J Korean Hip Soc 23(2): 142-150, 2011 10.5371/jkhs.2011.23.2.142 Original Article

Reliability of the Radiologic Measurement Methods for Assessment of Osteoporosis Using the Digital Hip Radiograph

Ho Hyun Yun, MD, Ju-Won Yi, MD*, Deuk-Soo Lim, MD, Sung Chul Park, MD, Seong Rok Oh, MD

Department of Orthopedic Surgery, Seoul Veterans Hospital, Seoul, Korea
*Department of Orthopedic Surgery, College of Medicine, Ewha Womans University, Seoul, Korea**

Purpose: We evaluated the usefulness of radiographic parameters for osteoporosis by analyzing the results of radiographic parameters determined by digital hip radiographs and bone mineral density T-scores, as assessed by Dual Energy X-ray Absorptiometry (DEXA).

Materials and Methods: The authors reviewed 100 subjects in the hip fracture group and 50 in the non-fracture control group. Digital hip radiographs were assessed to determine the values of Singh index, Canal-to-Calcar Ratio, and Cortical Thickness Index (CTI). Bone mineral density was assessed by DEXA.

Results: Intraclass Correlation Coefficient (ICC) results of the CTI were above 0.8 in the fracture group. Compared to the control group, the fracture group showed higher ICCs. Interobserver ICCs were especially lower in the control group. There were statistically significant correlations between CTI and DEXA ($r=0.50\sim0.58$, $p<0.05$). In the analysis of ROC curves, a mean threshold for CTI set a value of 0.54 (0.53~0.55), and mean sensitivity and specificity were 75.5% (69~79%) and 67.8% (65~78%), respectively.

Conclusion: CTI showed reasonable reliability and correlation with DEXA results. CTI was a useful radiographic parameter to alert the surgeon to recommend referral for osteoporosis evaluation in elderly hip fracture patients.

Key Words: Hip, Hip fracture, Osteoporosis, Radiographic parameter, Digital radiograph

서 론

골다공증을 진단하고 평가하는 방법들은 방사선적 지표[1-5], 골밀도 검사(BMD)[6,7], 정량적 전산화 단층 촬영 (QCT)[8], 그리고 생화학적 표지자[9-11] 등으로 분류할 수 있으며 각각의 장단점들을 가지고 있다. 고관절 방사선 사진은 간편하고 적은 비용으로 획득할 수 있으며, 근위 대퇴골 골질의 윤곽을 알 수 있고 골다공증으로 인한 구조적 변화들이 반영되어서 그 동안 골다공증을 일차 선별하는 방사선적 지표들의 (Singh Index, 이하 SI, Canal-to-calcar ratio (Dorr index), 이하 CCR, Cortical Thickness Index, 이하 CTI) 측정 자료로 이용되고 있으나[3,5]. 측정 결과들의 정확성 및 신뢰도에 대한 이견들이 있다[12-14]. 이중 에너지 방사선(DEXA) 골밀도 검사는[15] 측정 시간이 짧고 우수한 정확도와 좋은 해상도를 보이며 방사선 피폭량이 적다는 장점들 및 그 동안 많은 연구 결과들이 축적되어 있어서 현재 골다공증을 진단하는 표준 검사 방법이다[6,7]. 그러나 DEXA 골밀도 검사는 급성 외상 환자 경우들에서는 측정하기가 불편하고, 모든 병원에서 사용이 가능하지 않으며, 정확한 측정을 위한 전문 기술인력 및 정도 관리가 필요하다는 단점들이 있다[16]. 정량적 전산화 단층 촬영(QCT)은 해면골의 미세 영상을 가지고 조직학적 방법을 시행하지 않고도 삼차원적인 미세 구조 및 골질을 평가하며 유한요소해석을 이용하면 해면골의 물성도 알 수 있고 골극이나 대동맥 석회화 등으로 인한 영향을 받지 않는다는 장점들이 있다[8]. 그러나 가격이 비싸고 방사선 조사량이 많을 뿐 아니라 체위에 따른 측정치의 차이가 커서 재현성이 낮다는 단점들이 있다. 생화학적 표지자는 과거에는 골 흡수와

Submitted: January 15, 2011 *1st revision: May 23, 2011*
2nd revision: June 7, 2011 *Final acceptance: June 8, 2011*

• Address reprint request to **Ho Hyun Yun, MD**
Department of Orthopedic Surgery, Seoul Veterans Hospital, 6-2 Dunchon-dong, Gangdong-gu, Seoul 134-791, Korea
TEL: +82-2-2226-1114 FAX: +82-2-2226-1910
E-mail: yun8813@paran.com
Copyright © 2011 by Korean Hip Society

골 형성의 골교체율을 쉽게 평가할 수 없었으나, 여러 생화학적 표지자들이 개발되고 측정이 가능해지면서 조골세포와 파골세포의 활성화 및 골 교체율을 비관혈적으로 평가할 수 있으며[10], 골밀도 검사와는 달리 수개월 추시간에도 결과가 변하는 비율이 매우 클 수 있어서 골 소실의 속도 평가, 골절 위험도 평가, 골다공증 약물 투여에 대한 반응의 관찰, 골다공증 약물 복용의 순응도 평가 및 순응도 향상 등에 이용되고 있다[9-11]. 하지만 생화학적 표지자로는 피질골과 해면골 중 어느 부위에서 재형성 변화가 발생하는지 구별할 수 없으며 검체 측정의 정밀도가 생물학적인 인자와 측정법 자체에 의해 다양하게 영향을 받을 수 있다는 단점들이 있다[10].

고관절 관절염을 가진 폐경기 여성들을 대상으로 단순 방사선 사진을 이용하여 방사선적 지표들은 측정하고 이를 DEXA 골밀도 검사 결과들과 비교 분석한 연구[4]는 있었으나 저자들은 현재 대부분의 병원에서 종래의 단순 방사선 사진이 디지털 방사선 영상으로 대치되고 있다는 사실에 착안하여 디지털 방사선 영상의 장점인 촬영 후 이미지 보정 기능 및 소프트웨어 프로그램상의 여러 측정 보조 기능들이 골다공증을 측정하는 방사선적 지표들의 정확성을 향상시킬 것이라는 가정하에 노인성 고관절 주위골절 환자들을 골절 군으로 설정하고 이에 대한 대조 군을 추가하여 디지털 방사선 영상을 이용하여 방사선적 지표들을 측정하고 이를 DEXA 골밀도 검사 결과들과 비교 분석하여 방사선적 지표들에 대한 신뢰성, 방사선적 지표들간 및 DEXA 골밀도 검사와의 연관성을 분석하여 방사선적 지표들의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2007년 3월부터 2009년 3월까지 고관절 주위골절 (대퇴 경부 골절, 대퇴 전자간 골절)로 진단 받았던 환자들 중 65세 미만, 건 측 근위 대퇴부에 해부학적 변형, DEXA 골밀도 검사를 시행하지 않았던 경우 등의 제외조건들을 적용하여 이에 해당되지 않았던 100명을(대퇴 경부 골절 환자 50명, 대퇴 전자간 골절 환자 50명) 골절 군으로 설정하고 같은 기간 동안에 디지털 고관절 방사선 영상 촬영 및 DEXA 골밀도 검사를 시행하였던 65세 미만의 비 골절 및 근위 대퇴부 변형이 없었던 50명을 대조 군으로 설정하여 후향적인 연구를 진행하였다. 골절 군의 평균 나이 및 성별은 각각 77.1세(65~93.4세) 및 남자 21명, 여자 79명이었다. 골절 군 중 대퇴 경부 골절 환자 50명의 평균 나이 및 성별은 각각 75.7세(65.2~91.5세) 및 남자 11명, 여자 39명이었고 대퇴 전자간 골절 환자 50명의 평균 나이 및 성별은 각각 78.3세(65~93.4세) 및 남자 10명, 여자 40명으로 두 군간에 나이 및 성별에서 통계적인 차이는 없었다. 대조 군의 평균 나이 및 성별은 각각 44.1세 (20~55.1세) 및 남자 12명, 여자 38명이었다. 골절 군과 대조 군간에는 성별에서 통계적인 차이를 보이지 않았다.

방사선적 지표들 측정에 필요한 근위 대퇴부 영상을 얻기 위해서 디지털 방사선 영상 촬영 시 고관절을 15°내 회전 시킨 상태에서 대퇴골이 소전자부 기준으로 최소 10 cm 이상 보이도록 촬영하였다. 8년의 정형외과 전문의 경험을 갖고 있는 한 명의 관찰자 (A) 및 전공의로 재직중인 다른 한 명의 관찰자 (B)가 측정에 참여하였다. 관찰자들은 최적의 영상을 얻기 위한 소프트웨어(PiViewStar Version 5080, Infinitt, Seoul, Korea)의 활용 방법들(영상 확대, 밝기 조절, 흑백반전, 측정 보조 기능)에 대한 충분한 경험들을 가지고 있었다. 관찰자들은 환자 치료에 직접 참여하지 않았으며 연구 설계에 대해서도 알지 못했다. 본 연구에서 방사선적 지표들로는 SI[3], CCR[5], CTI[5] 등이 사용되었다. SI는 심한 골다공증으로 인하여 일차 압박 골소주만 관찰되는 1등급에서 정상적으로 모든 골 소주들이 관찰되는 6등급까지 여섯 단계의 등급으로 나뉘어진다[3]. SI와 DEXA 골밀도 검사 결과간의 연관성을 분석하기 위해서 Masud 등[17]이 제안한 분류에 근거하여 3등급 이하의 SI는 골다공증 군, 4등급 이상의 SI는 정상군으로 SI 측정 결과들을 재 분류하였다. CCR[5]은 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 거 폭(CW)이라 정의하고 이로부터 10 cm 하방 부위에서의 골수강내 폭(FW)을 측정하여 비율(FW/CW)로 나타낸 값이다[5] (Fig. 1). CCR 값에 따라서 CCR 값이 0.5 미만이면 A형, 0.5이상 0.75 미만이면 B형, 0.75이상이며 C형으로 근위 대퇴골 형태를 분류할 수 있으며 C형을 골다공증으로 분류한다[5]. 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 골다공증과 연관성이 높은 것으로 알려져 있다[4] (Fig. 2). 모든 측정은 1280×1024 픽셀의 17인치 디지털 LCD 모니터 (Syncmaster, Samsung, Korea)상에서 이루어졌다. 1달 간격으로 2 번 측정하였으며 골절 군에서는 비 골절 부위를 측정하였고 대조 군에서는 양측 부위를 측정하였다. 학습 효과를 배제하기 위해서 이 기간 동안 관찰자들은 타 방사선에 대한 방사선적 골다공증 측정 검사를 시행하지 않았다.

DEXA (Lunar DPX-L, GE Medical Systems, Madison, WI) 골밀도 검사는 한 명의 전문 방사선 기사에 의해서 모든 환자들에게 시행되었으며 대퇴골 경부에서 검사자의 최소 유의 변화 값이 6.9% 미만으로 나타나서 허용될만한 정밀도를 갖고 있었다[18]. 소프트웨어 프로

그램(Lunar software, Version 1.35, GE Medical Systems, Madison, WI)을 통해서 대퇴 경부 T 점수를 분석하고 T 점수가 -2.5 표준편차 초과인 경우를 골다공증, -1.0 표준편차 초과에서 -2.5 표준편차까지를 골조소증, -1.0 표준편차 이하인 경우를 정상으로 분류하였다 [19].

CCR, CTI의 관찰자 내 및 관찰자간의 신뢰도를 평가하기 위하여 Intraclass Correlation Coefficient (ICC)를 측정하였다. SI, SI에 따른 골다공증 유무, CCR값에 따른 근위 대퇴골 형태 분류에 대한 관찰자 내 및 관찰자간의 신뢰도를 평가하기 위해서 Kappa 값을 구하였다. Kappa 값은 두 독립적인 관찰자에 의해서 측정된 같은 값을 서로 비교하는 것으로 Landis와 Koch[20]의 분류에 근거하여 빈약한 신뢰도를 표현하는 0~0.20의 값에서 낮은 신뢰도를 표현하는 0.21~0.40, 수용 가능한 신뢰도를 나타내는 0.41~0.60, 좋은 신뢰도를 나타내는 0.61~0.80, 그리고 뛰어난 신뢰도를 나타내는 0.81~1.00의 값으로 나누어 진다. Kappa 값은 명목척도에서는 유용한 매개변수이지만, SI, CCR값에 따른 근위 대퇴골 형태와 같은 순서 척도에는 저평가될 수 있다는 단점이 있어서 이 경우들에서는 가중된 Kappa 값을 구하여 통계에 이용하였다. 방사선적 지표들 측정결과들간 및 방사선적 지표들 측정결과들과 DEXA 골밀도 검사간의 상관 관계는 Pearson's correlation coefficients 및 Kappa 값을 측정하여 평가하였다. 또한 방사선적 지표들의 골다공증 기준치를 결정하고자 Receiver Operation Characteristic Curve (ROC Curve)를 구하고 면적 율(AUC) 및 cut off 값을 측정하였다. 이들 결과의 통계학적 분석은 SPSS 12.0 version을 이용하였으며 p value가 0.05 이하인 것을 유의한 것으로 평가하였다.

결 과

골절 군 및 대조 군에서 평균 대퇴 경부 T 점수는 각각 -2.83±1.10 (0.4~-5.1), -0.94±1.16 (-3.3~3.3) 이었다. 관찰자 A 및 B에서 골절 군의 평균 SI 값은 각각 3.62±1.25 등급 (1~6 등급), 3.08±1.11 등급 (1~6등급)이었으며 대조 군의 평균 SI 값은 각각 5.66±0.48 등급 (5~6 등급), 5.28±0.62 등급 (4~6 등급)이었다. 관찰자 A 및 B에서 골절 군의 평균 CCR 값은 각각 0.68±0.09 (0.44~0.92), 0.70±0.09 (0.52~0.83) 이었으며 대조 군에서는 각각 0.62±0.09 (0.33~0.83), 0.63±0.08 (0.44~0.87) 이었다. 관찰자 A 및 B에서 골절 군의 평균 CTI 값은 각각 0.49±0.07 (0.30~0.64), 0.51±0.07 (0.31~0.66) 이었으며 대조 군에서는 각각 0.57±0.07

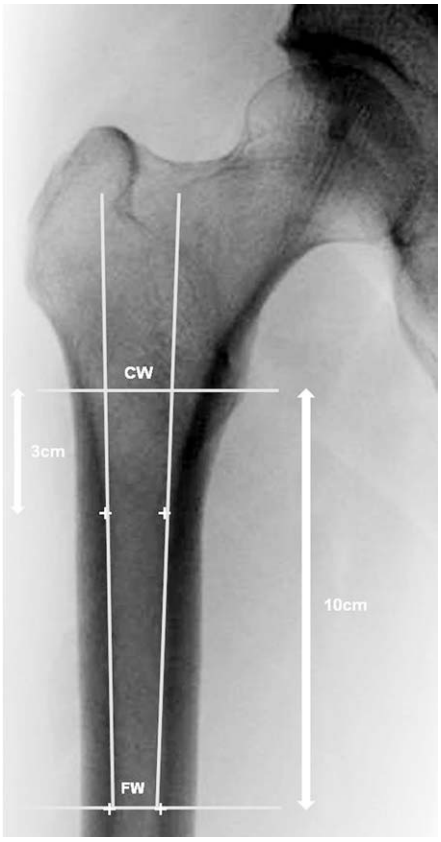

Fig. 1. Measurement of calcar-to-canal ratio by FW/CW on anteroposterior radiograph of the hip.

Fig. 2. Cortical thickness index measurement on anteroposterior radiograph of the hip. Cortical thickness index is equal to femoral diaphysis with minus intramedullary width divided by diaphysis width.

(0.27~0.75), 0.58±0.06 (0.38~0.71) 이었다.

골절군내에서 대퇴 경부 골절 환자들과 대퇴 전자간 골절 환자들간의 DEXA 골밀도 검사 결과들 및 방사선적 지표들 측정 결과들은 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 골절 군과 대조군 간에는 모든 DEXA 골밀도 검사 결과들 및 방사선적 지표들의 측정 결과들에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(P〈0.05). 골절 군에 대한 SI 측정 결과상 관찰자 A에서는 각각 51예, 53예, 관찰자 B에서는 각각 61예, 51예에서 SI가 3등급 이하의 소견을 보여서 골다공증으로 분류되었고, 대조 군에서는 모든 예들에서 SI가 4등급 이상이어서 골다공증으로 분류된 경우는 없었다. CCR 값에 따른 근위 대퇴골 형태 분류 상 골절군과 대조군간의 형태 분포는 통계적으로 유의하였으며(P〈0.05), 대조 군에서 A형과 B형의 분포가 골절군 보다 많았다. DEXA 골밀도 검사 결과상 대퇴 경부 T 점수가 -2.5 표준편차 초과로 골다공증으로 분류된 경우들은 골절 군에서는 62예, 대조 군에서는 5예들에서 각각 관찰되었다.

CCR 및 CTI 측정 결과들에 대한 관찰자 내 및 관찰자간 ICC 결과들 중 골절 군에서 CTI 측정 결과들에 대한 모든 ICC 값들이 0.8 이상의 신뢰성을 보였다(Table 1). SI, SI에 따른 골다공증 유무, 그리고 CCR 값에 따른 근위 대퇴골 형태 분류에 대한 Kappa 측정 결과상 대조 군에서 골절 군보다 Kappa 측정치가 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며 관찰자간 편차가 큰 소견을 보였다(Table 2). 방사선 지표들간의 상관 관계 결과상 CCR과 CTI간에서 양호한 역상관 관계를 보였다(P〈0.05) (Table 3). 방사선 지표들과 DEXA 골밀도 측정간의 상관 관계 결과상 CTI 및 SI에 따른 골다공증 유무에서 통계적으로 유의한 상관관계가 있었다(P〈0.05) (Table 4). CTI 측정 결과들에 대한 ROC Curve 분석에서 면적 율은 관찰자 A 및 B에서 각각 0.78 (95% 신뢰 수준, 0.72~0.84), 0.77 (95% 신뢰 수준, 0.71~0.84) 및 0.81

Table 1. Intra- and Interobserver Reliability Evaluated by ICC with 95% CI

Fracture Group ICC[†] (95% CI)	Control Group ICC (95% CI[§])	Intraobserver Reliability
CCR* (Observer A)	0.99 (0.98~0.99)	0.96 (0.94~0.97)
CCR (Observer B)	0.78 (0.69~0.84)	0.71 (0.59~0.79)
CTI[†] (Observer A)	0.91 (0.87~0.94)	0.68 (0.53~0.78)
CTI (Observer B)	0.91 (0.87~0.94)	0.80 (0.62~0.88)
Interobserver Reliability		
CCR (Observer A/B-1)	0.71 (0.58~0.79)	0.56 (0.41~0.68)
CCR (Observer A/B-2)	0.70 (0.58~0.79)	0.60 (0.46~0.71)
CTI (Observer A/B-1)	0.83 (0.63~0.91)	0.63 (0.40~0.77)
CTI (Observer A/B-2)	0.81 (0.71~0.87)	0.46 (0.29~0.60)

* CCR; Canal-to-Calcar Ratio, [†] CTI; Cortical Thickness Index, [‡] ICC; Intraclass Correlation Coefficient, [§] CI; Confidence Interval

Table 2. Intra- and Interobserver Reliability Evaluated by Kappa with 95% CI

	Fracture Group Kappa (95% CI[§])	Control Group Kappa (95% CI)
Intraobserver Reliability		
SI* (Observer A)	0.93 (0.88~0.97)	0.89 (0.80~0.98)
SI (Observer B)	0.46 (0.34~0.58)	0.27 (0.13~0.41)
OP[†] (Observer A)	0.96 (0.91~1.00)	0.68 (0.53~0.78)
OP (Observer B)	0.50 (0.33~0.68)	0.80 (0.62~0.88)
Dorr[‡] (Observer A)	0.95 (0.89~1.00)	0.94 (0.86~1.00)
Dorr (Observer B)	0.68 (0.53~0.83)	0.73 (0.55~0.91)
Interobserver Reliability		
SI (Observer A/B-1)	0.38 (0.25~0.50)	0.39 (0.24~0.49)
SI (Observer A/B-2)	0.37 (0.26~0.48)	0.27 (0.13~0.41)
OP (Observer A/B-1)	0.38 (0.20~0.55)	1.00 (1.00~1.00)
OP (Observer A/B-2)	0.39 (0.21~0.57)	1.00 (1.00~1.00)
Dorr (Observer A/B-1)	0.61 (0.46~0.77)	0.85 (0.72~0.98)
Dorr (Observer A/B-2)	0.69 (0.54~0.84)	0.84 (0.69~0.98)

* SI; Singh Index, [†] OP; Osteoporosis based on Singh Index,

[‡] Dorr; Dorr Classification of Femoral Geometry according to Canal-to-Calcar Ratio, [§] CI; Confidence Interval

(95% 신뢰 수준, 0.75~0.87), 0.79 (0.72~0.85) 이었으며 cut off 값은 관찰자 A 및 B에서 각각 0.53(민감도 79%, 특이도 66%), 0.54(민감도 75%, 특이도 65%) 및 0.53(민감도 69%, 특이도 78%), 0.55(민감도 79%, 특이도 62%) 이었다(Fig. 3).

고 찰

단순 방사선 사진은 골다공증을 평가할 수 있는 간편하고 저렴한 측정 자료로서 그 동안 여러 임상 연구들에서 이용되어 왔으나 측정 결과들의 신뢰성에 대해서는 이견들이 있다[12-14]. 현재 많은 병원들에서 종래의 단순 방사선 사진들이 디지털 방사선 영상으로 대치되었으며 디지털 방사선 영상으로의 전환이 증가하고 있는 추세이다[21]. 디지털 방사선 영상의 장점들로는 디지털 영상 전송, 저장, 방사선 조사량 감량, 촬영 후 보정 작업 등이 있으며, 특히 영상 획득 후 소프트웨어 프로그램을 이용하여 다양한 보정 작업들(영상 확대 및 축소, 밝기 조절, 영상 반전) 및 여러 측정 보조 도구들의 이용이 가능하여 종래의 단순 방사선 사진과 비교 시 골소주 등의 골의 미세 형태를 재현하는데 있어서 우수하고 여러 방사선적 골다공증 측정에 있어서 좀 더 편리하다는 보고들이 있다[22,23]. 본 연구의 주 목적은 이러한 디지털 방사선 영상의 장점들에 착안하여 디지털 방사선 영상이 방사선적 지표들을 이용한 골다공증 측정의 신뢰성을 향상시키는데 노령의 고관절 주위 골절 환자들에서 부가적인 검사 없이 골다공증을 평가할 수 있는데 도움을 줄 수 있다는 가정하에 고관절 방사선을 이용하여 골다공증을 평가하는 방사선적 지표들에 대한 측정 결과들의 신뢰성 및 정확성을 알아보고자 함이었다.

본 연구에서 골절 군과 대조 군간에서 DEXA 골밀도 검사 결과들 및 방사선적 지표들(SI, CCR, CTI) 측정 결과들이 통계적으로 유의한 차이를 보였는데 이는 골절 군과 대조 군의 연령차이에서 기인하는 당연한 결과라고 생각한다. 골절군내에서 대퇴 경부 골절 환자들과 대퇴 전자간 골절 환자들간의 DEXA 골밀도 검사 결과들 및 방사선적 지표들(SI, CCR, CTI) 측정 결과들은 통계적으로 유의한 차이가 없어서 골다공증 차이보다는 낙상 당시의 위치, 가해진 외력, 체중, 연부 조직 상태 등의 영향으로 골절 부위

Table 3. Correlation of CTI and CCR Evaluated by Spearman Correlation Test with P value

	CCR* A-1	CCR A-2	CCR B-1	CCR B-2
CTI† A-1	-0.63 (<0.05)	-0.61 (<0.05)	-0.46 (<0.05)	-0.50 (<0.05)
CTI A-2	-0.79 (<0.05)	-0.80 (<0.05)	-0.65 (<0.05)	-0.65 (<0.05)
CTI B-1	-0.47 (<0.05)	-0.45 (<0.05)	-0.58 (<0.05)	-0.51 (<0.05)
CTI B-2	-0.50 (<0.05)	-0.47 (<0.05)	-0.49 (<0.05)	-0.60 (<0.05)

* CCR; Canal-to-Calcar Ratio, † CTI; Cortical Thickness Index

Table 4. Correlation of Radiologic Parameters with DEXA Result

	Pearson's Correlation	Kappa (95% CI‖)	P value
CCR* (Observer A-1)	-0.32		<0.05
CCR (Observer A-2)	-0.29		<0.05
CCR (Observer B-1)	-0.37		<0.05
CCR (Observer B-2)	-0.29		<0.05
CTI† (Observer A-1)	0.54		<0.05
CTI (Observer A-2)	0.50		<0.05
CTI (Observer B-1)	0.58		<0.05
CTI (Observer B-2)	0.55		<0.05
OP‡ (Observer A-1)		0.56 (0.43~0.68)	<0.05
OP (Observer A-2)		0.56 (0.44~0.68)	<0.05
OP (Observer B-1)		0.69 (0.58~0.79)	<0.05
OP (Observer B-2)		0.69 (0.58~0.79)	<0.05
Dorr§ (Observer A-1)		0.08 (-0.01~0.16)	<0.05
Dorr (Observer A-2)		0.09 (0~0.17)	<0.05
Dorr (Observer B-1)		0.15 (0.06~0.24)	<0.05
Dorr (ObserverB-2)		0.11 (0.02~0.20)	<0.05

* CCR; Canal-to-Calcar Ratio, † CTI; Cortical Thickness Index, ‡ OP; Osteoporosis based on Singh Index,
§ Dorr; Dorr Classification of Femoral Geometry according to Canal-to-Calcar Ratio, ‖ CI; Confidence Iinterval

가 다르게 나타났다고 생각한다. 또한 CCR 값에 따른 근위 대퇴골 형태들의 분포[5] 정도가 골절 군과 대조 군간에서 통계적으로 유의한 차이를 보였는데 이는 노화 현상의 하나로 발생하는 골 구조의 변화[5]가 반영된 결과라고 생각한다.

Landis와 Koch 등[20]은 Kappa 값 0.6을 기준으로 이 이상이 되어야 특정 검사의 신뢰도가 수용 가능하다고 하였다. 본 연구에서 SI 측정 결과들을 보면 관찰자 내에서의 Kappa 값이 개개 관찰자 사이에서 상당한 차이를 보였으며 관찰자 간에서의 Kappa 값은 수용 가능한 수준에 이르지 못하였다(Table 2). 관찰자 간에서의 Kappa 값이 관찰자 내에서의 Kappa 값 보다 일반적으로 신뢰도 평가에 있어서 더욱 중요하다는 점을 고려해 볼 때, 골다공증을 평가하는데 있어서 SI의 신뢰성에 대한 본 연구의 결과들은 각각의 관찰자가 SI를 이용해서 골다공증을 평가하는데 서로 다른 기준을 적용하여 측정한 결과라는 사실을 반영하므로 실망스럽다 할 수 있다. 동일 방사선으로 측정한 SI 등급이 관찰자 내 및 관찰자 간에서 일치하지 않은 이유는 다음과 같이 생각하여 볼 수 있다. 우선 다소 모호한 SI 등급 구분이다. 비록 Singh 등[3]은 골다공증이 진행됨에 따라서 발생하는 근위 대퇴부 골 소주들의 소실 양상들을 해부학적 및 방사선적 비교를 통해서 여섯 등급으로 체계화하고 연관성을 입증하였으나 본 연구 결과 분석상 모든 방사선 영상에서 나타나는 근위 대퇴부 골 소주 형태를 명확히 여섯 등급으로 구분하여 나눌 수는 없었다. 특히 골다공증 군과 비 골다공증 군으로 구별되는 SI 3등급과 4등급의 구별점이 애매모호하였다. Singh 등[3]에 따르면 SI 3등급은 일차 인장 골 소주의 연속성이 끊어져 있고 일차 인장 골 소주가 상부 대퇴 경부 지역에 국한되고 인접한 일차 압박 골 소주에 필적할 정도의 음영을 가진 상태라고 정의하였으나 골 소주선의 개수, 두께, 길이 등에 대한 정의가 없어서 실제 측정 시 어려움이 있었으며 또한 남아 있는 일차 인장 골 소주가 상부 대퇴 경부 지역이 아닌 대전자부 지역에서 관찰되는 경우들, 일차 인장 골 소주가 상부 대퇴 경부 지역 및 대전자부 지역에서 관찰되는 경우들도 있어서 이런 경우들에서 객관적인 SI 등급 측정이 불가능하고 주관적인 결과를 나타낼 수 밖에 없었다. SI 4등급은 이차 인장 골 소주가 현저하게 감소되나 연속성은 유지된 상태로 이차 압박 골 소주는 완전히 소실된 상태로 정의하였으나 골 소주가 현저하게 감소되었다는 정의 자체가 객관적인 수치가 제시되지 않아서 주관적으로 해석할 수 있는 소지가 있어서 실제 측정 시 반복성 및 재현성을 얻는데 어려움이 있었으며 이차 인장 골 소주가 감소되어 있으나 이차 압박 골 소주가 남아 있는 경우나 이차 압박 골 소주의 흔적이 보이는 경우들에 대해서 일관된 등급 지정에 어려움이 있었다. 본 저자들은 SI의 여섯 등급들이 등급간에 서로 긴밀히 연관 되어있어서 수용 가능한 수준의 신뢰도를 얻지 못했다고 판단하여 이에 관찰자 내 및 관찰자간에서 일치도가 증가할 것을 기대하고 측정한 SI를 골다공증 군(3 등급 이하) 과 비 골다공증 군 (4 등급 이상)으로 재 분류하여 Kappa 값 및 DEXA 골밀도 측정간의 상관 관계를 알아보았다. DEXA 골밀도 측정과의 상관 관계가 통계적으로 유의한 수준으로 있었으나 관찰자 내에서의 Kappa 값이 개개 관찰자 사이에서 상당한 차이를 보였다. 대조 군에서 관찰자 간에서의 Kappa 값이 1.00으로 완벽한 일치도를 보였으나 이는 대조 군이 모

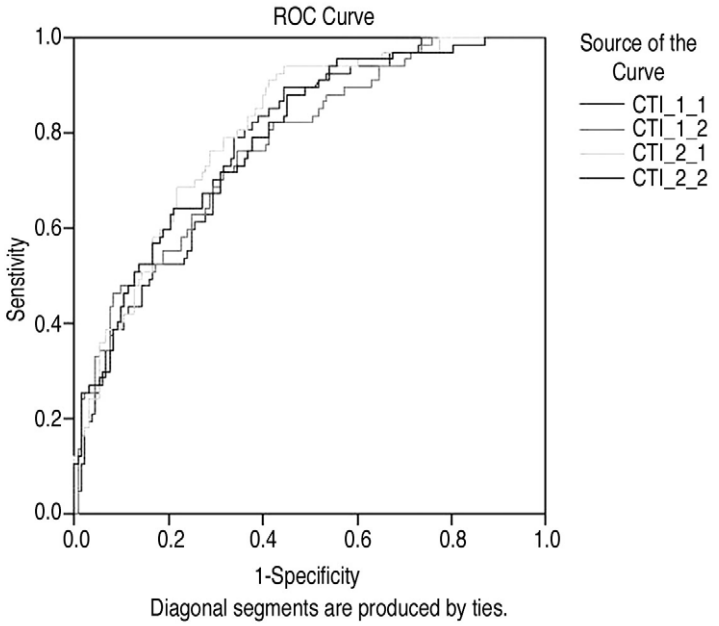

Fig. 3. Receiver Operation Characteristic Curves of the cortical thickness index results.

두 4 등급 이상의 SI 결과를 보였다는 점을 감안하면 의미 없는 결과라고 생각한다 SI 측정 결과들을 두 군으로 덜 세밀하게 분류하여도 역시 측정 결과들의 신뢰도가 낮음을 보여준 것으로, 디지털 영상 전송, 저장, 조사량 감소, 촬영 후 영상 처리를 특징으로 하는 디지털 방사선 영상이 관찰자 내 및 관찰자 간에서의 SI 측정 결과들의 불일치 차이를 줄이는데 도움이 되지 못한다는 것을 알 수 있었다.

CCR 측정 결과들에 대한 관찰자 내 및 관찰자간의 ICC 측정결과들은 모두 0.6 이상인 소견을 보였으며(Table 1), CCR 값에 따른 근위 대퇴골 형태 분류에 대한 Kappa 값도 모두 0.6 이상인 소견을 보였으며 대조 군에서 골절 군보다 Kappa 값이 높은 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2). CCR 값 및 CCR 값에 따른 근위 대퇴골 형태 분류와 DEXA 골밀도 검사간에는 통계적으로 유의한 수준의 상관관계는 없었다. Sah 등[4]은 방사선적 지표들과 골밀도 검사간의 연관성에 대한 연구에서 CCR과 T 점수간에 통계적으로 유의한 연관성이 없었으며 이는 대퇴골의 길이가 개개인 마다 차이가 있는데 CCR은 측정 방법상 측정 대상의 대퇴골 길이 차이에 대한 고려 없이 일률적으로 소전자부 중간 부위에서 평행선을 긋고 이로부터 하방으로 각각 3, 10 cm 위치한 골수강의 폭을 측정하는 점이 반영된 결과라고 하여서 대퇴골 길이에 대한 고려가 CCR 측정 시 필요하다고 하였다. 본 연구에서도 측정 대상의 대퇴골 길이를 측정하지 않았으며 향후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

CTI 측정 결과들에 대한 관찰자 내 및 관찰자간 ICC 결과상 골절 군에서는 ICC 값이 모두 0.8 이상으로 대조 군과 비교 시 골절 군에서 모두 높았으며 대조 군에서는 특히 관찰자간 ICC 값이 상대적으로 낮았다(Table 1). 단순 방사선으로 측정한 이전의 연구[4]결과(Spearman r =0.478)와 비교 시 본 연구에서는 DEXA 골밀도 측정 결과들과의 비교에서도 좀 더 높은 상관관계가 관찰되었다(Table 4). ROC Curve 분석 결과상 평균 0.54 (0.53~0.55)의 CTI를 기준으로 골다공증 유무를 판단하는 민감도 및 특이도는 각각 평균 75.5% (69~79%), 67.8% (65~78%) 이었다(Fig. 3). CTI 측정은 CCR 측정과 달리 측정 대상의 대퇴골 길이에 영향을 받지 않으며 디지털 방사선 영상의 장점인 촬영 후 이미지 보정 기능 및 소프트웨어 프로그램상의 여러 측정 보조 기능들이 측정 오차를 줄이는데 도움을 준다고 저자들은 분석하였다. 대조 군보다 골절 군에서 상대적으로 높은 ICC 결과들을 보였는데 이는 골절 군의 나이가 65세 이상이어서 피질골 두께의 감소가 대조군 보다는 많아서 대조 군보다 측정이 용이할 것으로 예상할 수 있고 실제 평균 CTI가 골절 군에서 대조 군보다 낮은 수치를 보였다. 이러한 결과들로 미루어 볼 때 CTI가 의사들로 하여금 노령의 환자들을 대상으로 골다공증을 진단하기 위한 노력을 유도하는데 도움이 되는 방사선적 지표로 고려해볼 수 있다고 생각되나 본 연구 결과상 통계적으로 의미는 있으나 DEXA 골밀도 검사와의 상관관계가 만족할만한 수준은 아니어서 향후 이에 대한 조절된 전향적인 연구가 필요하다고 생각한다.

본 연구의 제한 점들은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에 참여한 관찰자 수가 2명에 불과하였다. 좀 더 많은 관찰자들이 참여했다면 연구 결과들에 대한 고찰이 좀 더 보편 타당성을 얻지 않았을까 하는 아쉬움이 있다. 둘째, 방사선적 지표들을 측정할 때 이용된 모니터의 화질에 따라서 측정 결과가 영향을 받을 수 있다. 셋째, 동일 환자에 대해서 단순 방사선 사진과 디지털 방사선 영상간의 방사선적 지표들 측정 결과에 대한 비교 연구를 시행하지 않았다. 본원 방사선 촬영 시스템이 전체적으로 디지털화되어서 단순 방사선 사진을 획득하는데 어려움이 있으며 급성 외상 환자들인 골절 군을 대상으로 부가적으로 단순 방사선 사진을 촬영하기에는 무리가 따랐다. 마지막으로 남성과 여성에서 골다공증이 발생하는 기전 및 부위에서 차이가 있을 수 있으며 방사선적 지표들의 측정에도 영향을 줄 수 있어서 성별간의 측정 결과들에 대한 연구를 시행하면 좀 더 고찰이 풍부해질 수 있으나 연구 대상에서 여성이 차지하는 비율이 많아서 이를 시행하지 못한 점이다.

결 론

고관절 디지털 방사선을 이용하여 측정한 방사선적 골다공증 측정 방법들 중 CTI가 측정 방법이 간편하고 만족스러운 신뢰도를 보이며 DEXA 골밀도 검사와의 연관성을 보여서 특히 노령의 고관절 주위 골절 환자들에서 골다공증을 진단하고 치료하기 위한 노력을 유도하는데 유용하다고 판단된다.

REFERENCES

1. Aloia JF, Vaswani A, Atkins H, Zanzi I, Ellis K, Cohn SH. *Radiographic morphometry and osteopenia in spinal osteoporosis. J Nucl Med. 1977;18:425-31.*
2. Devlin H, Karayianni K, Mitsea A, et al. *Diagnosing osteoporosis by using dental panoramic radiographs: the OSTEODENT project. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2007;104:821-8.*
3. Singh M, Nagrath AR, Maini PS. *Changes in trabecular pattern of the upper end of the femur as an index of osteoporosis. J Bone Joint Surg Am. 1970;52:457-67.*
4. Sah AP, Thornhill TS, Leboff MS, Glowacki J. *Correlation of plain radiographic indices of the hip with quantitative bone mineral density. Osteoporos Int. 2007;18:1119-26.*
5. Dorr LD, Faugere MC, Mackel AM, Gruen TA, Bognar B, Malluche HH. *Structural and cellular assessment of bone*

quality of proximal femur. Bone. 1993;14:231-42.

6. Boehm HF, Link TM. *Bone imaging: traditional techniques and their interpretation. Curr Osteoporos Rep. 2004;2:41-6.*
7. O' Gradaigh D, Debiram I, Love S, Richards HK, Compston JE. *A prospective study of discordance in diagnosis of osteoporosis using spine and proximal femur bone densitometry. Osteoporos Int. 2003;14:13-8.*
8. Astrand J, Thorngren KG, Tägil M, Akesson K. *3-year follow-up of 215 fracture patients from a prospective and consecutive osteoporosis screening program. Fracture patients care! Acta Orthop. 2008;79:404-9.*
9. Bergmann P, Body JJ, Boonen S, et al. *Evidence-based guidelines for the use of biochemical markers of bone turnover in the selection and monitoring of bisphosphonate treatment in osteoporosis: a consensus document of the Belgian Bone Club. Int J Clin Pract. 2009;63:19-26.*
10. Civitelli R, Armamento-Villareal R, Napoli N. *Bone turnover markers: understanding their value in clinical trials and clinical practice. Osteoporos Int. 2009;20:843-51.*
11. Szulc P, Delmas PD. *Biochemical markers of bone turnover: potential use in the investigation and management of postmenopausal osteoporosis. Osteoporos Int. 2008;19:1683-704.*
12. Kawashima T, Uhthoff HK. *Pattern of bone loss of the proximal femur: a radiologic, densitometric, and histomorphometric study. J Orthop Res. 1991;9:634-40.*
13. Koot VC, Kesselaer SM, Clevers GJ, de Hooge P, Weits T, van der Werken C. *Evaluation of the Singh index for measuring osteoporosis. J Bone Joint Surg Br. 1996;78:831-4.*
14. Pogrund H, Rigal WM, Makin M, Robin G, Menczel J, Steinberg R. *Determination of osteoporosis in patients with fractured femoral neck using the Singh index: a Jerusalem study. Clin Orthop Relat Res. 1981;156:189-95.*
15. Lewiecki EM, Baim S, Langman CB, Bilezikian JP. *The official positions of the International Society for Clinical Densitometry: perceptions and commentary. J Clin Densitom. 2009;12:267-71.*
16. Watts NB. *Fundamentals and pitfalls of bone densitometry using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). Osteoporos Int. 2004;15:847-54.*
17. Masud T, Jawed S, Doyle DV, Spector TD. *A population study of the screening potential of assessment of trabecular pattern of the femoral neck (Singh index): the Chingford Study. Br J Radiol. 1995;68:389-93.*
18. Miller RG. *Osteoporosis in postmenopausal women. Therapy options across a wide range of risk for fracture. Geriatrics. 2006;61:24-30.*
19. Hauschild O, Ghanem N, Oberst M, et al. *Evaluation of Singh index for assessment of osteoporosis using digital radiography. Eur J Radiol. 2009;71:152-8.*
20. Landis JR, Koch GG. *The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics. 1977;33:159-74.*
21. Wagner S, Stäbler A, Sittek H, et al. *Diagnosis of osteoporosis: visual assessment on conventional versus digital radiographs. Osteoporos Int. 2005;16:1815-22.*
22. Lindhardt FE. *Clinical experiences with computed radiography. Eur J Radiol. 1996;22:175-85.*
23. Okamura T, Tanaka S, Koyama K, et al. *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. Eur Radiol. 2002;12:1741-7.*

J Korean Hip Soc 23(2): 142-150, 2011

국문초록

고관절 디지털 방사선을 이용하여 측정한 방사선적 골다공증 측정 방법들의 유용성

윤호현 · 이주원* · 임득수 · 박성철 · 오성록

서울보훈병원 정형외과, 이화여자대학교 의과대학 정형외과학교실*

목적: 디지털 방사선 영상을 이용하여 방사선적 골다공증 지표들을 측정하고 방사선적 골다공증 지표들의 유용성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 고관절 주위골절로 진단 받았던 65세 이상의 환자 100 명을 골절 군으로 설정하고 65세 미만의 비 골절 50명을 대조 군으로 설정하였다. Singh Index, Canal-to-Calcar Ratio, Cortical Thickness Index (CTI)를 측정하였으며 골밀도 측정을 위해서 이중 에너지 방사선 (DEXA) 골밀도 검사를 시행하였다.

결과: CTI 측정 결과들에 대한 관찰자 내 및 관찰자간 Intraclass Correlation Coefficient (ICC) 결과상 골절 군에서는 ICC 값이 모두 0.8 이상으로 대조 군과 비교 시 골절 군에서 모두 높았으며 대조 군에서는 특히 관찰자간 ICC 값이 상대적으로 낮았다. CTI와 DEXA 골밀도 검사결과들간에는 통계적으로 유의한 상관관계가 관찰되었다($r=0.50\sim0.58$, $p<0.05$).

결론: CTI가 만족스러운 신뢰도를 보이며 DEXA 골밀도 검사와의 연관성을 보여서 특히 노령의 고관절 주위 골절 환자들에서 골다공증을 진단하고 치료하기 위한 노력을 유도하는데 유용하다고 판단된다.

색인단어: 고관절, 고관절 골절, 골다공증, 방사선적 지표, 디지털 방사선 영상