

## การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของกระดูกต้นแขน กับความหนาแน่นของมวลกระดูก

### The Correlation Between Proximal Humeral Cortical Thickness and Bone Mineral Density

ณัฐวัฒน์ ชัยวัฒน์รัตน์ พ.บ.,  
ว.ว. ศัลยศาสตร์ออร์โธปิดิกส์  
กลุ่มงานออร์โธปิดิกส์  
โรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า  
จังหวัดสมุทรสงคราม

Natthawat Chaiwatanarat M.D.,  
Thai Board of Orthopaedic Surgery  
Division of Orthopaedic Surgery  
Somdejprabuddhalertla Hospital,  
Samut Songkhram

#### บทคัดย่อ

**วัตถุประสงค์:** เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาของกระดูกต้นแขน (proximal humeral cortical thickness) กับค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก หรือ BMD (bone mineral density) และคำนวณหา sensitivity และ specificity ของความหนาของกระดูกต้นแขนที่ค่าต่างๆ เพื่อใช้ในการทำนายภาวะกระดูกพรุน

**วิธีการศึกษา:** เป็นการศึกษาแบบ prospective observational study ในประชาชนผู้มาทำการตรวจคัดกรองความเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุน ที่โรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า จังหวัดสมุทรสงคราม ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม 2559 แล้วได้รับการตรวจ DXA (dual-energy X-ray absorptiometry) จะได้รับการตรวจเอกซเรย์กระดูกต้นแขนข้างขวาในท่า AP view เพื่อคำนวณหาความหนาของกระดูกต้นแขน แล้วจึงนำมาหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยใช้วิธี Pearson correlation coefficients

**ผลการศึกษา:** ได้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 107 คน โดยค่าความหนาของกระดูกต้นแขน มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับค่า BMD ที่ femoral neck, total hip และ L1-L4 spine อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่า  $r = 0.69, 0.62$  และ  $0.51$  ตามลำดับ และค่าความหนาของกระดูกต้นแขนที่น้อยกว่า หรือเท่ากับ 6 มม. จะมี sensitivity 98% และมี negative predictive value 95% ในการทำนายภาวะกระดูกพรุน

**สรุป:** ค่าความหนาของกระดูกต้นแขน มีความสัมพันธ์แบบแปรตามกันกับค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) และสามารถนำมาใช้คัดกรอง หรือแยกภาวะกระดูกพรุนได้

**คำสำคัญ:** ความหนาของกระดูกต้นแขน กระดูกพรุน

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of this study is to evaluate the correlation between proximal humeral cortical bone thickness and bone mineral density, and to find the sensitivity and specificity of any values of cortical thickness for evaluating osteoporosis.

**Materials and methods:** Prospective observational study was done in people who were screened for osteoporosis at Somdejprabuddhalertla Hospital during January 2016 to May 2016. The people who had DXA scan were sent to X-ray right humerus in AP view to calculate the cortical thickness. The correlation between these values and BMD were evaluated by Pearson correlation coefficients.

**Result:** 107 people were enrolled in this study. The proximal humeral cortical thickness was correlated significantly with BMD at femoral neck, total hip and L1-L4 spine with  $r = 0.69, 0.62$  and  $0.51$ , respectively. The value of cortical thickness that equal or less than 6mm had 98% sensitivity and negative predictive value at 95% for predicting osteoporosis.

**Conclusion:** The proximal humeral cortical thickness was correlated with BMD and can be used for screening of osteoporosis.

**Keywords:** proximal humeral cortical thickness, osteoporosis

## บทนำ

ความแข็งแรงของกระดูก ได้จากมวลกระดูก (bone mass) และโครงสร้างของกระดูก (bone structure) ถ้ามวลกระดูกน้อยลง หรือ โครงสร้างของกระดูกเปลี่ยนแปลงไป เช่น ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ก็จะทำให้ความแข็งแรงของกระดูกน้อยลง เกิดโรคกระดูกพรุน ซึ่งจะมีโอกาสเกิดกระดูกหักได้ง่าย และเมื่อผู้ป่วยกลุ่มนี้มีกระดูกหักที่ต้องรักษาด้วยการผ่าตัดใช้เหล็กตามกระดูก การผ่าตัดก็จะมีอาการยุ่งยาก ซับซ้อน มากกว่าผู้ป่วยทั่วไป และอาจจำเป็นต้องใช้โลหะตามกระดูกชนิดพิเศษ เช่น locking plate ซึ่งมีราคาแพงกว่าชนิดทั่วไปและจัดเตรียมหาได้ยากกว่า

ในการรักษาผู้ป่วยกระดูกต้นแขนหักก็เช่นเดียวกัน ถ้าผู้ป่วยมีภาวะกระดูกพรุน แล้วทำการผ่าตัดยึดด้วยโลหะตามกระดูกชนิดธรรมดา ก็อาจจะ

มีโอกาasเกิดภาวะแทรกซ้อนของการผ่าตัดได้สูงกว่า เช่น poor fixation, postoperative loosening of the implant และทำให้มีปัญหาต่อการหายของกระดูกหักได้

เพราะฉะนั้นในการวางแผนการผ่าตัด เพื่อรักษาผู้ป่วยที่มีกระดูกต้นแขนหักนั้น ถ้าเราทราบถึงความหนาแน่นของมวลกระดูก (bone mineral density: BMD) ของผู้ป่วยก่อน ก็จะทำให้สามารถเตรียมการผ่าตัดได้ดีกว่า แต่การตรวจเพื่อหา BMD นั้น ต้องใช้การตรวจที่เรียกว่า dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) ซึ่งการตรวจชนิดนี้นั้นไม่สามารถทำได้ง่าย เครื่องตรวจ DXA มีอยู่ในโรงพยาบาลเพียงไม่กี่แห่ง ค่าใช้จ่ายในการตรวจสูง และต้องเสียเวลาในการนัดคิว การตรวจผู้ป่วยกระดูกหักนั้น ไม่สมควรรอเวลา ก่อนถึงการผ่าตัดนานเกินไป เพราะจะทำให้การผ่าตัดยุ่งยากมากขึ้น

ได้มีผู้ทำการศึกษาและรายงานสนับสนุนถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของกระดูก (cortical thickness) กับความหนาแน่นของมวลกระดูก (BMD) ไว้ โดย Barnett E และ Nordin BE<sup>1</sup> ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง cortical bone thickness กับ bone mineralization ของ metacarpal index ไว้ในปี 1960 พบว่า ความหนาของกระดูกสามารถทำนายถึง bone mineralization ได้ ต่อมาจึงมีผู้รายงานถึงการวัดความหนาของกระดูกที่ตำแหน่งกระดูกต่างๆ เพื่อช่วยทำนายถึง BMD ไว้อีกมากมาย

ในปี 1980 Bloom RA<sup>2</sup> ได้ทำการศึกษาค่า variation ของความหนาของกระดูกที่กระดูกต่างๆ ในร่างกาย ได้แก่ metacarpal bone ที่ 2 และ 4 กระดูกปลายแขนท่อนนอกและกระดูกต้นแขน ในกลุ่มประชากร อายุระหว่าง 20-40 ปี พบว่าค่า variation ของความหนาของกระดูกที่กระดูกต้นแขน มีค่าน้อยที่สุด จึงเป็นตำแหน่งที่ดี ที่จะนำมาใช้ทำนายถึง BMD ได้

มีรายงานถึงการวัดความหนาของกระดูกที่กระดูกตำแหน่งต่างๆ ได้แก่ femur, radius, metacarpals และกระดูกต้นแขน มาใช้ทำนายถึงการเกิดภาวะกระดูกพรุน<sup>3-6</sup> โดย Meema HE<sup>4</sup> รายงานถึงผลรวมของ ความหนาของกระดูกที่ distal humerus และ proximal radius ในผู้ป่วย 1,200 ราย ว่ามีการลดลงอย่างชัดเจน หลังจากอายุ 45 ปี ในทั้งผู้ชายและผู้หญิง Bloom RA และ Laws JW<sup>3</sup> รายงานถึงผลแบบเดียวกันว่าความหนาของกระดูกของ distal humerus จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ในผู้ป่วยที่อายุมากกว่า 50 ปี

ต่อมา Tingart MJ et al<sup>7</sup> ได้รายงานถึงการวัดความหนาของกระดูกของ proximal humeral diaphysis เพื่อทำนาย BMD ของ proximal humerus โดยเขาได้ทำการศึกษาในกระดูกต้นแขนของ cadaver ทั้งหมด 19 ชิ้น โดยได้ทำการเปรียบเทียบ

ระหว่าง proximal cortical thickness กับ BMD ของกระดูกต้นแขนที่ตำแหน่งต่างๆ ได้แก่ humeral head, surgical neck, greater tuberosity และ lesser tuberosity พบว่า ความหนาของกระดูกต้นแขนมีความสัมพันธ์กับ BMD ของกระดูกต้นแขนทั้ง 4 ตำแหน่ง อย่างมีนัยสำคัญ โดยความหนาของกระดูกที่น้อยกว่า 4 มม. จะช่วยบ่งชี้ถึงภาวะกระดูกพรุนของกระดูกต้นแขนได้อย่างดี และค่าความหนาของกระดูกต้นแขน ยังมีค่า intraobserver และค่า interobserver reliability ที่สูงด้วย แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ไม่ได้มีการเปรียบเทียบค่าความหนาของกระดูกต้นแขนกับ DXA ของกระดูก proximal femur และกระดูก lumbar spine ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ใช้ในการวินิจฉัยภาวะกระดูกพรุน

## วัตถุประสงค์

เพื่อเปรียบเทียบค่าความหนาของกระดูกต้นแขน โดยใช้การวัดจากเอกซเรย์กับค่าความหนาแน่นของมวลกระดูก หรือ BMD ที่วัดจากเครื่อง DXA นอกจากนี้การศึกษานี้ยังสามารถพิจารณาถึง sensitivity และ specificity ของความหนาของกระดูกต้นแขน เพื่อใช้ในการทำนายภาวะกระดูกพรุนด้วย

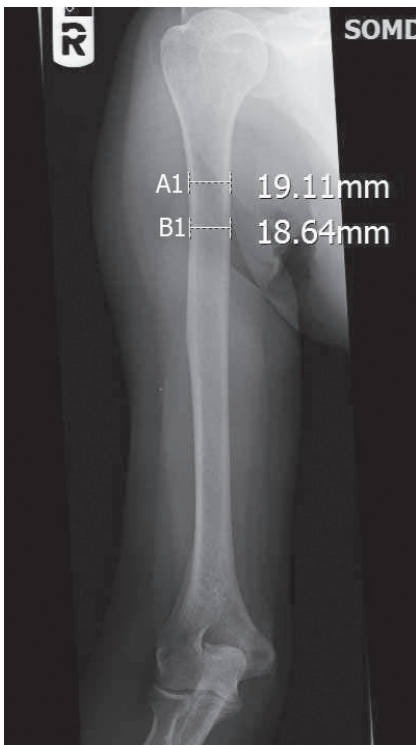
## วิธีการศึกษา

ประชาชนผู้ที่มาทำการตรวจคัดกรองความเสี่ยงต่อโรคกระดูกพรุน ที่โรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้า จังหวัดสมุทรสงคราม ในช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนพฤษภาคม 2559 แล้วได้รับการตรวจ DXA จะได้รับการอธิบายถึงรายละเอียดงานวิจัย จากนั้นผู้ที่ยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการตรวจเอกซเรย์กระดูกต้นแขนข้างขวาในท่า AP view งานวิจัยนี้ได้ผ่านการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมโรงพยาบาลสมเด็จพระพุทธเลิศหล้าแล้ว ผู้วิจัยได้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยทั้งหมด 107 คน (ผู้ชาย 8 คน

ผู้หญิง 99 คน) อายุเฉลี่ย 68 ปี เคยได้รับการผ่าตัดทำ spinal fusion ที่ lumbar spine 1 คน ค่า DXA ที่ lumbar spine ในผู้เข้าร่วมวิจัยรายนี้ จึงถูกตัดออก โดยค่า DXA ในงานวิจัยนี้วัดด้วยเครื่อง DEXXUM T (medicia instrument service) ส่วนภาพเอกซเรย์กระดูกต้นแขนที่ได้ จะอยู่ในโปรแกรม Infnit เพื่อนำมาหาค่าความหนาของกระดูกอีกที

การคำนวณค่าความหนาของกระดูกต้นแขน (CTavg) ใช้วิธีของ Tingart MJ et al<sup>7</sup> ซึ่งวิธีนี้มีค่าความเที่ยงที่สูง โดยการใช้ภาพ X-ray AP ของกระดูกต้นแขนแล้ววัดความหนาของกระดูก 2 ตำแหน่ง (รูปที่ 1 และ 2) ตำแหน่งแรกวัดที่จุดที่ proximal ที่สุดที่ endosteal borders ของ medial และ lateral cortex ขนานกัน ตำแหน่งที่ 2 วัดต่ำลง

ไปกว่าตำแหน่งแรก 20 มม. โดยเริ่มต้นจะลากเส้นตั้งฉากกับ cortex ที่จุดที่ 1 วัดระยะระหว่าง outer cortex ทาง medial ถึงทาง lateral เป็นความหนาของกระดูกทั้งหมด (A1) แล้วที่ตำแหน่งเดียวกันนั้น จะวัดความกว้างของ intramedullary canal (A2) แล้วเอา A2 ไปลบออกจาก A1 ก็จะได้ความหนาของกระดูกที่ตำแหน่งที่ 1 (C1) จากนั้นทำการวัดที่ตำแหน่งที่ 2 ซึ่งต่ำลงไปกว่าตำแหน่งแรก 20 มม. ได้ค่า B1 และ B2 ดังรูป แล้วหาค่าความหนาของกระดูกที่ตำแหน่งที่ 2 ด้วยวิธีเดียวกัน (C2) แล้วนำค่า C1 และ C2 มาหาค่าเฉลี่ย หลังจากนั้นหักออกร้อยละ 10 จากการขยายของเอกซเรย์ก็จะได้เป็น CTavg ของผู้เข้าร่วมงานวิจัยแต่ละราย



รูปที่ 1 แสดงวิธีการวัด outer cortex



รูปที่ 2 แสดงวิธีการวัด intramedullary canal

ค่า BMD ที่ได้จากการตรวจ DXA ผู้วิจัย  
เลือกใช้จาก 3 ตำแหน่ง คือ femoral neck, total hip  
และ L1-L4 spine โดยจะวินิจฉัยว่าเป็นกระดูกพรุน  
เมื่อค่า T-score ที่ตำแหน่งหนึ่งตำแหน่งใด เหล่านี้  
น้อยกว่า -2.5 โดยค่า BMD ที่ได้จะนำมาหาค่าความ  
สัมพันธ์กับค่า CTavg และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังนำค่า  
cut point ของ CTavg ค่าต่างๆ มาประเมินหา  
sensitivity และ specificity ในการวินิจฉัยภาวะ  
กระดูกพรุนด้วย

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS  
version 16 โดยนำเอาค่า CTavg มาหาความสัมพันธ์  
กับค่า BMD ที่ femoral neck, total hip และ L1-L4  
spine โดยใช้ Pearson correlation coefficients

คำนวณขนาดตัวอย่าง จากการวิเคราะห์  
กลุ่มตัวอย่าง 50 ราย โดยใช้โปรแกรม SPSS เพื่อ  
ให้ได้ค่าที่มีนัยสำคัญทางสถิติ ผลที่ได้คือจะต้องใช้  
กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดอย่างน้อย 100 ราย

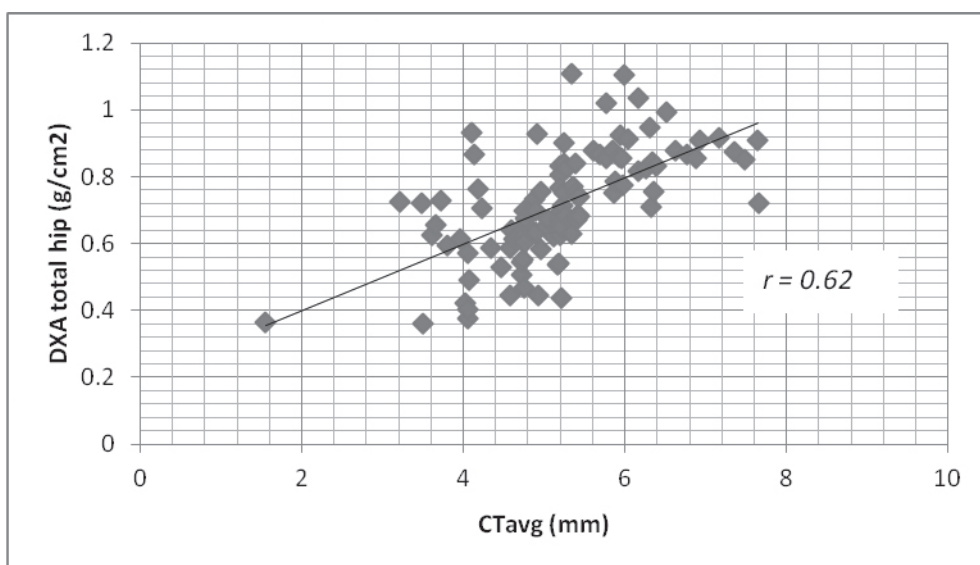
ค่าเฉลี่ยของ CTavg ของกลุ่มที่วินิจฉัยเป็น  
ภาวะกระดูกพรุนกับกลุ่ม non-osteoporosis ก็ได้นำ  
เอามาเปรียบเทียบกัน ด้วย 2-sample t-test

สุดท้ายผู้วิจัยได้ทำการคำนวณค่า sensitivity  
กับ specificity ของค่า CTavg ค่าต่างๆ เพื่อใช้ใน  
การวินิจฉัยภาวะกระดูกพรุน

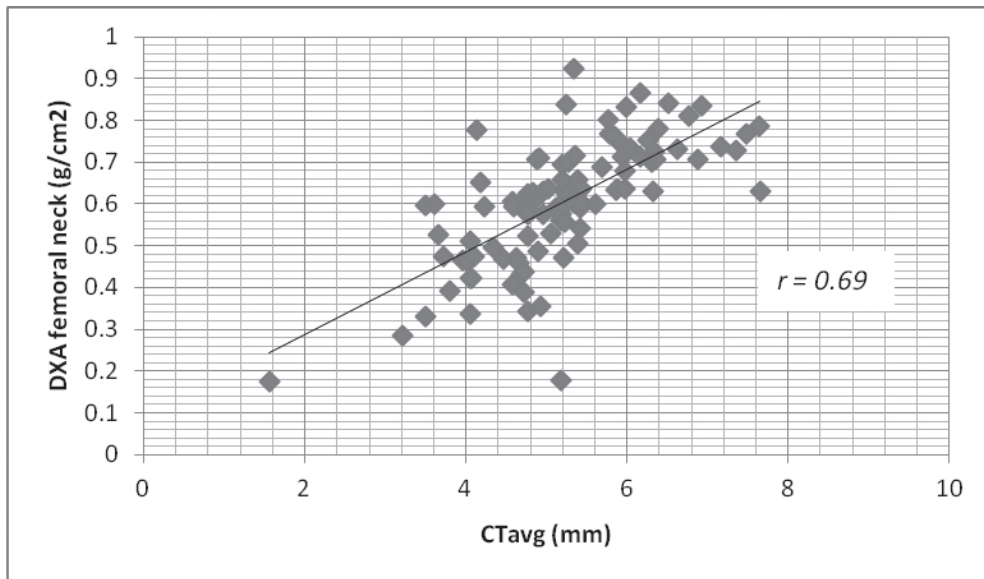
### ผลการศึกษา

ค่าเฉลี่ยของ BMD ของ total hip คือ 0.72  
g/cm<sup>2</sup> (S.D., 0.16) ค่าเฉลี่ยของ BMD ของ femoral  
neck คือ 0.60 g/cm<sup>2</sup> (S.D., 0.14) ค่าเฉลี่ยของ BMD  
ของ L1-L4 คือ 0.88 g/cm<sup>2</sup> (S.D., 0.14) ส่วนค่าเฉลี่ย  
ของ CTavg = 5.2 มม. (S.D., 0.99)

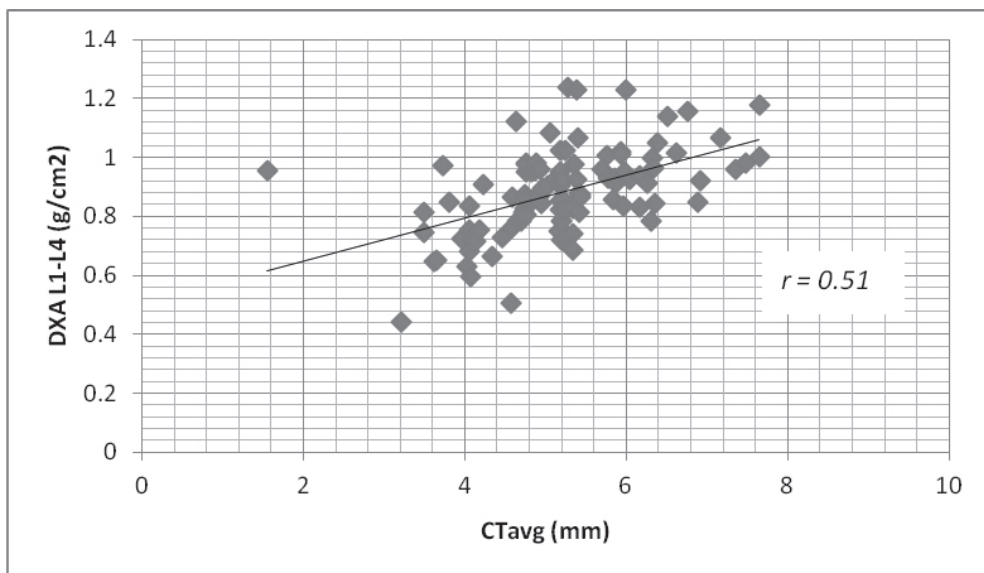
CTavg มีความสัมพันธ์สูงที่สุดกับ BMD  
ของ femoral neck โดย ค่า  $r = 0.69$  ( $p < 0.001$ ) รอง  
ลงมาคือ total hip BMD ค่า  $r = 0.62$  ( $p < 0.001$ )  
สุดท้ายคือ L1-L4 BMD ค่า  $r = 0.51$  ( $p < 0.001$ ) แต่  
โดยรวมแล้วค่า BMD ทุกตำแหน่งกับค่า CTavg ของ  
กระดูกต้นแขนมีความสัมพันธ์กันสูงในทิศทาง  
เดียวกัน (แปรผันตามกันสูง) เพราะ ค่า  $r$  อยู่ระหว่าง  
0.50 ถึง 1.00 ดังแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์  
(แผนภูมิที่ 1-3)



แผนภูมิที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CTavg ของกระดูกต้นแขนกับ ค่า DXA ของ total hip



แผนภูมิที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CTavg ของกระดูกต้นแขนกับ ค่า DXA ของ femoral neck



แผนภูมิที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง CTavg ของกระดูกต้นแขนกับ ค่า DXA ของ L1-L4

ในส่วนการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มที่วินิจฉัยเป็นภาวะกระดูกพรุนกับ non-osteoporosis นั้น ค่าเฉลี่ยของ CTavg ในกลุ่มภาวะกระดูกพรุนเท่ากับ 4.69 มม. น้อยกว่ากลุ่ม non-osteoporosis อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.001$ ) ซึ่งกลุ่มนี้มีค่าเฉลี่ย CTavg เท่ากับ 6.03

เมื่อนำค่า CTavg ค่าต่างๆ มาใช้เพื่อเป็นแบบทดสอบการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน จะได้ค่า

sensitivity, specificity, positive predictive value และ negative predictive value ดังตารางที่ 1 โดยถ้าเลือกค่า CTavg ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 มม. เพื่อใช้ในการวินิจฉัยภาวะกระดูกพรุนนั้น จะมี specificity 90% และมี positive predictive value 91% แต่ถ้าใช้ค่า CTavg ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 มม. จะมี sensitivity 98% และมี negative predictive value 95% ซึ่งอาจนำไปใช้ในทางคลินิกได้

**ตารางที่ 1** แสดง sensitivity, specificity, positive predictive value และ negative predictive value สำหรับ CTavg ค่าต่างๆ ในการวินิจฉัยภาวะกระดูกพรุน

| CTavg    | Sensitivity | Specificity | Positive predictive value | Negative predictive value |
|----------|-------------|-------------|---------------------------|---------------------------|
| ≤ 5 mm   | 60%         | 90%         | 91%                       | 58%                       |
| ≤ 5.5 mm | 95%         | 68%         | 83%                       | 90%                       |
| ≤ 6 mm   | 98%         | 44%         | 74%                       | 95%                       |

### วิจารณ์

จากผลของงานวิจัยนี้พบว่า CTavg ของกระดูกต้นแขนมีความสัมพันธ์กันกับ BMD จริง และค่า CTavg ในกลุ่มภาวะกระดูกพรุนน้อยกว่ากลุ่ม non osteoporosis อย่างมีนัยสำคัญ เราจึงอาจนำค่า CTavg ไปใช้ในทางคลินิกได้ เช่น ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีภาวะกระดูกหักของกระดูกต้นแขน ก็อาจใช้ค่า CTavg ช่วยแยกภาวะกระดูกพรุน เพื่อวางแผนการผ่าตัดได้ดีขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการใช้ implant แบบ locking plate หรือการทำศัลยกรรมตกแต่งข้อ เพราะว่าการประเมิน CTavg สามารถทำได้ง่าย และรวดเร็วต่างจากการตรวจ BMD ด้วย DEXA ซึ่งยุ่งยากกว่า

ผลของงานวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ของ Bloom RA<sup>3</sup> ที่พบว่าความหนาของกระดูกต้นแขนสามารถบ่งชี้ถึงภาวะกระดูกพรุน ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนได้ โดยตามตารางที่ 1 ถ้าเราใช้ค่า CTavg ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 มม. อาจจะช่วยในการวินิจฉัยกระดูกพรุนได้ เพราะมี specificity ถึงร้อยละ 90 แต่ถ้าผู้ป่วยมีค่า CTavg ที่มากกว่า 6 มม. ก็อาจใช้ในการ rule out ภาวะกระดูกพรุนได้ เพราะมีค่า negative predictive value สูงถึงร้อยละ 95 สอดคล้องกับงานวิจัยของ Mather J<sup>9</sup> ที่พบว่า ความหนาของกระดูกต้นแขนที่มากกว่า 6 มม. จะสามารถช่วย rule out ภาวะกระดูกพรุนได้

นอกจากนี้ก็อาจนำไปใช้คัดกรองภาวะกระดูกพรุนเพื่อส่งตรวจ DEXA scan ต่อไปได้

Clinton J<sup>9</sup> ได้รายงานว่าการที่มี proximal humeral fracture อาจเป็นปัจจัยเสี่ยงที่บ่งชี้ว่าอาจมี hip fracture ในเวลาต่อมาได้ ซึ่งก็อาจทำวิจัยเพิ่มเติมโดยนำเอาค่าความหนาของกระดูกต้นแขนมาหาความสัมพันธ์ กับการเกิดการหักของ proximal humerus และอาจนำมาใช้ในการทำนายการเกิดกระดูกหักได้ นอกจากนี้ยังอาจวิจัยเพิ่มเติม โดยนำเอาไปใช้ในการทำนายการเกิด implant failure ในผู้ป่วยกระดูกหักและได้รับการรักษาโดยการผ่าตัด open reduction and internal fixation เพราะถึงแม้จะรักษาโดยใช้ locking plate แล้ว ก็ยังมีรายงานถึง reoperation rate ได้ตั้งแต่ ร้อยละ 0-17.7<sup>10-15</sup>

ข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ก็คือ ผู้วิจัยทำการตรวจ DEXA scan เฉพาะในรายที่มีความเสี่ยงต่อภาวะกระดูกพรุนที่ผ่านการคัดกรองที่คลินิกกระดูกพรุนแล้วเท่านั้น ไม่ได้เปรียบเทียบในประชากรทุกราย ซึ่งถ้าได้ทำในประชากรทุกกลุ่ม ค่า CTavg ที่ได้ก็อาจมีการกระจายตัวมากขึ้น และอาจได้ผลของความสัมพันธ์ที่ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ ผู้วิจัยก็ไม่ได้มีการวัดค่าการขยายของรูปเอกซเรย์ เป็นค่าที่แน่นอนในผู้ที่ตรวจแต่ละราย โดยผู้วิจัยสมมติเอาว่าค่าการขยายของรูปเอกซเรย์ เท่ากับร้อยละ 10 ทุกราย

ทำให้อาจมีการคลาดเคลื่อนของค่าที่ได้ ซึ่งถ้าหลีกเลี่ยงข้อจำกัดเหล่านี้ได้ ก็จะช่วยพัฒนางานวิจัยต่อไปในอนาคตได้ และผู้วิจัยก็ยังไม่ได้ทำการวิจัยถึง intraobserver และ interobserver reliability ของการวัดค่า CTavg ด้วย

### สรุป

งานวิจัยนี้สนับสนุนถึงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของกระดูกต้นแขนกับ BMD จากการทำ DEXA scan ที่กระดูก femur และ lumbar spine ตามมาตรฐานที่ใช้ในการวินิจฉัยภาวะกระดูกพรุน นอกจากนั้นค่าความหนาของกระดูกที่ได้ยังสามารถนำมาใช้คัดกรองหรือแยกภาวะกระดูกพรุน เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในทางคลินิกได้ อย่างไรก็ตามอาจต้องมีการวิจัยเพิ่มเติม ถึงความสามารถในการวัดซ้ำของการวัดค่านี้ และวิจัยเพิ่มเติมถึงประโยชน์ในแง่อื่นๆ ต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

1. Barnett E, Nordin BE. The radiological diagnosis of osteoporosis: a new approach. Clin Radiol 1960;11:166-74.
2. Bloom RA. A comparative estimation of the combined cortical thickness of various bone sites. Skeletal Radiol 1980;5:167-70.
3. Bloom RA, Laws JW. Humeral cortical thickness as an index of osteoporosis in women. Br J Radiol 1970;43:522-7.
4. Meema HE, Meema S. Measurable roentgenologic changes in some peripheral bones in senile osteoporosis. J Am Geriatr Soc 1963;11:1170-82.
5. Morgan DB, Spiers FW, Pulvertaft CN, et al. The amount of bone in the metacarpal and the phalanx according to age and sex. Clin Radiol 1967;18:101-8.
6. Virtama P, Telkka A. Cortical thickness as an estimate of mineral content of human humerus and femur. Br J Radiol 1962;35:632-3.
7. Tingart MJ, Apreleva M, von Stechow D, et al. The cortical thickness of the proximal humeral diaphysis predicts bone mineral density of the proximal humerus. J Bone Joint Surg Br 2003;85:611-7.
8. Mather J, MacDermid JC, Faber KJ, et al. Proximal humerus cortical bone thickness correlates with bone mineral density and can clinically rule out osteoporosis. J Shoulder Elbow Surg 2013;22:732-8.
9. Clinton J, Franta A, Polissar NL, et al. Proximal humeral fracture as a risk factor for subsequent hip fractures. J Bone Joint Surg Am 2009;91:503-11.
10. Björkenheim JM, Pajarinen J, Savolainen V. Internal fixation of proximal humeral fractures with a locking compression plate: a retrospective evaluation of 72 patients followed for a minimum of 1 year. Acta Orthop Scand 2004;75:741-5.
11. Charalambous CP, Siddique I, Valluripalli K, et al. Proximal humeral internal locking system (PHILOS) for the treatment of proximal humeral fractures. Arch Orthop Trauma Surg 2007;127:205-10.
12. Fankhauser F, Boldin C, Schippinger G, et al. A new locking plate for unstable fractures of the proximal humerus. Clin Orthop Relat Res 2005;430:176-81.
13. Koukakis A, Apostolou CD, Taneja T, et al. Fixation of proximal humerus fractures using the PHILOS plate: early experience. Clin Orthop Relat Res 2006;442:115-20.

14. Moonot P, Ashwood N, Hamlet M. Early results for treatment of three- and four-part fractures of the proximal humerus using the PHILOS plate system. J Bone Joint Surg Br 2007;89:1206-9.
15. Plecko M, Kraus A. Internal fixation of proximal humerus fractures using the locking proximal humerus plate. Oper Orthop Traumatol 2005;17:25-50.

