The Accuracy of Bone Mineral Density at Distal Radius on Non-Forearm Osteoporosis Identification

WANNA TRIVITAYARATANA, M.D.*,
PICHIT TRIVITAYARATANA, M.Sc.*

Abstract

The accuracy of BMD at distal radius was evaluated in terms of sensitivity, specificity, false negative, false positive, predictive value of a positive (osteoporosis) and a negative (normal) test for non- forearm osteoporosis. 278 women (150 osteoporotic and 128 normal) were measured for both distal radius bone mineral density (BMD) using Panasonic (DXA-70) dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) and non-forearm BMD using Hologic (QDR-4500) DEXA on the same day. The results showed that mean age, menopause age, height and weight in the osteoporotic group were not different from the healthy group ($p=0.168$, 0.091, 0.274 and 0.097, respectively). Mean BMD of both distal radius and lumbar spine in the normal women was significantly higher than that in the osteoporotic group ($p<0.001$, $= 0.002$, <0.001, respectively). While mean BMD of the hip, femoral neck and Ward's triangle in both groups was not different ($p = 0.330$, 0.874, 0.847, respectively). The sensitivity of BMD of the right radius was very high (90.00-95.45%) and specificity was moderately high (53.85-73.68%). While false negative (4.55-10.00%) was less than false positive (26.32-46.15%). The accuracy of right radius BMD when compared with spine, hip, femoral neck and Ward's triangle was 82.35, 66.66, 80.00 and 86.49 per cent, respectively. The sensitivity (85.00-96.67%), specificity (57.69-81.58%), false negative (3.33-15.00%) and false positive (18.42-42.31%) of left radius BMD had the same trend as right radius BMD. Accuracy of the left radius when compared with non-forearm BMD was 88.24, 66.67, 75.71 and 86.49 per cent, respectively. The predictive value of right radius osteoporosis was 73.68, 47.37, 77.78 and 89.66 per cent for detecting osteoporosis at spine, hip, femoral neck and Ward's triangle, respectively. The predictive value of normal right radius BMD was 93.33, 92.86, 87.50 and 75.00 per cent, respectively for normal non-forearm BMD. Moreover, the predictive value of left radius osteoporosis for identifying spinal, hip, femoral neck and Ward's triangle osteoporosis was (80.56, 47.22, 77.55 and 91.07%, respectively) and the predictive value of normal left radius BMD for identifying normal BMD at non-forearm sites (96.88, 90.00, 71.43 and 72.22%, respectively) was revealed. It indicated that forearm DEXA provides adequate accuracy for *in vivo* determination of spinal, femoral neck and Ward's triangle osteoporosis. However, there was inadequate accuracy and very low predictive ability for identifying hip osteoporosis.

Key word : Accuracy, Bone Density

TRIVITAYARATANA W & TRIVITAYARATANA P
J Med Assoc Thai 2001; 84: 566-571

* Department of Radiological Technology, Faculty of Medical Technology, Mahidol University, Bangkok 10700, Thailand.

BMD measurements of lumbar spine, femoral neck and forearm are widely used to detect osteopenia and osteoporosis and to monitor the efficacy of treatment[1]. Low radiation dose, comfortable and fast handling, moderate cost and a strong association with the risk of non-spine fractures, promote the use of forearm scanning as a screening procedure for the detection of generalized osteoporotic bone loss[2]. Moreover, peripheral DEXA was not affected by calcification and degenerative changes that could corrupt DEXA measurements on the antero-posterior spine in women over 60 years[3]. The purpose of this study was to determine the diagnostic accuracy of forearm BMD in osteoporosis and normal women compared to spine, hip, femoral neck and Ward's triangle BMD. WHO criteria for classification of osteoporosis was used to define normal and osteoporotic patients.

MATERIAL AND METHOD

Two hundreds seventy-eight women, aged 41 – 78 years (mean age 56.54 years), from the elderly club at Pramongkutklao and Siriraj Hospitals had non-forearm (lumbar spine, hip, femoral neck and Ward's triangle) BMD measured using Hologic (QDR-4500) DEXA and both distal forearms using Panasonic (DXA-70) DEXA on the same day. For representation of distal forearms, the distal 1/10 of both radii was used. WHO criteria for classification of osteoporosis, more than 2.5 standard deviations (SDs) below the mean for young healthy adult women[4] at any sites, was applied after scanning. The accuracy of BMD at distal radius on non-forearm osteoporosis identification was evaluated in terms of sensitivity, specificity, false negative, false positive, predictive value of a positive (osteoporosis) and a negative (normal) test by multiple steps. First, the authors considered the spinal BMD of all women and classified them into osteoporosis and normal groups (The osteopenia group was excluded). Then we subclassified the above 2 groups by BMD at distal radius into osteoporosis and normal groups again. Finally, sensitivity, specificity, false negative, false positive, predictive value of a positive and a negative test were calculated. The accuracy of distal radius BMD for spinal osteoporosis could then be evaluated. The accuracy of distal forearm BMD for the other non-forearm osteoporosis identification was assessed in the steps as described. 68, 66, 70 and 74 women were measured for evaluation of the accuracy of distal forearms BMD when compared with BMD of spine, hip, femoral neck and Ward's triangle, respectively.

RESULTS

The clinical evaluation of the 278 women is shown in Table 1. There were 150 osteoporotic and 128 healthy women in this study. The mean age, menopause age, height and weight in the osteoporotic group were not different from the healthy group ($p=0.168$, 0.091, 0.274 and 0.097, respectively). Mean BMD of both distal radius and lumbar spine in the normal women were significantly higher than that in the osteoporotic group ($p<0.001$, $= 0.002$, <0.001, respectively). While mean BMD of hip, femoral neck and Ward's triangle in both groups were not different ($p=$ 0.330, 0.874 and 0.847, respectively).

The sensitivity, specificity, false positive, false negative, predictive value of a positive and a negative test were computed to evaluate the accuracy of BMD at distal 1/10 of both radii when compared with BMD at lumbar spine, hip, femoral neck and Ward's triangle as shown in

Table 1. Clinical evaluation of all women examined (mean ± SD).

Variables	n	osteoporotic	healthy	t	P
Age (years)	278	57.12 ± 6.02	53.52 ± 5.78	0.97	0.168
menopause age (years)	278	48.42 ± 3.45	48.89 ± 3.06	1.35	0.091
height (cm)	278	153.29 ± 5.46	155.45 ± 5.41	0.65	0.274
weight (kg)	278	56.72 ± 6.78	59.35 ± 7.23	1.31	0.097
BMD (g/cm^2)					
right radius	278	0.425 ± 0.068	0.524 ± 0.048	3.60	<0.001*
left radius	278	0.456 ± 0.067	0.538 ± 0.036	2.98	0.002*
lumbar spine	68	0.692 ± 0.081	1.034 ± 0.081	9.30	<0.001*
hip	66	0.732 ± 0.103	0.924 ± 0.080	1.39	0.330
femoral neck	70	0.612 ± 0.086	0.778 ± 0.089	1.07	0.874
Ward's triangle	74	0.409 ± 0.107	0.647 ± 0.112	1.09	0.847

* significant at $p<0.05$

Table 2. Accuracy of BMD at distal radius for identifying non-forearm osteoporotic patients.

	osteoporotic sites			
	spine	hip	femoral neck	Ward's
right radius				
sensitivity	93.33	90.00	95.45	92.86
specificity	73.68	56.52	53.85	66.67
false negative	6.66	10.00	4.55	7.14
false positive	26.32	43.68	46.15	33.33
accuracy	82.35	66.66	80.00	86.49
left radius				
sensitivity	96.67	85.00	86.36	91.07
specificity	81.58	58.70	57.69	72.22
false negative	3.33	15.00	13.64	8.93
fase positive	18.42	41.30	42.31	27.78
accuracy	88.24	66.67	75.71	86.49

Table 3. Predictive value of distal radius BMD.

	right radius		left radius	
	PV+	PV-	PV+	PV-
lumbar spine	73.68	93.33	80.56	96.88
hip	47.37	92.86	47.22	90.00
femoral neck	77.78	87.50	77.55	71.43
Ward's triangle	89.66	75.00	91.07	72.22

PV^+ = predictive value of a positive test
PV^- = predictive value of a negative test

Table 2 and Table 3. The results showed that the sensitivity of BMD of right radius was very high (90.00-95.45%). The specificity was moderately high (53.85-73.68%), while false negative (4.55-10.00%) was less than false positive (26.32-46.15%). The accuracy of right radius BMD when compared with spine, hip, femoral neck and Ward's triangle was 82.35, 66.66, 80.00 and 86.49 per cent, respectively. The sensitivity (85.00-96.67%), specificity (57.69-81.58%), false negative

(3.33-15.00%) and false positive (18.42-42.31%) of left radius BMD had the same trend as right radius BMD. The accuracy of left radius when compared with non-forearm BMD was 88.24, 66.67, 75.71 and 86.49 per cent. The predictive value of right radius osteoporosis was 73.68, 47.37, 77.78 and 89.66 per cent for detecting osteoporosis at spine, hip, femoral neck and Ward's triangle, respectively. The predictive value of normal right radius BMD was 93.33, 92.86, 87.50 and 75.00 per cent for normal non-forearm BMD. Moreover, the predictive value of left radius osteoporosis for identifying spinal, hip, femoral neck and Ward's triangle osteoporosis was 80.56, 47.22, 77.55 and 91.07 per cent and the predictive value of normal left radius BMD for identifying normal BMD at non-forearm sites was 96.88, 90.00, 71.43 and 72.22 per cent as shown in Table 3.

DISCUSSION

278 women were scanned by both Hologic and Panasonic DEXA. From WHO criteria for classification of osteoporosis, more than 2.5 SDs below the mean for young healthy adult women at lumbar spine, hip, neck of femur and Ward's triangle was used to discriminate osteoporosis from normal or osteopenia women. The normal group of various sites was defined as who had BMD more than 1 SD of young standard mean. Both groups were also classified into osteoporosis and normal groups again by BMD at distal 1/10 of right and left radiis. In the healthy subjects, there was positive correlation between the forearm BMD and that of both the spine and hip, whereas, in the patients with distal radius fracture there was only a weak correlation between the forearm and spine BMD and no association between the BMD of the forearm and hip[5]. We found that BMD of the lumbar spine and both distal radii in osteoporotic subjects were significantly lower than in healthy subjects. BMD at both distal radii was highly sensitive and moderately specific for detecting not only spinal osteoporosis but also Ward's triangle osteoporosis with high accuracy. However, BMD was high to moderate sensitivity and low specificity for hip and femoral neck osteoporosis with low to moderate accuracy. Forearm DEXA provided adequate accuracy for *in vivo* determination of spinal, femoral neck and Ward's triangle osteoporosis. This has lead to a high identification rate on forearm DEXA scanning which is used efficiently[6]. However, there was inadequate accuracy and very low predictive ability for identifying hip osteoporosis. These forearm measurements were also used to estimate bone mass at remote anatomical locations and thereby estimated the risk for spine, hip and other fractures[7,8]. The peripheral location of the human forearm, with its relatively small amount of surrounding soft tissue, improves the accuracy and precision of bone mass measurement and makes this site the first choice for the assessment of a subject's bone mineral status[3].

(Received for publication on June 8, 2000)

REFERENCES

1. Horner K, Devlin H, Alsop CW, et al. Mandibular bone mineral density as a predictor of skeletal osteoporosis. Br J Radiol 1996; 69: 1019-25.
2. Augat P, Fuerst T, Genant HK. Quantitative bone mineral assessment at forearm : a review. Osteoporos Int 1998; 8: 299-310.
3. Mole PA, McMurdo MET, Paterson CR. Evaluation of peripheral dual energy X-ray absorptiometry : Comparison with single photon absorptiometry of the forearm and dual energy X-ray absorptiometry of the spine or femur. Br J Radiol 1998; 71: 427-32.
4. Marshall D, Johnell O, Wedel H. Meta-analysis of how well measures of bone mineral density predict occurrence of osteoporotic fractures. Br Med J 1996; 312: 1254-9.
5. Mallmin H, Ljunghall S. Distal radius fracture in an early sign of general osteoporosis : bone mass measurements in a population based study. Osteoporos Int 1994; 4: 357-61.
6. Jones T, Davie MW. Bone mineral density at distal forearm can identify patients with osteoporosis at spine or femoral neck. Br J Rheumatol 1998; 37: 539-43.
7. Sievanen H, Backstrom MC, Kuusela AL, et al. Dual energy X-ray absorptiometry of the forearm in preterm and term infants : evaluation of the methodology. Pediatr Res 1999; 45: 100-5.
8. Duppe H, Gardsell P, Nilsson B, Johnell O. A single bone density measurement can predict fractures over 25 years. Calcif Tissue Int 1997; 60: 171-4.

ความเที่ยงตรงของการใช้ความหนาแน่นของกระดูกปลายแขนอันนอก ในการบอกว่าเป็นโรคกระดูกพรุนในส่วนที่ไม่ใช่กระดูกปลายแขน

วรรณา ตรีวิทยรัตน์, พ.บ., พิชิต ตรีวิทยรัตน์, วท.ม.**

ได้ทดสอบความเที่ยงตรงของการใช้ค่าความหนาแน่นของกระดูกปลายแขนอันนอก ในการบอกว่าเป็นโรคกระดูกพรุนตรงส่วนที่ไม่ใช่กระดูกปลายแขน (กระดูกสันหลัง สะโพก ส่วนคอของกระดูกต้นขา และสามเหลี่ยม Ward's) ในรูปของ sensitivity, specificity, false negative, false positive, predictive value of a positive and a negative test โดยทำการวัดค่าความหนาแน่นของกระดูกปลายแขนทั้ง 2 ข้างด้วยเครื่อง Panasonic (DXA-70) และส่วนที่ไม่ใช่กระดูกปลายแขนด้วยเครื่อง Hologic (QDR-4500) ในผู้หญิง 278 คน (กระดูกพรุน 150 คน และปกติ 128 คน) ผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยอายุ, อายุที่หมดประจำเดือน, ความสูง และน้ำหนักของกลุ่มที่เป็นโรคกระดูกพรุน ไม่ต่างจากกลุ่มปกติ (p=0.168, 0.091, 0.274 และ 0.097 ตามลำดับ) ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของกระดูกปลายแขนอันนอก และกระดูกสันหลังส่วนเอวในผู้หญิงปกติมีค่าสูงกว่าผู้หญิงที่เป็นกระดูกพรุน (p<0.01, = 0.002 <0.001 ตามลำดับ) ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของส่วนคอกระดูกต้นขาและสามเหลี่ยม Ward's ของทั้ง 2 กลุ่มไม่แตกต่างกัน (p = 0.330, 0.874 และ 0.847 ตามลำดับ) ค่า sensitivity ของการใช้ความหนาแน่นที่กระดูกปลายแขนอันนอกข้างขวา ในการบ่งชี้ว่าเป็นโรคกระดูกพรุนในส่วนที่ไม่ใช่กระดูกปลายแขนสูงมาก (ร้อยละ 90.00-95.45) ค่า Specificity อยู่ในระดับสูงปานกลาง (ร้อยละ 53.85-73.68) ค่า false negative (ร้อยละ 4.55-10.00) ต่ำกว่าค่า false positive (ร้อยละ 26.32-46.15) ความแม่นยำมีค่าร้อยละ 82.35, 66.66, 80.00 และ 86.49 เมื่อเทียบกับกระดูกสันหลัง, สะโพก, ส่วนคอของกระดูกต้นขา และสามเหลี่ยม Ward's ค่า sensitivity (ร้อยละ 85.00-96.67), specificity (ร้อยละ 57.69-81.58), false negative (ร้อยละ 3.33-15.00) และ false positive (ร้อยละ 18.42-42.31) ของความหนาแน่นกระดูกปลายแขนอันนอกข้างซ้ายมีแนวโน้มเดียวกับความหนาแน่นกระดูกปลายแขนอันนอกข้างขวา ความเที่ยงตรงของการใช้ความหนาแน่นกระดูกปลายแขนอันนอกข้างซ้าย เมื่อเทียบกับส่วนที่ไม่ใช่กระดูกปลายแขน มีค่าร้อยละ 88.24, 66.67, 75.71 และ 86.49 ตามลำดับค่า predictive value of a positive test ของกระดูกปลายแขนอันนอกข้างขวา มีค่าร้อยละ 73.68, 47.37, 77.78 และ 89.66 ตามลำดับ ส่วนของกระดูกปลายแขนอันนอกข้างซ้ายมีค่าร้อยละ 80.56, 47.22, 77.55 และ 91.07 ในการบอกว่าเป็นโรคกระดูกพรุนที่กระดูกสันหลัง, สะโพก, ส่วนคอของกระดูกต้นขาและสามเหลี่ยม Ward's ส่วนค่า predictive value of a negative test ของกระดูกปลายแขนอันนอกข้างขวามีค่าร้อยละ 93.33, 92.86, 87.50 และ 75.00 ส่วนของกระดูกปลายแขนอันนอกข้างซ้ายมีค่าร้อยละ 96.88, 90.00, 71.43 และ 72.22 ในการบอกว่าส่วนที่ไม่ใช่กระดูกต้นแขนมีค่าความหนาแน่นของกระดูกปกติ ดังนั้นการใช้ความหนาแน่นของกระดูกปลายแขนทั้ง 2 ข้าง มีความเที่ยงตรงสูงในการบอกว่าเป็นโรคกระดูกพรุนในส่วนกระดูกสันหลัง, ส่วนคอของกระดูกต้นขาและสามเหลี่ยม Ward's แต่มีความเที่ยงตรงและความสามารถในการทำนายต่ำสำหรับการบอกว่าเป็นโรคกระดูกพรุนที่กระดูกสะโพก

คำสำคัญ : ความเที่ยงตรง, ความหนาแน่นของกระดูก

วรรณา ตรีวิทยรัตน์, พิชิต ตรีวิทยรัตน์
จดหมายเหตุทางแพทย์ ฯ 2544; 84: 566-571

* ภาควิชารังสีเทคนิค, คณะเทคนิคการแพทย์, มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ 10700