

## การศึกษาความแม่นยำระยะสั้นของเครื่อง calcaneal quantitative ultrasound (Achilles Express) ในการตรวจโรคกระดูกพรุน

สิทธิชัย ชาญอำไพ, สุภัสสรี สุนทรธาดา, ศักดา ไชกิจภิญโญ  
ภาควิชาออร์โธปิดิกส์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## The Study of Short - Term Precision of Calcaneal Quantitative Ultrasound (Achilles Express)

Sittichai Thanumpai, Suppasin Soontrapa, Sakda Chaikitpinyo  
Department of Orthopaedics, Faculty of medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen

**หลักการและวัตถุประสงค์:** Dual Energy X-ray Absorptiometry เป็นการวัดค่ามวลกระดูกที่นิยม มีความน่าเชื่อถือสูง แต่ราคาแพง มีขนาดใหญ่ เครื่อง quantitative ultrasound (QUS) น่าจะใช้วินิจฉัยโรคแทนได้ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความแม่นยำระยะสั้น (short-term precision) ของเครื่อง quantitative calcaneal ultrasound (Achilles Express) คำนวณเป็น coefficient of variation (CV) และหาค่า reliability ของเครื่องวัดในอาสาสมัครคนเดียวกัน โดยผู้วัดต่างบุคคลกัน

**วิธีการศึกษา:** เป็น Cross-sectional descriptive study ชายและหญิงจำนวนอย่างละ 10 คน ช่วงอายุ 20-70 ปี รวม 20 คน บันทึกข้อมูล น้ำหนัก ส่วนสูง อายุ เพศ วัดด้วย calcaneal quantitative ultrasound (Achilles Express) ที่สันเท้าด้านซ้าย วัดซ้ำ 10 ครั้งโดยผู้วัดคนแรก วัดซ้ำอีก 10 ครั้งโดยผู้วัดคนที่สอง

**ผลการศึกษา:** ความแม่นยำระยะสั้นของ SOS, BUA, SI เป็น CV% เท่ากับ 0.99, 6.42, 6.27 ตามลำดับ correlation coefficient ระหว่างผู้ตรวจทั้งสองเท่ากับ 0.821, 0.755, 0.861 ( $p < 0.001$ ) reliability ในการตรวจวัดของผู้ตรวจทั้งสอง วิเคราะห์โดย limits of agreement พบว่า mean difference และ standard deviation ของค่า SOS, BUA และค่า SI ระหว่างคนแรกและคนที่ 2 เท่ากับ -2.99 (SD = 22.41), 0.19 (SD=10.71) และ -1.1 (SD = 9.44) และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ( $p = 0.06, 0.797$  และ 0.101 ตามลำดับ)

**สรุป:** การศึกษาพบว่า เครื่อง QUS มีความน่าเชื่อถือสูง และอาจจะเป็นอีกทางเลือกใช้วินิจฉัยโรคกระดูกพรุนแทน

**Background and objective:** Dual-energy X-ray absorptiometry is regarded as reference method for bone density assessment. Quantitative ultrasound (QUS) has been introduced as an alternative technology to bone densitometry. To study short-term precision (coefficient of variation; CV%) and the intra- and inter-observer reliability of QUS in measuring bone mineral density of the calcaneus.

**Methods:** This study is cross-sectional descriptive study. Subjects were 20 persons (10 woman, 10 man) in the age group between 20-70 years olds.

**Results:** Short-term precision of SOS, BUA, SI showed by coefficient of variation (CV%) were 0.99, 6.42, 6.27 respectively. The correlation coefficient (r) for SOS, BUA, SI between the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> observer was 0.82, 0.755 and 0.861 respectively ( $p < 0.001$ ). The limits of agreement for evaluating inter-observer reliability were used. The respective mean of differences and the standard deviation (SD) of SOS, BUA, SI between the measurements of the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> observers were -2.99 (SD = 22.41), 0.19 (SD=10.71) and -1.1 (SD = 9.44). None of the comparisons significantly differed from zero, with p-value of one sample t-test compare with zero (*i.e.*, 0.06, 0.797 and 0.101 respectively).

**Conclusion:** The QUS is the reliable tool for measuring bone mineral density and it could be used as alternative for diagnosing osteoporosis, particularly in areas with limited access to, and resources for, DXA.

เครื่อง DXA ได้ โดยเฉพาะในเขตชนบทหรือโรงพยาบาลที่ไม่มีเครื่อง DXA

**Keywords:** QUS (Quantitative ultrasound), DXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry), reliability, SI (stiffness index)

ศรีนครินทร์เวชสาร 2553; 25(2): 115-9 • Srinagarind Med J 2010; 25(2): 115-9.

## บทนำ

โรคกระดูกพรุน คือโรคที่กระดูกมีมวลต่ำและมีโครงสร้างภายในของกระดูกเสื่อมทรุดลงทำให้กระดูกเปราะและแตกหักง่าย<sup>1, 2</sup> องค์การอนามัยโลกได้เสนอเกณฑ์การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนโดยใช้ค่ามวลกระดูกหรือค่าความหนาแน่นของมวลกระดูกเป็นเกณฑ์ในการวินิจฉัย โดยการตรวจวัดค่ามวลกระดูกที่ได้รับความนิยมสูงสุด ในปัจจุบันนี้คือการตรวจวัดด้วยเครื่อง DEXA หรือ DXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry) เนื่องจากมีความน่าเชื่อถือและมีความคลาดเคลื่อนต่ำ<sup>3</sup> แต่เป็นการตรวจที่มีราคาแพง นอกจากนี้เครื่องมือนี้ยังมีใช้เพียงไม่กี่แห่งในประเทศไทย จึงไม่เหมาะสมสำหรับเป็นเครื่องมือวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนทั่วประเทศได้

เครื่องมืออีกชนิดหนึ่งที่เริ่มเป็นที่นิยมใช้มากในปัจจุบันคือ เครื่อง quantitative ultrasound (QUS) ตรวจวัดค่ามวลกระดูกด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง มีราคาถูก มีขนาดเล็กสามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวกและสามารถนำมาใช้ได้ตามโรงพยาบาลทั่วไป นอกจากนี้ยังไม่แพร่รังสีให้เป็นอันตรายต่อทั้งผู้ตรวจและผู้รับการตรวจ

การศึกษาก่อนหน้านี้ในต่างประเทศเพื่อเปรียบเทียบ calcaneal quantitative ultrasound แต่ละชนิด พบว่า มีความแม่นยำในการวัด (precision) (CV%) ได้ใกล้เคียงกัน โดยค่า standardized coefficient variation (sCV%) สำหรับ speed of sound (SOS) มีค่าระหว่าง 3.14-5.5% สำหรับ broadband ultrasound attenuation (BUA) มีค่าระหว่าง 2.45-6.01%<sup>4,5</sup> โดยมีการศึกษาก่อนหน้านี้ถึง precision ของ Achilles Express เท่ากับ 1.8%, 0.3%, 1.9% สำหรับ BUA, SOS, stiffness index (SI) ตามลำดับ<sup>6</sup>

การศึกษาในครั้งนี้เพื่อหาความแม่นยำระยะสั้น (short-term precision) ของเครื่อง quantitative calcaneal ultrasound (Achilles Express) โดยคำนวณเป็น coefficient of variation (CV%) และหาค่า reliability (test-retest) ของเครื่อง quantitative calcaneal ultrasound (Achilles Express) ในผู้ป่วยคนเดียวกันโดยผู้วัดต่างบุคคลกันซึ่งคำนวณด้วย limits of agreement ตาม Bland and Alman method

## วิธีการศึกษา

### กลุ่มประชากร

อาสาสมัครชายและหญิงที่มีสุขภาพแข็งแรงจำนวนอย่างละ 10 คน ช่วงอายุตั้งแต่ 20-70 ปี รวมทั้งสิ้นจำนวน 20 คน ทุกคนยินยอมเข้าร่วมการศึกษาอย่างเต็มที่ ภายหลังจากได้รับฟังคำอธิบายและซักถามเกี่ยวกับการศึกษานี้อย่างละเอียด และลงชื่อยินยอมเข้าร่วมการศึกษา อาสาสมัครทุกคนไม่เคยมีประวัติก่อนหน้าหรือกำลังมีการติดเชื้อในกระดูกสันหลัง หรือกระดูกสันหลังแตก เนื่องจากของกระดูกมะเร็งของกระดูก โรคทาง metabolic ของกระดูก ทำให้ไม่สามารถประเมินการตรวจความหนาแน่นของกระดูกสันหลังด้วย เครื่อง quantitative calcaneal ultrasound (Achilles Express) ได้ การศึกษานี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่นแล้ว (HE501225)

### จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษานี้

การคำนวณประชากร จากสูตร

$$n = \left( \frac{Z_{\frac{\alpha}{2}} - Z_1 - \beta \text{ (upper)}}{Z_r} \right)^2 + 3$$

$$\text{โดย } Z_r = \frac{1}{2} \ln \left( \frac{1+r}{1-r} \right)$$

โดยกำหนดให้  $\alpha$  (type I error) = 0.05,  $\beta$  (type II error) = 0.2,  $r$  (correlation coefficient) = 0.7 จะคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างได้ 13 คน

### เครื่องมือตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก

quantitative calcaneal ultrasound (Achilles Express) (lunar, Madison, WI, USA) เป็น calcaneal ultrasound ชนิด water based system ควบคุมอุณหภูมิขณะวัดให้คงที่โดยจะวัดผลเป็นค่า speed of sound (SOS), broadband ultrasound attenuation (BUA), stiffness index

### วิธีการ

บันทึกข้อมูล น้ำหนัก ส่วนสูง อายุ เพศ ทำความสะอาดสันเท้าด้านซ้าย ทำการวัดด้วย Achilles Express ที่สันเท้า

ด้านซ้ายภายในห้องที่มีอุณหภูมิคงที่ วัดซ้ำ 10 ครั้งในอาสาสมัครคนเดียวกันโดยผู้วัดคนเดียวกัน จากนั้นวัดซ้ำอีก 10 ครั้งโดยผู้วัดคนที่สอง

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. วิเคราะห์คุณลักษณะพื้นฐานของผู้เข้าร่วมวิจัยในกรณีของข้อมูลชนิดต่อเนื่องเช่นอายุ น้ำหนัก ส่วนสูง ค่า BMI จะแสดงเป็นค่าเฉลี่ย ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่า median และค่าต่ำสุดและสูงสุด
2. วิเคราะห์ค่า ความแม่นยำ ระยะสั้น (short term precision) ของ speed of sound (SOS), broadband ultrasound

attenuation (BUA), stiffness index (SI) เป็น coefficient of variation (CV%) โดยค่า CV% ของการวัดในอาสาสมัคร 20 คน เป็นชาย 10 คน หญิง 10 คน อาสาสมัครแต่ละคนจะถูกวัดด้วยผู้วัดสองคนคนละ 10 ครั้งรวมการวัดทั้งสิ้น 20 ครั้งต่ออาสาสมัครแต่ละคน ค่า CV% คำนวณจาก ค่า root mean square ของค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของการวัดแต่ละคนแล้วหารด้วยค่าเฉลี่ย (mean) ของการวัดทุกคน

3. วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ (reliability) ของการวัดด้วย Achilles Express โดยผู้วัดต่างบุคคลกันด้วยวิธี limits of agreement ของ bland and altman<sup>7</sup>

**ผลการศึกษา**

**ตารางที่ 1** คุณลักษณะพื้นฐานทางคลินิกของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งชายและหญิงอย่างละ 10 คน ช่วงอายุตั้งแต่ 20-70 ปี รวมทั้งสิ้นจำนวน 20 คน

	mean	Standard deviation	median	Minimum - maximum
อายุ (ปี)	45.25	14.85	45.50	22-70
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	64.80	16.74	63.00	43-100
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	161.35	7.03	160.00	150-176
BMI (ดัชนีมวลกาย)	25.02	5.99	23.62	17.15-36.89

**ตารางที่ 2** ความแม่นยำระยะสั้น (short term precision) ของค่า speed of sound (SOS), broadband ultrasound attenuation (BUA), stiffness index (SI) แสดงเป็น coefficient of variation (CV%)

	Female by 1 <sup>st</sup> observer	female by 2 <sup>nd</sup> observer	Female total	male by 1 <sup>st</sup> observer	Male by 2 <sup>nd</sup> observer	Male total	both male and female by 1 <sup>st</sup> observer	both male and female by 2 <sup>nd</sup> observer	total
CV% SOS	0.65	0.51	0.67	1.21	1.19	1.23	0.97	0.91	0.99
CV% BUA	7.61	6.09	7.18	4.71	5.63	5.62	6.28	5.85	6.42
CV% SI	5.71	5.20	6.00	4.95	7.03	6.51	5.33	6.21	6.27

**ตารางที่ 3** ความแม่นยำระยะสั้น (short term precision) ของ speed of sound (SOS), broadband ultrasound attenuation (BUA), stiffness index (SI) แสดงเป็น coefficient of variation (CV%) แยกเป็นในกลุ่มอายุน้อยกว่า 50 ปีและมากกว่า 50 ปีขึ้นไปเมื่อทำการวัดเทียบระหว่างผู้วัดคนที่ 1 และ 2

	กลุ่มอายุน้อยกว่า 50 ปี (จำนวน 12 คน)			กลุ่มอายุมากกว่า 50 ปีขึ้นไป (จำนวน 8 คน)		
	1 <sup>st</sup> observer	2 <sup>nd</sup> observer	total	1 <sup>st</sup> observer	2 <sup>nd</sup> observer	total
CV% SOS	0.49	1.11	0.90	1.41	0.50	1.11
CV% BUA	6.67	5.84	6.51	5.62	5.88	6.27
CV% SI	4.69	6.90	6.41	6.19	4.93	6.06

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์แห่งความสัมพันธ์ (r) เมื่อทำการวัดเทียบระหว่างผู้วัดคนที่ 1 และ 2

สัมประสิทธิ์แห่งความสัมพันธ์ระหว่างคนวัดคนแรกและคนที่สอง		p-value
SOS	0.821	<0.001
BUA	0.755	<0.001
SI	0.861	<0.001

จากตารางที่ 4 แสดงถึงค่าสัมประสิทธิ์แห่งความสัมพันธ์ระหว่างผู้ตรวจวัดคนแรกและคนที่สองของค่า SOS = 0.821, BUA = 0.755 และค่า SI = 0.861 (p-value<0.001) ส่วนการวิเคราะห์หาความน่าเชื่อถือของผลการตรวจวัดระหว่างคนแรกและคนที่สอง วิเคราะห์โดยวิธี limits of agreement ระหว่างค่าเฉลี่ยของความแตกต่างของผลการตรวจของผู้ตรวจสองคนเทียบกับค่าศูนย์ พบว่าค่าเฉลี่ยของความแตกต่างและค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่า SOS, BUA และค่า SI ระหว่างคนแรกและคนที่ 2 เท่ากับ -2.99 (SD = 22.41), 0.19 (SD=10.71) และ -1.1 (SD = 9.44) และไม่พบความแตกต่างจากค่าศูนย์อย่างมีนัยสำคัญในทุกการเปรียบเทียบ โดยมีค่า p-value ของ one sample t-test เทียบกับค่าศูนย์เท่ากับ 0.06, 0.797 และ 0.101 ตามลำดับ

### วิจารณ์

โรคกระดูกพรุน (osteoporosis) เป็นภาวะที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นสาเหตุของการเกิดกระดูกหักง่ายกว่าคนปกติซึ่งมีความสำคัญต่อการบริการสาธารณสุขของประเทศ การคัดกรองผู้ป่วยที่มีภาวะกระดูกพรุนจึงมีความจำเป็นเพื่อจะสามารถให้การรักษาผู้ป่วยตั้งแต่วัยแรก โดยการตรวจหามวลกระดูก (Bone mineral density-BMD) เป็นการตรวจที่มีความจำเป็นในการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนที่เป็นการตรวจมาตรฐาน (gold standard investigation for osteoporosis) แต่ในการตรวจโดยวิธีดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายสูง และไม่สามารถทำได้ในทุกสถานพยาบาล

เครื่อง quantitative ultrasound (QUS) เป็นเครื่องตรวจวัดค่ามวลกระดูกด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง มีราคาถูกและมีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้โดยสะดวกและสามารถนำมาใช้ได้ตามโรงพยาบาลทั่วไป นอกจากนี้ยังไม่แพร่รังสีให้เป็นอันตรายต่อทั้งผู้ตรวจและผู้ถูกตรวจจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนในอนาคต

จากการศึกษาของ ศุภศิลา สุทธวาทา และคณะ<sup>๖</sup> โดยใช้ค่าตรวจนี้ OSTA<sup>๖</sup> ร่วมกับ QUS แบบ sequential method เพื่อเป็นเครื่องมือวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน พบว่าหากใช้ค่า OSTA index -1 ซึ่งมีค่าความไวสูงถึงร้อยละ 91 เป็นตัวคัดกรองเบื้องต้น และใช้ค่า SI โดย QUS ที่มีความจำเพาะสูง พบว่า

ที่ค่า T-score = -4.5 เป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้วินิจฉัยโรคกระดูกพรุน โดยเฉพาะที่ตำแหน่ง femoral neck และ total femur โดยเทียบกับการตรวจวัดด้วยเครื่อง DXA ที่เป็น gold standard พบว่ามีความแม่นยำ (accuracy) สูงถึงร้อยละ 80 สำหรับ femoral neck และร้อยละ 89 สำหรับ total femur<sup>7,8</sup> แต่ยังมีข้อกังวลในความน่าเชื่อถือของ QUS มีการศึกษาก่อนหน้านี้ในต่างประเทศเพื่อเปรียบเทียบ calcaneal quantitative ultrasound แต่ละชนิด พบว่าสามารถตรวจแยกแยะผู้สูงอายุที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดกระดูกข้อสะโพกหักจากผู้สูงอายุปกติโดยมีความแม่นยำในการวัด (precision) (CV%) ได้ใกล้เคียงกัน โดยค่า standardized coefficient variation (sCV%) สำหรับ SOS มีค่าระหว่าง 3.14%-5.5%, สำหรับ BUA มีค่าระหว่าง 2.45%-6.01% ส่วน precision ของ เครื่อง Achilles Express เท่ากับ 1.8%, 0.3%,1.9% สำหรับ BUA, SOS, SI ตามลำดับ

จากการศึกษาในประเทศไทยของ ศุภศิลา สุทธวาทา และคณะ เรื่อง ความน่าเชื่อถือของการวัดค่าความหนาแน่นของกระดูกด้วยเครื่อง calcaneal quantitative ultrasound<sup>10</sup> โดยมีผู้เข้าร่วมการศึกษาทั้งสิ้นจำนวน 100 คน มีอายุ 60-89 ปี (มีอายุเฉลี่ย 69.97 ปี) ที่อาศัยอยู่ในอำเภอเมืองจังหวัดขอนแก่น ประเทศไทย ทำการตรวจวัดค่าความหนาแน่นของกระดูกสันหลังด้วยเครื่อง QUS โดยวัดค่า stiffness index (SI) ด้วยคนวัดจำนวน 2 คน คนละ 2 ครั้ง รวมจำนวนทั้งสิ้น 4 ครั้งต่อผู้สูงอายุ 1 คน ที่โรงพยาบาลศรีนครินทร์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์แห่งความสัมพันธ์ของค่า SI ระหว่างการตรวจครั้งที่หนึ่งและครั้งที่สองของผู้ตรวจคนแรกและคนที่สอง อยู่ที่ 0.973, 0.976 และ 0.925 ตามลำดับ (p<0.001) ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความแตกต่างระหว่างการวัดครั้งที่ 1 และ 2 ของผู้ตรวจคนแรก ของคนที่สอง และการวัดของสองคนเทียบกันเท่ากับ 0.12 (SD = 4), 0.00 (SD =3.79) และ -0.08 (SD = 6.63) ตามลำดับ โดยมีค่า p-value ของ one sample t-test เทียบกับค่าศูนย์เท่ากับ 0.765, 1 และ 0.904 ตามลำดับ พิสูจน์ให้เห็นว่าเครื่อง QUS มีความน่าเชื่อถือสูงเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นการวัดโดยบุคคลเดียวกันหรือต่างบุคคลกัน ส่วนแต่มีค่าใกล้เคียงกันอย่างมาก ความผันแปรของผลน้อยมาก แต่การศึกษานี้เป็นเพียงการเปรียบเทียบการวัด

สองครั้งในผู้ตรวจคนเดียวกัน (intraobserver) หรือผู้ตรวจสองคน (interobserver) แต่ยังไม่เคยมีการศึกษาความน่าเชื่อถือของเครื่อง QUS จากการตรวจวัดซ้ำหลายๆ ครั้งในคนไทย การศึกษาในครั้งนี้พบว่า Achilles Express มีความน่าเชื่อถือสูงอย่างมีนัยสำคัญ ไม่ว่าจะเป็นการวัดโดยบุคคลเดียวกันหรือต่างบุคคลกัน ล้วนแต่มีค่าใกล้เคียงกันอย่างมาก และค่า CV% จากการวัดซ้ำหลายๆ ครั้งใกล้เคียงกับการศึกษาของต่างประเทศ ดังนั้น เครื่อง QUS จึงมีความแม่นยำในการวัดสูงแม้จะวัดโดยผู้วัดต่างบุคคลกันอันแสดงถึงความสะดวกเหมาะสมในการนำมาใช้ตรวจโรคกระดูกพรุนในชุมชน

### สรุป

Quantitative calcaneal ultrasound (Achilles Express) เป็นเครื่องมือหนึ่ง ที่อาจจะใช้ตรวจวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน โดยเครื่องมือนี้มีความแม่นยำระยะสั้นและความน่าเชื่อถือสูง มีความสะดวกในการใช้ไม่ต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญในการวัด จึงเป็นเครื่องมือที่อาจเป็นทางเลือกนำมาใช้แทนเครื่อง DEXA โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชนบทหรือโรงพยาบาลที่ไม่มีเครื่อง DEXA

### กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินทุนวิจัยของ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

### เอกสารอ้างอิง

1. Consensus Development Conference on Osteoporosis. Hong Kong, April 1-2, 1993. Am J Med 1993; 95:1S-78S.
2. Consensus development conference: prophylaxis and treatment of osteoporosis. Am J Med 1991; 90:107-10.

3. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO Study Group. World Health Organ Tech Rep Ser 1994; 843:1-129.
4. Frost ML, Blake GM, Fogelman I. Contact Quantitative ultrasound: An evaluation of precision, fracture discrimination, age-related bone loss and applicability of WHO criteria. Osteoporos Int 1999; 10:441-9.
5. Njeh CF, Hans D, Li J, Fan B, Fuerst T, He YQ, et al. Comparison of six calcaneal quantitative ultrasound devices: precision and hip fracture discrimination. Osteoporos Int 2000; 11:1051-62.
6. Zhu ZQ, Liu W, Xu CL, Han SM, Zu SY, Zhu GJ. Ultrasound bone densitometry of the calcaneus in healthy Chinese children and adolescents. Osteoporos Int. 2007; 18:533-41.
7. Fletcher RH, Wagner EH, editors. Clinical epidemiology The essentials. 3<sup>rd</sup> ed. Baltimore:Williams and Wilkins; 1996; 23-4.
8. Soontrapa Sp, Soontrapa Sk, Chaikitpinyo S. Using quantitative ultrasound and osta index to increase the efficacy and decrease the cost for diagnosis of osteoporosis. J Med Assoc Thai 2009; 92 Suppl 5:S49-53.
9. Koh LK, Sedrine WB, Torralba TP, Kung A, Fujiwara S, Chan SP, et al. A simple tool to identify asian women at increased risk of osteoporosis. Osteoporosis Int 2001; 12:699-705.
10. Soontrapa SP, Soontrapa SK, Chaikitpinyo S. The Reliability of Calcaneal Quantitative Ultrasound in the Measurement of Bone Mineral Density. Srinagarind Med J 2008; 23:424-9.

