부 단순방사선 영상은 대퇴골의 윤곽을 알 수 있고, 골다공증으로 인한 구조적 변화들이 반영되어서 골다공증을 일차 선별할 수 있는 방사선 영상 지표들의 측정 자료로 이용된다. 그러한 영상지표들로서는 Singh Index (SI), 대퇴골관비(calcar-to-canal ratio, 이하 CCR), 대퇴골피질두께지표(cortical thickness index, 이하 CTI) 등이 있지만 이

들 지표들의 측정결과가 골다공증을 정확하게 진단할 수 있는가에 대해서는 다소의 의견 차이가 있다[8-10]. 최근 대부분의 병원에서 CR 및 DR의 디지털 영상을 사용하고 있어 디지털 영상의 장점인 촬영 후 이미지 보정 기능 및 여러 측정 보조기능들은 골의 형태 변화 및 피질골의 두께 측정에 간편하게 이용될 수 있다. 이러한 장점을 근위대퇴골 단순촬영 영상에 적용하여 대퇴골관의 유형과 골다공증 영상지표와의 관계를 확인한다면 단순 방사선영상이 골다공증과 골다공증성 골절의 위험을 예측할 수 있는 스크린(screening) 검사로서 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구는 근위대퇴부 단순촬영 영상에서 골다공증의 방사선적 지표들을 계측하여 DEXA의 골밀도 검사 결과와의 일치도를 분석함으로써 근위대퇴골 영상으로 골다공증을 진단할 수 있는지 확인하였다.

II. 대상 및 방법

1. 대상

2011년 2월부터 2012년 1월까지 정형외과 진료 후 DEXA 골밀도 검사와 근위 대퇴부 정면(proximal femur anterior-posterior projection) 방사선 촬영을 시행하였던 남녀 중 비골절 및 대퇴부 변형이 없었던 112명을 선정하여 후향적인 연구를 진행하였다.

2. 연구방법

1) 근위대퇴부 정면 촬영 및 영상지표 계측

근위대퇴부 정면 촬영은 단순촬영용 방사선 발생장치(Bucky diagnost TH, Philips, Netherlands)를 이용하였다. 대상자는 바로 누운 자세로 양 무릎은 펴고 오른발 제1지가 안쪽으로 15° 내선하였고, 중심 X선은 근위대퇴골 중앙부를 향해 수직으로 입사하여 대퇴골이 소전자부 기준으로 아래쪽으로 최소 10 cm 이상 보이도록 촬영 하였다. 재현된 영상은 PACS(INFINITT) 서버에 저장하여 거리 측정 기능(distance measurement)을 이용하여 계측하였다. 본 연구에서의 영상 지표들로는 CCR, CTI 등을 이용하였다. CCR은 소전자부 중간

부위에서 평행선을 긋고 이로부터 하방으로 각각 3, 10 cm 위치한 골수강의 내측 및 외측 부위를 표시하고 선으로 연결하여 이 선들이 소전자부 중간 부위에서 교차되는 내측 및 외측 부위 사이의 폭을 대퇴 거폭(CW)라 정의하고 이로부터 10 cm 하방 부위에서의 골수강 내 폭(FW)을 측정하여 비율(FW/CW)로 나타낸 값이다 [그림 1]. CCR 값에 따라서 CCR 값이 0.5 미만이면 A형, 0.5이상 0.75 미만이면 B형, 0.75이상이면 C형으로 근위대퇴골 형태를 분류할 수 있으며 C형을 골다공증으로 분류한다[6]. CTI는 소전자부 중간 부위에서 10 cm 하방 부위에 평행한 선을 긋고 이 부위에서 대퇴골 폭(DW)에서 골수강내 폭(FW)을 빼고 이를 다시 대퇴골 폭(DW)으로 나눈 값(DW-FW/DW)으로 측정치가 0.40 이하인 경우에 골다공증 군으로 분류하였다[7].

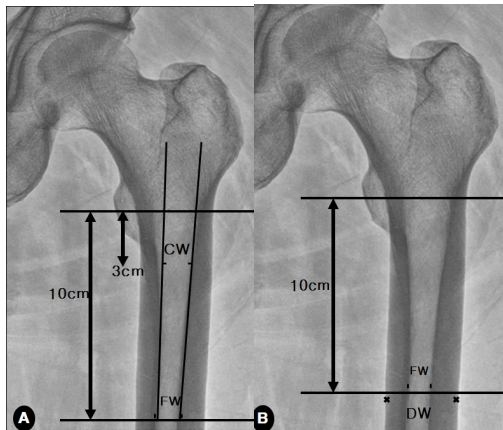


Fig. 1. A : Measurement of CCR(calcar-canal ratio) by FW/CW B : CTI(cortical thickness index) was measured at a point 10cm distal and parallel to the mid-lesser trochantric line on upper femur AP view. CTI=(DW- FW)/DW. FW : Intramedullary femoral canal width, CW : calcar width, DW : femoral diaphysis width

2) 체질량지수와 골밀도 검사

대상자 전원의 키와 몸무게를 측정하여 몸무게/(키)²의 공식으로 체질량지수(Body mass index)를 산출하였다. 골밀도 검사는 이중에너지 X선 흡수계측법(Dual

Energy X-ray Absorptiometry : DEXA)의 일종이고, 타 기종에 비해 측정오차가 낮다고 알려진 Hologic사의 QDR 2500W(Lunar, USA)를 이용하였고[11], 요추부와 고관절의 골밀도(g/cm³)와 T-score를 측정하였다. T-score는 WHO 정의에 의해 각각 정상(T-score≥ -1), 골감소(-1>T-score≥-2.5), 골다공증 (T-score<-2.5)으로 분류하나, 본 연구에서는 T-score 가 -2.5 미만을 비골다공증군인 대조군, -2.5 이상을 골다공증군으로 구분하였다.

3) 통계 및 분석

자료의 분석은 SPSS(statistical package for the social sciences, ver. 16) 프로그램을 이용하였고, 근위대퇴골의 영상 지표와 골밀도 검사 결과와의 관련성은 Pearson 상관분석을 실시하였다. 골밀도 검사 결과를 표준으로 근위대퇴골 영상지표의 민감도, 특이도, 양성 예측도, 음성예측도를 계산하였고, 골밀도 검사 결과가 골다공증일 때 영상지표에서도 골다공증인 경우의 일치도를 확인하기 위해 kappa index(k)를 계산하였다.

III. 결과

1. 대상자의 일반적 특성

전체 대상자 112명의 성별 분포는 남성 36명, 여성 76명이었고, 평균 나이는 69.19세 이었으며, BMI 평균은 21.96 kg/m² 이었다. 골밀도의 평균은 요추부 0.771 g/cm³, 고관절부 0.676 g/cm³, Ward's 부 0.408 g/cm³ 이었고, 이들의 골다공증은 요추부에서 48명, 고관절 29명, ward's 부위 54명 이어서 각 부위별로 골다공증의 진단에 약간의 차이가 있었다[표 1].

2. 근위대퇴골 영상지표의 평균 비교

골밀도 대조군과 골다공증군의 영상지표의 평균은 CW에서 각각 20.34 mm 와 23.32 mm 이었고, FW는 각각 14.39 mm, 17.96 mm, DW는 31.76 mm, 32.61 mm 이었다. CW와 FW는 대조군보다 골다공증군에서 유의하게 더 큰 것으로 나타났고, DW는 유의한 차이가 없었다

($p < .05$). CCR은 대조군 0.71, 골다공증군 0.78 이었고, CTI는 각각 0.55, 0.45 이어서 유의한 차이가 있었다 ($p < .05$)[표 2].

Table 1. Clinical characteristics of study subject

Mean±SD	
N(Men/Women)	112(36/76)
Age	69.19±14.81
height(cm)	157.84±9.04
weight(kg)	54.97±10.42
BMI(kg/m ²)	21.96±3.14
BMD	
L-spine(g/cm ²)	0.771±0.16(64/48)*
hip(g/cm ²)	0.676±0.17(83/29)*
ward's(g/cm ²)	0.408±0.18(58/54)*

* data are case of control/osteoporosis

Table 2. Difference of radiological index between control and osteoporosis group

	Control	Osteoporosis group	p
BMI(kg/m ²)	22.66±3.05	21.03±3.03	.00
CW(mm)	20.34±3.11	23.32±3.03	.00
FW(mm)	14.39±2.81	17.96±2.19	.00
DW(mm)	31.76±2.26	32.61±2.47	.06
CCR	0.71±0.09	0.78±0.08	.00
CTI	0.55±0.07	0.45±0.06	.00

Table 3. Correlations between radiological index and bone mineral density(BMD)

	L-spine BMD	hip BMD	Neck BMD	Trochanter BMD	Inter BMD	ward's BMD	CCR	CTI
CW	-.404**	-.404**	-.203*	-.314**	-.458**	-.220*	-.042	-.656**
FW	-.532**	-.565**	-.396**	-.552**	-.602**	-.309**	.605**	-.915**
DW	-.003	.147	.183	.116	.112	.089	.198*	-.144
CCR	-.340**	-.411**	-.230*	-.314**	-.458**	-.220*	1	-.615**
CTI	.624**	.736**	.558**	.707**	.761**	.420**	-.615**	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level(2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).

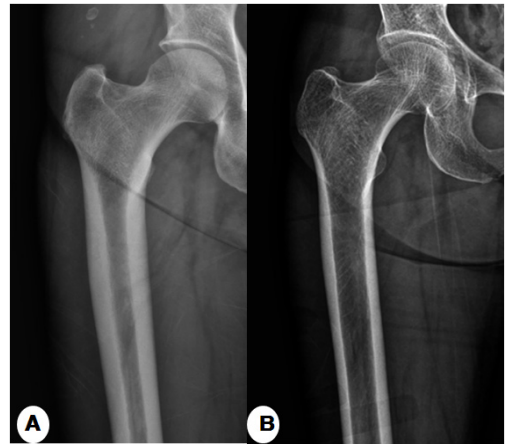


Fig. 2. A : The proximal femoral canal with thick diaphyseal cortices is normal BMD. B : Osteoporosis group. Diaphyseal cortices are characteristically thin.

3. 근위대퇴골의 영상지표와 골밀도 검사와 상관관계

영상지표와 요추부 및 고관절 각 부위의 골밀도와와의 상관관계에서 CW는 요추부와 고관절 각 부위골밀도와 음의 상관관계가 있었고($r = -0.203 \sim -0.458$), FW도 요추부와 고관절 각 부위골밀도와 음의 상관관계가 있었다($r = -0.309 \sim -0.602$). DW는 유의한 상관관계가 없었다. CCR은 요추부와 고관절 골밀도와 음의 상관관계($r = -0.340$)가 있었고, CTI는 양의 상관관계($r = 0.624$)가 있었다. CCR과 CTI는 서로 음의 상관관계가 있었다[표 3].

Table 4. Sensitivity, specificity, positive predictive value(PPV), negative predictive value(NPV) and accuracy of radiological index(CCR, CTI) osteoporosis compare to BMD

	Sensitivity(%)	Specificity(%)	PPV(%)	NPV(%)	Accuracy(%)	κ
CCR						
L-spine	60.9 (39/64)	66.7 (32/48)	70.9 (39/55)	56.1 (32/57)	63.4 (71/112)	0.271
Hip	55.6 (45/81)	66.7 (21/31)	81.8 (45/55)	36.8 (21/57)	58.9 (66/112)	0.185
ward's	65.5 (36/55)	66.7 (38/57)	65.5 (36/55)	66.7 (38/57)	66.1 (74/112)	0.322
CTI						
L-spine	93.8 (60/64)	31.3 (15/48)	64.5 (60/93)	78.9 (15/19)	67.0 (75/112)	0.258
Hip	88.9 (72/81)	32.3 (10/31)	77.4 (72/93)	52.6 (10/19)	73.2 (82/112)	0.241
ward's	89.1 (49/55)	22.8 (13/57)	52.7 (49/93)	68.4 (13/19)	55.4 (62/112)	0.117

4. 영상지표와 골다공증의 진단 일치도

CCR의 양성예측도는 요추부 70.9%, 고관절부 81.8%, ward's 부 65.5%로 고관절부에서 가장 높았고, 음성예측도는 ward's 부에서 66.7%로 가장 높았다. 정확도는 요추부 63.4%, ward's 부위 66.1% 이었고, kappa index는 요추부 0.271, ward's 부위에서 0.322로 fair agreement 수준이었다. CTI의 양성예측도는 고관절부에서 77.4%로 가장 높았지만, 음성예측도는 요추부에서 78.9%로 가장 높았다. 정확도는 요추부 67.0%, 고관절부에서 73.2%이었고, kappa index는 요추부 0.258, 고관절부 0.241로 fair agreement 수준이었다[표 4].

IV. 고 찰

최근 각 병원마다 디지털 의료영상이 일반화됨에 따라 디지털 의료영상의 장점인 영상보정 작업 및 거리 계측 기능이 용이하게 적용할 수 있기 때문에 근위고관절 단순 촬영 영상에서 영상지표를 이용한 골 계측이 골다공증과 진단에 도움을 줄 수 있는지 확인하였다.

골밀도를 검사하는 최고의 검사방법은 DEXA 방식을 이용하여 요추부, 근위 대퇴골, 전완 등의 부위를 측정하는 것이다. 단순 방사선 영상은 골 질량(bone mass)을 평가하기에 적합하지는 않지만 피질골 폭과

두께와 같은 형태학적인 특징이 골다공증성 골절을 관찰하는데 이용되어 골다공증을 진단하는데 중요한 역할을 할 수 있다[1]. 일반적으로 단순 방사선 영상은 골의 전체적인 음영과 윤곽이 나타나며, 골관절염과 같은 국소적인 병변을 관찰할 수도 있고, 골다공증처럼 골의 전체적인 변화도 반영할 수 있다[5]. 하지만 단순 방사선 영상에서는 골 소실이 30% 이상 되어야 골밀도를 평가할 수 있고, 골감소증이나 치료를 위한 골격의 상황을 평가하기 위해서는 좀 더 신뢰도 높은 검사 방법이 요구되어 진다[4].

근위 대퇴골 영상은 고관절 및 대퇴골의 일차적인 진단에 주요한 정보를 제공하고, 특히 정형외과적 진단과 경과 관찰, 지속적인 관리에 적합한 검사 방법이다. 또한 근위 대퇴골의 대퇴관(femoral canal) 계측과 골의 구조는 단순방사선에서 얻을 수 있는 중요한 특징이며, 이로 인해 대퇴골 골절 위험을 예측하고 사전에 경고할 수도 있다. 근위대퇴골 영상에서 골다공증을 선별하는 지표에는 SI, CCR, CTI 등이 있다[5-7]. 기존연구에서는 근위대퇴골의 영상지표들 간의 상관관계에서 CCR과 CTI 간에는 양호한 역상관계를 보였고, DEXA 골밀도 측정간의 상관관계에서는 골다공증 유무에 따라 CCR은 강한 음의 상관관계에 있고, CTI는 양의 상관관계에 있다고 하였다[12][13]. 또한 비골다공증군과 골다공증군의 구분해서 측정한 CTI는 민감도 85%, 특이도

79% 이하 하였다[7]. 본 연구에서는 근위대퇴골의 영상 지표 중 측정이 용이한 CCR과 CTI를 이용하여 골다공증과 상관관계를 확인하였다. 대퇴관의 간격을 나타내는 CW와 FW는 정상군보다 골다공증군에서 더 넓었고, CW와 FW 각각 골밀도와 음의 상관관계가 있어서 대퇴관의 간격이 넓을수록 골다공증과 관련이 있다고 볼 수 있다. CCR은 골밀도와 음의 상관관계, CTI는 양의 상관관계($r=0.624$)가 있어서 기존의 연구와 일관된 결과를 보였다. CCR과 CTI의 지표가 골다공증일 때 DEXA 결과도 골다공증일 경우를 확인하는 양성예측도는 70~80% 사이로 양호한 결과를 보였지만, 진단일치도를 확인하는 kappa index는 0.2-0.4 사이를 나타내는 어느 정도 일치(fair agreement) 수준이어서 그리 높은 편은 아니었다. CCR이 C형 골에서는 대퇴골경(femur neck) 부위의 T-score가 A형보다는 유의하게 낮게 나타났다. 이는 A형의 골강도가 더 높다는 것을 알 수 있고, 골절의 치료나 고관절 인공구조물 삽입술(hip prosthesis implantation), 골다공증 치료에 도움을 줄 수 있다. 따라서 근위대퇴골관 유형과 골밀도의 상관관계를 알면 단순방사선 영상이 골다공증이나 골절 위험을 예측하는 데 유용한 정보를 제공할 수 있다는 것이다.

CTI는 골다공증과 음의 관련성이 있었는데, CTI의 평균은 골다공증군이 비골다공증군보다 유의하게 낮았다[7]는 연구와 일관된 결과이다. 이는 대퇴골 골간은 골의 계측과 구조에 의거해서 볼 때 전체적인 골의 본질을 반영하고 있고, 단순 방사선 영상에서 대퇴골관 계측(femoral canal geometry)과 대퇴골 골간의 피질골의 확인은 골다공증에 대한 유용한 자료로 활용할 수 있을 것이지만, 전체적인 골의 강도(bone strength)는 명확하게 나타내지는 못한다. 근위대퇴골 영상 지표 중 SI는 DEXA 골밀도와 비교하여 상관관계가 없고, 골소주의 양상에 따라 분류하기 때문에 실제 영상 계측이 까다로워서 골다공증 진단에 효용성이 떨어진다[10]. 그에 비해 CCR 및 CTI는 간단한 영상계측으로 골다공증을 예측할 수 있고, 영상 지표와 골밀도가 유의한 상관관계가 있음을 확인하였기에 실용성이 높다고 할 수 있다.

최근 병원마다 일반화되고 있는 디지털 방사선 영상은 디지털 영상 전송, 저장, 촬영 후 보정작업 등의 장점이 있으며, 특히 영상 획득 후 소프트웨어 프로그램을 이용하여 다양한 보정 작업들(영상 확대 및 축소, 밝기조절, 영상 반전) 및 여러 측정 보조 도구들의 이용이 가능하여 종래의 단순 방사선 사진과 비교 시 골소주 등 골의 미세 형태를 재현하는데 있어서 우수하고 골다공증 측정에 있어 좀 더 편리하다고 볼 수 있다[14][15]. 따라서 근위대퇴골 영상에서 CCR과 CTI 지표를 측정하는데 디지털 영상 기능으로 많은 도움이 되며, 골다공증성 골절 위험을 간편하게 추측할 수 있다.

본 연구의 제한점은 첫째, 골밀도 검사 결과가 정상인과 골감소군을 대조군으로 묶어서 골다공증군과의 일치도를 비교하였기에 이를 구분하여 그룹 간 계측이 필요하다고 본다. 둘째, 연령대와 성별 그리고 관절염 등의 질환에 따라 골다공증 진단에 차이가 있을 수 있고, 영상 지표도 차이가 있을 수 있어서 그룹 간의 비교가 필요하다고 판단되나 대상을 넓히기엔 무리가 따랐다. 추후에 추가적인 연구가 필요한 부분이라 할 것이다.

V. 결론

근위대퇴부 단순촬영에서 영상지표를 이용한 골다공증 계측 방법들 중 CCR과 CTI는 측정방법이 간편하고 골다공증 진단에 유용한 지표들이다. 단순촬영 영상에서 계측한 대퇴관의 간격은 골다공증군에서 더 넓어서 대퇴관의 간격이 넓을수록 골다공증과 관련이 있다. 또한 영상지표인 CCR은 골밀도와 음의 상관관계, CTI는 양의 상관관계가 있음을 확인하였다. 정확도와 진단일치도가 그리 높은 편이 아니었지만, CCR과 CTI의 지표가 골다공증에 해당하는 유형일 때 DEXA 결과도 골다공증일 가능성이 높다고 할 수 있다. 따라서 근위 대퇴골이 A형이 아닌 사람들은 골밀도의 감소를 의심해 볼 수 있고, 골다공증 진단을 위한 추가적인 검사가 요구된다. 결론적으로 근위대퇴골 영상에서 CCR이 높은 환자 또는 CTI가 낮은 환자들은 골다공증과 대퇴골 골절 위험이 높다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] H. F. Boehm and T. M. Link, "Bone imaging: traditional techniques and their interpretation," *Curr Osteoporos Rep*, Vol.2, No.2, pp.41-46, 2004.
- [2] DO' Gradaigh, I DeBiram, S Love, HK Richards, and JE Compston, "A prospective study of discordance in diagnosis of osteoporosis using spine and proximal femur bone densitometry," *Osteoporos Int*, Vol.14, No.1, pp.13-18, 2003.
- [3] N. B. Watts, "Fundamentals and pitfalls of bone densitometry using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA)," *Osteoporos Int*, Vol.15, pp.847-854, 2004.
- [4] E. Lachmann, and M. Whelan, "The roentgen diagnosis of osteoporosis and its limitation," *Radiology*, Vol.26, pp.165-177, 1936.
- [5] M. Singh, A. R. Nagrath, and P. S. Maini, "Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis," *J Bone Joint Surg Am*, Vol.52, pp.457-467, 1970.
- [6] L. D. Dorr, M. C. Faugere, A. M. Mackel, T. A. Gruen, B. Bognar, and H. H. Malluche, "Structural and cellular assessment of bone quality of proximal femur," *Bone*, Vol.14, No.3, pp.231-242, 1993.
- [7] A. P. Sah, T. S. Thornhill, M. S. Leboff, and J. Glowacki, "Correlation of plain radiographic indices of the hip with quantitative bone mineral density," *Osteoporosis Int*, Vol.18, No.8, pp.1119-1126, 2007.
- [8] T. Kawashima and H. K. Uthoff, "Pattern of bone loss of the proximal femur: a radiologic, densitometric, and histomorphometric study," *J Orthop Res*, Vol.9, No.5, pp.634-640, 1991.
- [9] V. C. Koot, S. M. M. J. Kesselaer, G. J. Clevers, P. de Hooge, T. Weits, and C. van der Werken, "Evaluation of the Singh index for measuring osteoporosis," *J Bone Joint Surg Br*, Vol.78-B, pp.831-834, 1996.
- [10] H. Pogrund, W. M. Rigal, M. Makin, G. Robin, J. Menczel, and R. Steinberg, "Determination of osteoporosis in patients with fractured femoral neck using the Singh Index: a Jerusalem study," *Clin Orthop Relat Res*, Vol.156, pp.189-195, 1981.
- [11] 한범희, 정홍량, 임청환 등, "DXA 측정기 종류에 따른 요추부와 대퇴경부 골밀도 값의 측정 오차 비교", *한국콘텐츠학회*, 제10권, 제3호, pp.250-257, 2010.
- [12] H. Y. Ho, J. W. Yi, D. S. Lim, "Reliability of the Radiologic Measurement Methods for Assessment of osteoporosis Using the Digital Radiograph," *J Korean Hip Soc*, Vol.23, No.2, pp.142-150, 2011.
- [13] Y. Yeung, K. Y. Chiu, W. P. Yau, "Assessment of the proximal femoral morphology using plain radiograph- Can it predict of the bone quality?," *The Journal of Arthroplasty*, Vol.21, No.4, pp.508-513, 2006.
- [14] F. E. Lindhardt, "Clinical experiences with computed radiography," *Eur J Radiol*, Vol.22, No.3, pp.175-185, 1996.
- [15] T. Okamura, S. Tanaka, K. Koyama, "Clinical evaluation of digital radiography based on a large-area cesium iodide-amorphous silicon flat-panel detector compared with screen-film radiography for skeletal system and abdomen," *Eyer Radiol*, Vol.12, No.4, pp.1741-1747, 2002.

저 자 소 개

강 영 한(Yeong-Han Kang)

정회원



- 2005년 2월 : 대구가톨릭대학교
보건과학과(보건학석사)
- 2009년 2월 : 경북대학교 보건학
과(보건학박사)
- 1996년 3월 ~ 현재 : 대구가톨
릭대학교병원 영상의학과 재직

<관심분야> : 보건응용, 의료영상컨텐츠

조 광 호(Kwang-Ho Cho)

정회원



- 1996년 2월 : 대구가톨릭대학교
생물학과(이학석사)
- 2005년 8월 : 대구가톨릭대학교
생물학과(이학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 백석문화
대학교 방사선과 재직

<관심분야> : 보건응용, 의료영상컨텐츠