

## ความสอดคล้องระหว่างค่าความแม่นยำในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล และค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบันสำหรับการตรวจติดตามผลความหนาแน่นกระดูก

ผาณิต ฤกษ์ยีนดี (วท.บ.)<sup>1</sup> วัลลภ ใจดี (ปร.ด.)<sup>2</sup> และ อลิสร่า วงศ์สุทธิเลิศ (พ.บ.)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>งานรังสีวิทยาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี ประเทศไทย

<sup>2</sup>คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี ประเทศไทย

<sup>3</sup>สาขาวิชารังสีวิทยาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี ประเทศไทย

### บทคัดย่อ

**บริบท** การใช้ค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบันแทนการใช้ค่าความแม่นยำในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลสำหรับแปลผลร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระดูก ในผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจติดตามผล อาจเกิดความไม่แน่นอนในการแปลผล

**วัตถุประสงค์** เพื่อศึกษาหาความสอดคล้องระหว่างค่าความแม่นยำรายบุคคลและค่าเฉลี่ยความแม่นยำของสถาบันในการจัดทำสำหรับตรวจติดตามผลความหนาแน่นกระดูก

**วิธีการ** การวิจัยแบบตัดขวางที่รวบรวมข้อมูลผลการตรวจความหนาแน่นกระดูกที่ตรวจด้วยเครื่อง DXA ของผู้มารับบริการในโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2557 จำนวน 120 ราย ผู้วิจัยวิเคราะห์ค่าความแม่นยำในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์แต่ละรายและค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบัน จากนั้นผู้วิจัยจะส่งแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลให้รังสีแพทย์เพื่อแปลผลการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระดูกของผู้มารับบริการตรวจติดตามผลความหนาแน่นกระดูก จำนวน 120 ราย ผู้วิจัยวิเคราะห์ความสอดคล้องของค่าความแม่นยำ ในการจัดทำทั้งสองวิธีด้วยค่าร้อยละของความสอดคล้องและทดสอบนัยสำคัญด้วยสถิติ kappa analysis

**ผลการศึกษา** ค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบันที่กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว กระดูกต้นขาส่วนคอ กระดูกข้อสะโพกรวม และกระดูกข้อมือคือ ร้อยละ 3.20 ร้อยละ 2.91 ร้อยละ 2.73 และร้อยละ 3.01 ตามลำดับ ความสอดคล้องระหว่างค่าความแม่นยำในการจัดทำทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันระหว่างนักรังสีการแพทย์ ( $p < 0.05$ ) ตำแหน่งของกระดูกข้อสะโพกรวมมีความถูกต้องในการแปลผลมากที่สุด (ร้อยละ 95.2; 95%CI 89.9 - 100.0) รองลงมาคือกระดูกต้นขาส่วนคอ (ร้อยละ 80.6; 95%CI 70.8 - 90.4) ส่วนกระดูกสันหลังระดับบั้นเอว (ร้อยละ 75.8; 95%CI 65.1 - 86.5) และกระดูกข้อมือ (ร้อยละ 77.4; 95%CI 67.0 - 87.8) มีความถูกต้องไม่สูงมากนัก

**สรุป** จากการศึกษาพบว่าเมื่อใช้ค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบัน ซึ่งมาจากค่าเฉลี่ยของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลภายในสถาบัน ในการแปลผลร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูก เปรียบเทียบกับการใช้ค่าความแม่นยำในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล พบว่าตำแหน่งของกระดูกข้อสะโพกรวมมีความถูกต้องในการแปลผลมากที่สุด และพบว่าร้อยละของความสอดคล้องมีที่ตำแหน่งของกระดูกข้อสะโพกรวมเพียงตำแหน่งเดียว จึงสรุปได้ว่าค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบันไม่มีความสอดคล้องกับค่าความแม่นยำ

ในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบัน แทนการใช้ค่าความแม่นยำในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลสำหรับประกอบการแปลผลการตรวจ ติดตามความหนาแน่นกระดูกได้

**คำสำคัญ** ความแม่นยำ การตรวจติดตามผลความหนาแน่นกระดูก ค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

**ผู้นิพนธ์ที่รับผิดชอบ**

ผาณิต ฤกษ์ยินดี

โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา คณะแพทยศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี ประเทศไทย

E-mail : phanit@go.buu.ac.th

วันที่รับบทความ : กรกฎาคม 2563

วันที่ตอบรับบทความ : ธันวาคม 2563

## Correlation between the individual LSC and the institute average LSC for serial bone mineral density assessments

---

Phanit Rurkyindee (BS.C.)<sup>1</sup>, Wanlop Jaidee (Ph.D.)<sup>2</sup> and Alisara Wongsuttillert (M.D.)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Radiology and Nuclear Medicine Unit, Burapha University Hospital, Faculty of Medicine, Burapha University, Chonburi, Thailand

<sup>2</sup>Faculty of Public Health, Burapha University, Chonburi, Thailand

<sup>3</sup>Division of Radiology and Nuclear Medicine, Faculty of Medicine, Burapha University, Chonburi, Thailand

### Abstract

**Objective:** To evaluate the correlation between an individual LSC average and an institutional LSC for serial bone mineral density assessments.

**Design:** Between June and September 2014, a cross-sectional study was conducted using DXA scans of 120 bone mineral density results from participants at Burapha University Hospital. We analyzed the individual LSC and the institute LSC averages. We then sent the collected data for interpretation by radiologists to determine the percent of change in bone mineral density across the 120 samples. We evaluated the correlation of both individual and institutional LSC with a correlation percentage and kappa analysis.

**Result:** The institute average LSC at lumbar spine, femoral neck, total hip and distal 1/3 radius were 3.20%, 2.91%, 2.73%, and 3.01%, respectively. The correlation of two methods between four technologists was different ( $p < 0.05$ ). The density of the total hip showed the highest accuracy of interpretation, with the institute average LSC (95.2%; 95%CI 89.9 - 100.0), followed by the femoral neck results (80.6%; 95%CI 70.8 - 90.4). The lumbar spine and forearm results showed moderate accuracy (75.8%; 95%CI 65.1 - 86.5 and 77.4%; 95%CI 67.0 - 87.8).

**Conclusions:** The use of the institutional LSC average resulted in an uncertain interpretation because the correlation percentage was different across the four technologists and all measurement sites. If the institute has many technologists, make sure that the institutional LSC average presents more than 80% accuracy of interpretation in all measurement sites, before using the institutional average LSC, instead of the individual LSC.

**Keywords:** Precision, Serial BMD, Least significant change

**Corresponding author:** Phanit Rurkyindee  
Radiology and Nuclear Medicine Unit,  
Burapha University Hospital, Faculty of Medicine,  
Burapha University, Chonburi, Thailand  
E-mail : phanit@go.buu.ac.th

**Received Date :** July 2020

**Accepted Date :** December 2020

### **อ้างอิง**

ผาณิต ฤกษ์ยินดี, วัลลภ ใจดี, อลิสร่า วงศ์สุทธิเลิศ. ความสอดคล้องระหว่างค่าความแม่นยำในการจัดทำของ  
นักรังสีการแพทย์รายบุคคลและค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบันสำหรับการตรวจติดตามผล  
ความหนาแน่นกระดูก. บุรพาเวชสาร. 2564; 8(1): 28-40.

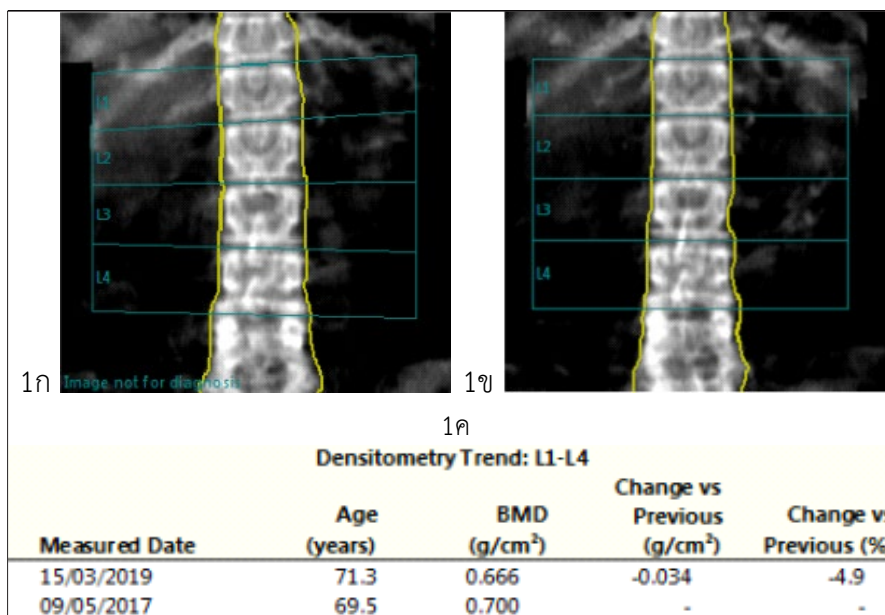
### **Citation**

Phanit R, Wanlop J, Alisara W. Correlation between the individual LSC and the institute average  
LSC for serial bone mineral density assessments. BMJ. 2021; 8(2): 28-40.

## บทนำ

ผู้ป่วยโรคกระดูกพรุน มีความจำเป็นต้องได้รับการตรวจติดตามผลความหนาแน่นกระดูกหลังการรักษา ด้วยเครื่องตรวจวัดความหนาแน่นกระดูกสองพลังงาน (dual-energy x-ray absorptiometry หรือ DXA scan) การคำนวณความหนาแน่นกระดูกของเครื่อง DXA เป็นการคำนวณความหนาแน่นที่ได้จากภาพถ่ายสองมิติ ค่าความหนาแน่นที่ได้จากเครื่อง DXA จะคำนวณโดยใช้สมการ ความหนาแน่น (กรัม/เซนติเมตร<sup>2</sup>) = มวล (กรัม) / พื้นที่ (เซนติเมตร<sup>2</sup>) ดังนั้นค่าความหนาแน่นกระดูกจึงสัมพันธ์กับพื้นที่ค่อนข้างมาก จึงทำให้ การจัดทำของผู้ป่วยเพื่อถ่ายภาพจึงมีความสำคัญมาก เพราะต้องจัดทำให้การตรวจในแต่ละครั้งมีความถูกต้องและใกล้เคียงกับการตรวจครั้งก่อนหน้านั้นให้มากที่สุด จึงจะทำให้ค่าความหนาแน่นกระดูกมีความถูกต้องและสามารถนำมาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระดูกหลังการดูแลรักษาได้ ดังนั้นงานรังสีวิทยาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ จึงต้องมีการวิเคราะห์ความแม่นยำในการจัดทำ (precision of positioning) ของนักรังสีการแพทย์แต่ละราย ความแม่นยำ (precision) ของการตรวจ DXA นิยมใช้ 2 ค่า คือ ค่าความคลาดเคลื่อนของความแม่นยำ (precision error) และค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูกที่น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (least significant change หรือ LSC)

คือ การกำหนดระดับร้อยละของการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูก (percent change of bone density) ที่ยอมรับได้ หากการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระดูกเพิ่มขึ้นหรือลดลงจากการตรวจครั้งก่อนมากกว่า ค่า LSC แปลว่าความหนาแน่นกระดูกเพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ คือ มีการเพิ่มขึ้น หรือลดลงจริงไม่ใช่เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการจัดทำ (measurement error) ของนักรังสีการแพทย์ท่านนั้น (precision error) ค่า precision error เป็นค่าที่วัดทักษะการจัดท่าของนักรังสีการแพทย์ หากค่า precision error มีค่าน้อย จะมีความหมายว่า นักรังสีการแพทย์ผู้นั้นมีทักษะการจัดท่าผู้ป่วยที่มีความแม่นยำสูง ส่วนค่า LSC เป็นค่าที่แพทย์จะนำมาพิจารณาว่าค่าความหนาแน่นกระดูก (bone mineral density หรือ BMD) ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกในครั้งนี้อยู่เมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจครั้งก่อนมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงหรือไม่ (percent change of bone density) หากพบว่าค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูกในครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์ท่านนั้น แปลว่า ค่าความหนาแน่นกระดูกไม่เพิ่มขึ้นหรือลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจในครั้งก่อน และค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูกที่วัดได้เกิดจากความคลาดเคลื่อนในการจัดทำ (measurement error) ของนักรังสีการแพทย์ท่านนั้น ไม่ใช่เป็นผลของการเปลี่ยนแปลงจากการรักษา



**รูปที่ 1** ภาพการตรวจ serial BMD ที่กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว (L1-L4) ของผู้ป่วยชายไทยหลังรับประทานยา รักษาโรคกระดูกพรุนมาสองปี: 1ก คือภาพ L1-L4 ในวันที่ 09/05/2017; 1ข คือภาพ L1-L4 ในวันที่ 15/03/2019; 1ค คือ ตารางเปรียบเทียบค่า BMD และค่าการเปลี่ยนแปลงของการตรวจ BMD ทั้งสองครั้ง

ในทางทฤษฎี ผู้ป่วยควรได้รับการตรวจติดตามความหนาแน่นกระดูกหรือ serial BMD จากนักรังสีการแพทย์ที่เคยตรวจ BMD ในครั้งก่อน เพื่อลดความแปรปรวนของการจัดท่าระหว่างนักรังสีการแพทย์ (intertechnologist variability) แต่ในทางปฏิบัติ หลายสถาบันมีนักรังสีการแพทย์ที่ตรวจวัด BMD มากกว่าหนึ่งราย อีกทั้งนักรังสีการแพทย์แต่ละรายจะมีค่า LSC 4 ค่า กรณีมีนักรังสีการแพทย์ 4 ราย ก็จะมีค่า LSC 16 ค่าการแปรผล โดยใช้ค่าความแม่นยำของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล (specific technologist's precision value) จะช่วยให้การแปรผลมีความถูกต้องมากที่สุด แต่จะทำให้ใช้เวลาเพิ่มขึ้นจากการที่มีหลายค่าและอาจเกิดความผิดพลาดหากใช้ค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์ผิดราย และบ่อยครั้งที่ผู้ป่วยอาจไม่ได้รับการตรวจกับนักรังสีการแพทย์คนเดิมในวันนัดตรวจเพื่อที่จะแก้ปัญหานี้ ผู้วิจัยจึงทำการศึกษาหาความสอดคล้องระหว่างค่าความแม่นยำ

รายบุคคลและค่าเฉลี่ยความแม่นยำของนักรังสีการแพทย์ทุกราย ในการจัดทำเพื่อตรวจติดตามผลความหนาแน่นกระดูก ว่าจะสามารถใช้ทดแทนกันได้หรือไม่ โดยได้ทำการวิเคราะห์หาค่าความแม่นยำในการจัดทำตรวจความหนาแน่นกระดูกของนักรังสีการแพทย์แต่ละราย และนำข้อมูลทั้งหมดหาค่าเฉลี่ย จากนั้นหาความสอดคล้อง ทดสอบความสอดคล้องของทั้ง 2 ค่า โดยให้รังสีแพทย์ทำการแปลผลเปรียบเทียบกันว่าผลที่ได้มีความสอดคล้องกันหรือไม่อย่างไร เพื่อหาข้อสรุปว่าสามารถใช้ทดแทนกันได้หรือไม่

#### วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาหาความสอดคล้องระหว่างค่าความแม่นยำรายบุคคล และค่าเฉลี่ยความแม่นยำของสถาบันในการจัดทำ สำหรับตรวจติดตามผลความหนาแน่นกระดูก

## วิธีการศึกษา

การวิจัยแบบตัดขวางนี้เป็นการรวบรวมข้อมูลจากผลการตรวจความหนาแน่นกระดูก BMD จากเครื่อง DXA ในผู้มารับบริการที่ได้เข้าร่วมโครงการเก็บข้อมูลค่าความแม่นยำการจัดท่าตรวจวัดความหนาแน่นกระดูกของนักรังสีการแพทย์ จำนวน 4 ราย ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา ระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ.2557 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2557 จำนวนทั้งสิ้น 120 เมื่อได้ข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจะส่งแบบฟอร์มการเก็บข้อมูลที่มีค่าความแม่นยำของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล และค่าเฉลี่ยความแม่นยำของสถาบัน เพื่อให้รังสีแพทย์นำข้อมูลดังกล่าวไปแปลผลร้อยละ การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระดูก (percent change) ในผู้มารับบริการตรวจ ติดตามผลความหนาแน่นกระดูก (serial BMD) จำนวน 120 ราย นอกจากนั้น ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลอายุ เพศ และดัชนีมวลกายของผู้มารับบริการทั้ง 120 ราย จากข้อมูลในระบบ PACS ของโรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพา จากนั้นผู้วิจัยจึงรวบรวมผลการแปลเพื่อนำไปวิเคราะห์หาความสอดคล้องทางสถิติ

## เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ผู้มารับบริการจะได้ รับการตรวจความหนาแน่นกระดูก จำนวน 2 รอบ โดยใช้เครื่อง DXA (GE Lunar Prodigy, Madison, WI, USA) แต่ละรอบของการตรวจความหนาแน่นกระดูก จะตรวจบริเวณกระดูกทั้ง 4 ตำแหน่ง คือ กระดูกสันหลังระดับ L1-L4 กระดูกต้นขาส่วนคอ กระดูกข้อสะโพกกรวม และกระดูกข้อมือ วิธีการตรวจวัดค่าความหนาแน่นกระดูกอ้างอิงตาม 2019 ISCD Official Position-Adult<sup>2</sup>

วิธีการวิเคราะห์หาค่าความแม่นยำในการจัดทำรายบุคคล (Intra personal variation) โดยนักรังสีการแพทย์หนึ่งคนทำการตรวจความหนาแน่นกระดูกผู้เข้าร่วมโครงการ จำนวน 30 ราย รายละ 2 รอบ ตามเกณฑ์การประเมินความแม่นยำของการจัดทำ<sup>5-7</sup> จาก

นั้นนำค่าความแตกต่างของความหนาแน่นกระดูกทั้ง 2 รอบ ไปคำนวณหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความผันแปร เพื่อคำนวณหาค่า precision error จากนั้นนำค่า precision error ไปคำนวณหาค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูกที่น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (least significant change หรือ LSC) ทั้งนี้ นักรังสีการแพทย์หนึ่งคนจะมีค่า LSC 4 ค่าจากการจัดทำตรวจความหนาแน่นกระดูก 4 ตำแหน่ง ซึ่งในการศึกษานี้มีนักรังสีการแพทย์ทั้งหมด 4 คน ทำให้ได้ค่า LSC ทั้งหมด 16 ค่า

วิธีการวิเคราะห์หาค่าความแม่นยำ ในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบัน<sup>7-8</sup> โดยการนำข้อมูลความแตกต่างของความหนาแน่นกระดูกทั้งหมดของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 คน มาคำนวณหาค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูกที่น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ตัวแปรอายุและดัชนีมวลกายแสดงค่าด้วยค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ independent t-test ส่วนตัวแปรเพศหญิงแสดงเป็นจำนวนและร้อยละ และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ<sup>2</sup> test จากนั้นจึงวิเคราะห์ค่าความไว ความจำเพาะ ค่าการทำนายบวก ค่าการทำนายลบ และความถูกต้องระหว่างค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลกับค่า LSC เฉลี่ยของสถาบัน และทดสอบความสอดคล้องของค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลกับค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันด้วย ROC curve ที่ช่วงความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สุดท้าย คือ วิเคราะห์ความสอดคล้องของการแปลผลค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูก (percent change of bone density) ระหว่างการใช้ ค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลกับค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันด้วยค่าร้อยละของ

ความสอดคล้อง (percent agreement) และทดสอบ  
นัยสำคัญด้วยสถิติ kappa analysis

### ผลการศึกษา

จากตารางที่ 1 พบว่านักรังสีการแพทย์ ข  
ตรวจผู้มารับบริการที่มีอายุเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มผู้มารับ

บริการของนักรังสีการแพทย์อีก 3 ราย อย่างมีนัยสำคัญ  
ทางสถิติ ( $p < 0.05$ ) ส่วนสัดส่วนของเพศหญิงและค่า  
ดัชนีมวลกายของผู้มารับบริการไม่มีความแตกต่างกัน  
ผลการประเมินพบว่าค่า LSC ในการจัดทำของนักรังสี  
การแพทย์ทั้ง 4 ราย (ก ข ค ง) ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับ  
ได้ตามมาตรฐานของ ISCD<sup>2</sup> ส่วนค่า LSC เฉลี่ยของ  
สถาบัน (ตารางที่ 2)

**ตารางที่ 1** ข้อมูลทั่วไปของผู้มารับบริการตรวจ DXA จำแนกกลุ่มตามนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 ราย (ก ข ค ง)

ข้อมูลทั่วไปของผู้มารับบริการ	นักรังสีการแพทย์ที่ตรวจ DXA ในแต่ละกลุ่ม			
	ก (n=30)	ข (n=30)	ค (n=30)	ง (n=30)
อายุ (ปี)	64.2 (8.6)	70.0 (9.0)*	64.5 (10.7)	62.9 (12.3)
เพศหญิง (ราย)	25 (83.3)	28 (93.3)	26 (86.7)	24 (80.0)
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัมต่อตารางเมตร)	24.6 (3.9)	23.5 (3.0)	23.4 (3.6)	25.1 (4.6)

**หมายเหตุ:** อายุและดัชนีมวลกายแสดงค่าด้วยค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ใช้สถิติ independent  
t-test; เพศหญิงแสดงเป็นจำนวน และร้อยละ ใช้สถิติ  $\chi^2$  test; \* $p < 0.05$

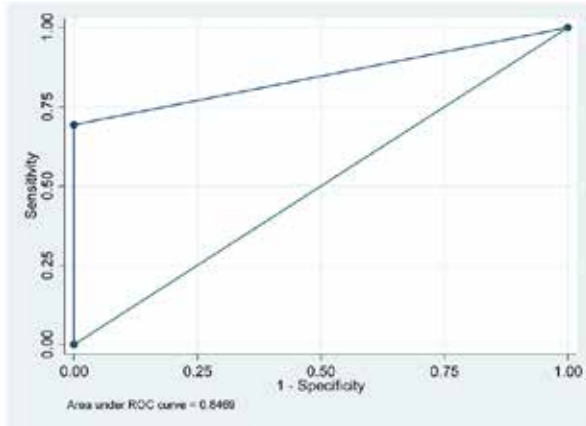
**ตารางที่ 2** ค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (LSC) ในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์ที่ยอมรับได้  
ค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 ราย และค่า LSC เฉลี่ยของสถาบัน

ตำแหน่งกระดูกที่ทำการวัด	ค่าที่ยอมรับได้	ค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ				
		ก	ข	ค	ง	ค่าเฉลี่ยของสถาบัน
- กระดูกสันหลังระดับ บั้นเอว	5.3	4.46 (4.44-4.48)	4.26 (4.25-4.27)	1.59 (1.58-1.60)	1.25 (1.24-1.26)	3.20 (3.19-3.21)
- กระดูกต้นขาส่วนคอ	6.9	4.33 (4.32-4.34)	3.07 (3.06-3.08)	2.24 (2.23-2.25)	1.22 (1.21-1.23)	2.91 (2.90-2.92)
- กระดูกข้อสะโพกรวม	5.0	2.74 (2.73-2.75)	2.26 (2.25-2.27)	2.85 (2.84-2.86)	2.96 (2.95-2.97)	2.73 (2.72-2.74)
- กระดูกข้อมือ	n/a	4.40 (4.39-4.41)	3.52 (3.51-3.53)	1.70 (1.69-1.71)	0.97 (0.96-0.98)	3.01 (3.00-3.02)

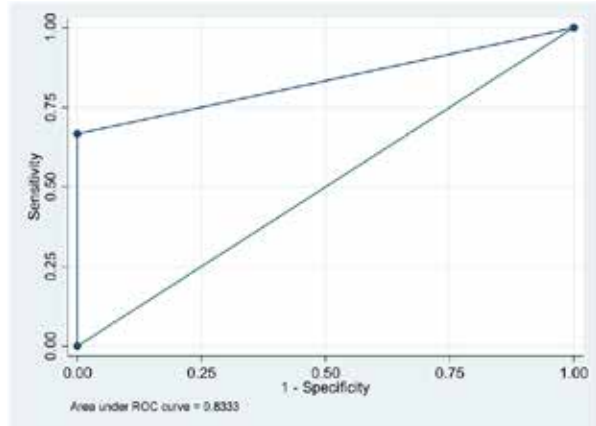
**หมายเหตุ:** ค่า LSC แสดงค่าด้วยค่าเฉลี่ยและค่า 95% CI; n/a คือ not available

ตำแหน่งของกระดูกที่มีความสอดคล้องของ  
ค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันและค่า LSC ของนักรังสีการ  
แพทย์ทั้ง 4 ราย สูงที่สุด คือ กระดูกข้อสะโพกรวม  
(ROC = 0.95; 95% CI = 0.90 - 1.00) รองลงมาคือ  
กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว (ROC = 0.85; 95% CI =  
0.78 - 0.91) กระดูกต้นขาส่วนคอ (ROC = 0.83; 95%  
CI = 0.76 - 0.91) และกระดูกข้อมือ (ROC = 0.81;  
95%CI = 0.73 - 0.90) ตามลำดับ (รูปที่ 2)

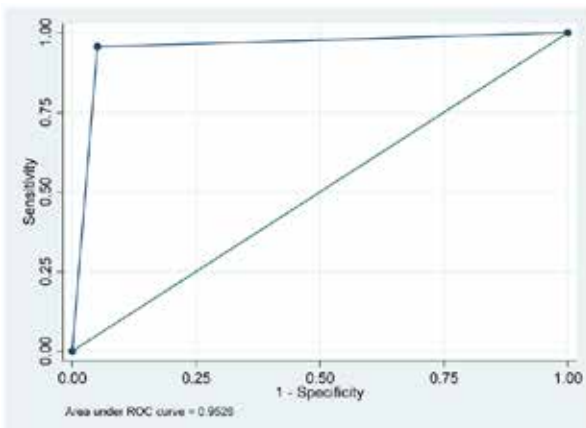




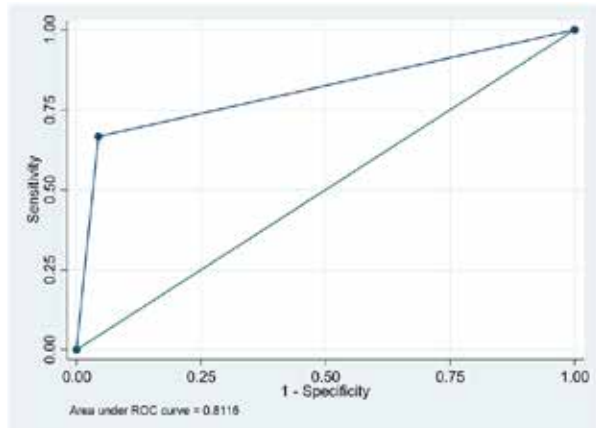
(ก) กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว (L1-L4)  
ROC = 0.85 (95% CI = 0.78 - 0.91)



(ข) กระดูกต้นขาส่วนคอ (femoral neck)  
ROC = 0.83 (95% CI = 0.76 - 0.91)



(ค) กระดูกข้อสะโพกรวม (total hip)  
ROC = 0.95 (95% CI = 0.90 - 1.00)



(ง) กระดูกข้อมือ (distal 1/3 radius)  
ROC = 0.81 (95% CI = 0.73 - 0.90)

**รูปที่ 2** กราฟ ROC แสดงความสอดคล้องของระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงที่น้อยที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ LSC เฉลี่ยของสถาบันและค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 ราย

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อใช้ค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันในการแปลผลร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูก (percent change of bone density) แทนค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล พบว่า ตำแหน่งของกระดูกข้อสะโพกรวม มีความถูกต้องในการแปลผลมากที่สุด (ร้อยละ 95.2; 95%CI 89.9 - 100.0) รองลงมาคือกระดูกต้นขาส่วนคอ (ร้อยละ 80.6; 95%CI 70.8 - 90.4)

ส่วนกระดูกสันหลัง ระดับบั้นเอวและกระดูกข้อมือ มีความถูกต้องไม่สูงมากนัก เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของการใช้ค่า LSC เฉลี่ยของสถาบัน สำหรับการแปลผล percent change พบว่า ร้อยละของความสอดคล้องมีความแตกต่างกัน ทั้งระหว่างนักรังสีการแพทย์และระหว่างตำแหน่งกระดูกที่ทำการวัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4)

**ตารางที่ 3** ความไว ความจำเพาะ ค่าการทำนายบวก ค่าการทำนายลบ และความถูกต้องของค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันเปรียบเทียบกับค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลของกระดูกแต่ละตำแหน่ง (n = 120)

ผลลัพธ์	ตำแหน่งกระดูกที่ทำการวัด			
	กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว	กระดูกต้นขาส่วนคอ	กระดูกข้อสะโพกรวม	กระดูกข้อมือ
ความไว (Sensitivity)	69.4 (54.6 - 81.7)	66.7 (49.0 - 81.4)	95.7 (78.1 - 99.9)	66.7 (49.8 - 80.9)
ความจำเพาะ (Specificity)	100.0 (75.3 - 100.0)	100.0 (86.8 - 100.0)	94.9 (82.7 - 99.4)	95.7 (78.1 - 99.9)
ค่าการทำนายบวก (PPV)	100.0 (89.7 - 100.0)	100.0 (85.8 - 100.0)	91.7 (73.0 - 99.0)	96.3 (81.0 - 99.9)
ค่าการทำนายลบ (NPV)	46.4 (27.5 - 66.1)	68.4 (51.3 - 82.5)	97.4 (86.2 - 99.9)	62.9 (44.9 - 78.5)
ความถูกต้อง (Accuracy)	75.8 (65.1 - 86.5)	80.6 (70.8 - 90.4)	95.2 (89.9 - 100.0)	77.4 (67.0 - 87.8)

**ตารางที่ 4** แสดงค่าร้อยละของความสอดคล้อง และค่า kappa ของการใช้ค่า LSC เฉลี่ยของสถาบัน และค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 ราย เพื่อแปลผลร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระดูก

นักรังสีการแพทย์	ร้อยละความสอดคล้อง (n/N)	สัมประสิทธิ์แคปปา	p-value
<b>นักรังสีการแพทย์ ก</b>			
กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว	83.3% (25/30)	0.67	<0.01
กระดูกต้นขาส่วนคอ	83.3% (25/30)	0.60	<0.01
กระดูกข้อสะโพกรวม	100.0% (30/30)	1.00	<0.01
กระดูกข้อมือ	83.3% (25/30)	0.68	<0.01
<b>นักรังสีการแพทย์ ข</b>			
กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว	90.0% (27/30)	0.80	<0.01
กระดูกต้นขาส่วนคอ	100.0% (30/30)	1.00	<0.01
กระดูกข้อสะโพกรวม	80.0% (24/30)	0.58	<0.01
กระดูกข้อมือ	100.0% (30/30)	1.00	<0.01
<b>นักรังสีการแพทย์ ค</b>			
กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว	70.0% (21/30)	0.29	0.01
กระดูกต้นขาส่วนคอ	93.3% (28/30)	0.87	<0.01
กระดูกข้อสะโพกรวม	100.0% (30/30)	1.00	<0.01
กระดูกข้อมือ	76.7% (23/30)	0.52	<0.01
<b>นักรังสีการแพทย์ ง</b>			
กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว	53.3% (16/30)	0.19	0.04
กระดูกต้นขาส่วนคอ	80.0% (24/30)	0.61	<0.01
กระดูกข้อสะโพกรวม	100.0% (30/30)	1.00	<0.01
กระดูกข้อมือ	76.7% (23/30)	0.55	<0.01

**หมายเหตุ:** n คือ จำนวนข้อมูลที่มีการแปลผลค่าร้อยละ การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระดูก มีความสอดคล้อง N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่ทำการแปลผลค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นกระดูก

## วิจารณ์

การทดสอบความแม่นยำในการจัดทำเป็นหนึ่งใน การควบคุมคุณภาพที่สำคัญสำหรับการตรวจ BMD ด้วยเครื่อง DXA นักรังสีการแพทย์ที่มีความแม่นยำในการจัดทำจะมีค่า LSC ในช่วงแคบ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการประเมิน percent change ของค่า BMD สำหรับผู้ป่วยที่มาตรวจ BMD เพื่อติดตามผลการรักษา ดังนั้นแต่ละสถาบันควรกำหนดให้การทดสอบความแม่นยำในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์ในสถาบันของตนเป็นกระบวนการมาตรฐานสำหรับการบริการทางคลินิก<sup>1-8</sup> ผลการศึกษาพบว่า นักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 ราย มีความแม่นยำในการจัดทำผ่านเกณฑ์ที่กำหนดทุกราย แต่จะพบว่า นักรังสีการแพทย์ ค และ ง มีทักษะการจัดทำที่ดีกว่านักรังสีการแพทย์อีก 2 รายเพราะมีค่า LSC ในช่วงที่แคบกว่า

แม้ว่าปัจจุบัน ISCD จะแนะนำให้สถาบันที่มี นักรังสีการแพทย์หลายรายใช้ค่า LSC เฉลี่ยของสถาบัน แทนค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลสำหรับการแปลผล percent change ของค่า BMD ในผู้ป่วยที่เข้ามารับการตรวจวัด BMD เพื่อติดตามผลการรักษา<sup>2</sup> แต่ถ้าทักษะการจัดทำของนักรังสีการแพทย์ในสถาบันนั้นๆ มีทักษะที่แตกต่างกันมาก การนำค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันมาใช้ในการประเมิน percent change อาจไม่เหมาะสม

เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันกับค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 ราย ในตำแหน่งกระดูกที่ทำการวัดทั้ง 4 ตำแหน่งพบว่า ร้อยละของความสอดคล้องแตกต่างกันค่อนข้างมาก ค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 ราย ที่กระดูกข้อสะโพกรวมและกระดูกต้นขาส่วนคอมีความสอดคล้องที่ดีกับค่า LSC เฉลี่ยของสถาบัน แต่นักรังสีการแพทย์ ง มีค่า LSC ที่กระดูกสันหลังระดับบั้นเอวไม่ค่อยสอดคล้องกับค่า LSC เฉลี่ยของสถาบัน เพราะมีทักษะการจัดทำที่กระดูกสันหลังระดับบั้นเอว ดีกว่านักรังสีการแพทย์ท่านอื่น (ตารางที่ 4) หาก

นำค่า LSC เฉลี่ยที่กระดูกสันหลัง ระดับบั้นเอวของสถาบันมาใช้ในการแปลผลเมื่อนักรังสีการแพทย์ เป็น ผู้ตรวจ BMD ให้ผู้ป่วย อาจทำให้เกิดความไม่แน่นอน (uncertainty) ในการแปลผลได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nelson และคณะ<sup>9</sup> ดังนั้นหากสถาบันใดจะใช้ค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันมาทดแทนการใช้ค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล ควรมีการวิเคราะห์ความสอดคล้องของการแปลผล percentage change ก่อนว่าระดับความสอดคล้องของกระดูก แต่ละตำแหน่งที่ทำการวัดเกินร้อยละ 80 หรือไม่

จากงานวิจัยของ Nelson และคณะ ที่ทำการศึกษาค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์ 8 ราย พบว่า นักรังสีการแพทย์ 8 ราย มีความแม่นยำในการจัดทำที่ตำแหน่งกระดูกสันหลังระดับบั้นเอว ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยมีค่าความแม่นยำในการทำซ้ำ (reproducibility) ระหว่าง 0.008 g/cm<sup>2</sup> (95% CI = 0.0071 – 0.0102 g/cm<sup>2</sup>) และ 0.011 g/cm<sup>2</sup> (95% CI = 0.0098 – 0.0140 g/cm<sup>2</sup>) ส่วนความแม่นยำในการจัดทำที่ตำแหน่งกระดูกข้อสะโพกรวม มีความแปรปรวนค่อนข้างมาก โดยมีค่า reproducibility ระหว่าง 0.006 g/cm<sup>2</sup> (95% CI = 0.0050 – 0.0071 g/cm<sup>2</sup>) และ 0.016 g/cm<sup>2</sup> (95% CI = 0.0133 – 0.0191 g/cm<sup>2</sup>) Nelson ระบุว่าความแปรปรวนของค่า LSC ที่ตำแหน่งกระดูกข้อสะโพก รวมสัมพันธ์กับทักษะการจัดทำของนักรังสีการแพทย์ ที่แตกต่างกัน<sup>9</sup> ผลลัพธ์จากงานวิจัยของ Nelson ต่างจากงานวิจัยนี้ที่พบว่าค่า LSC ที่ตำแหน่งกระดูกข้อสะโพกรวมของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 รายมีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 2) ส่งผลให้ค่า LSC เฉลี่ยของสถาบัน ที่กระดูกตำแหน่งนี้มีความสอดคล้องสูงกับค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล (ROC = 0.95; 95% CI = 0.90 - 1.00) (รูปที่ 2) และทำให้การแปลผลด้วยค่า LSC เฉลี่ยของสถาบันมีความถูกต้องสูง 95.2 (95% CI = 89.9 - 100.0) ในทางตรงกันข้าม ตำแหน่งกระดูกสันหลังระดับบั้นเอวมีค่า LSC ของนักรังสีการแพทย์

ทั้ง 4 ราย ค่อนข้างแตกต่างกัน ความแปรปรวนของค่า LSC ที่ตำแหน่งกระดูกสันหลังระดับบั้นเอวในงานวิจัยของ Nelson สัมพันธ์กับดัชนีมวลกายของผู้ป่วย<sup>9</sup> แต่ในงานวิจัยนี้พบว่าดัชนีมวลกายของผู้ป่วยแต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกัน (ตารางที่ 1) ดังนั้นค่า LSC ของกระดูกสันหลังระดับบั้นเอวที่มีความแปรปรวนน่าจะเกิดจากทักษะการจัดท่าของนักรังสีการแพทย์

ข้อจำกัดของการศึกษานี้คือ การใช้ค่า LSC ที่ได้จากการประเมินความแม่นยำในการจัดท่าที่ทำซ้ำภายในระยะเวลาสั้นๆ (short-term precision) ซึ่งนักรังสีการแพทย์สามารถจดจำการจัดท่าในครั้งที่สองได้แม่นยำขึ้น อาจส่งผลให้ค่าความแม่นยำมีช่วงแคบกว่าความเป็นจริง เมื่อนำค่า LSC นี้ไปประกอบการแปลผลร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูกของผู้ป่วย จึงอาจส่งผลให้พบจำนวนของผู้ป่วยที่พบการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของความหนาแน่นกระดูก BMD ที่มีจำนวนสูงกว่าความเป็นจริง การประเมินความแม่นยำในการจัดท่ามี 2 เทคนิค คือ การประเมินความแม่นยำในการจัดท่าที่ทำภายในระยะเวลาสั้นๆ และการประเมินความแม่นยำในการจัดท่าที่ทำในช่วงระยะยาว (long-term precision) คือประเมินห่างกันอย่างน้อย 12 เดือน เทคนิค short-term precision จะได้ค่า LSC ที่มีช่วงแคบกว่า เพราะนักรังสีการแพทย์สามารถจดจำการจัดท่าในผู้ป่วยรายนั้นได้ดี เพราะช่วงระยะเวลาของการตรวจซ้ำสั้น แต่การตรวจ serial BMD ในทางปฏิบัติ นักรังสีการแพทย์จะตรวจผู้ป่วยหลังการรักษาอย่างน้อย 1 ปีขึ้นไป การตรวจวัด BMD ซ้ำเมื่อเวลาผ่านไปเกิน 1 ปี ส่งผลต่อค่าความแม่นยำในการทำซ้ำของการตรวจครั้งถัดไปด้วยเหตุผล 2 ประการ ประการแรก ทักษะการจัดท่าที่ดีของนักรังสีการแพทย์แต่ละราย สัมพันธ์กับจำนวนผู้ป่วยที่ได้รับการตรวจ BMD จากนักรังสีการแพทย์ท่านนั้น ทำให้นักรังสีการแพทย์ที่ตรวจ BMD เป็นประจำมีทักษะการจัดท่าที่แม่นยำขึ้น และได้ค่า LSC ที่มีช่วงแคบ ประการที่สอง ค่า LSC ที่ประเมินจากการใช้เทคนิค long-term precision

ไม่มีผลของความสามารถจดจำในระยะสั้นของนักรังสีการแพทย์ ทำให้การจัดท่าในครั้งถัดมามีความแม่นยำน้อยกว่า ส่งผลให้ค่า LSC ที่ได้มีช่วงที่กว้างกว่า จากเหตุผลทั้งสองประการ การศึกษาเรื่องถัดไป สถาบันควรมีการประเมินค่า LSC ที่ใช้เทคนิค long-term precision และนำค่าดังกล่าวมาประกอบการแปลผล percent change ของ serial BMD<sup>10</sup> เพื่อให้การแปลผลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

## สรุป

จากการศึกษานี้พบว่าเมื่อใช้ค่าความแม่นยำในการจัดท่าเฉลี่ยของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 4 ราย (สถาบัน) ในการแปลผลร้อยละ การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูก percent change เปรียบเทียบกับการใช้ค่าความแม่นยำในการจัดท่าของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล พบว่าตำแหน่งของกระดูกข้อสะโพกรวมมีความถูกต้องในการแปลผลมากที่สุด (ร้อยละ 95.2; 95% CI 89.9 - 100.0) เมื่อพิจารณาความสอดคล้องของการใช้ค่าความแม่นยำในการจัดท่าเฉลี่ยของสถาบันสำหรับการแปลผลร้อยละการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูก พบว่าร้อยละของความสอดคล้องมีที่ตำแหน่งของกระดูกข้อสะโพกรวมเพียงตำแหน่งเดียว จึงสรุปได้ว่า ค่าความแม่นยำในการจัดท่าเฉลี่ยของสถาบันไม่มีความสอดคล้องกับค่าความแม่นยำในการจัดท่าของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ค่าความแม่นยำในการจัดท่าเฉลี่ยของสถาบัน แทนการใช้ค่าความแม่นยำในการจัดท่าของนักรังสีการแพทย์รายบุคคล สำหรับประกอบการแปลผลการตรวจติดตามความหนาแน่นกระดูกได้

## ข้อเสนอแนะ

การใช้ค่าความแม่นยำในการจัดท่าของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลประกอบการแปลผลร้อยละ การเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นกระดูก สำหรับการตรวจติดตามผลผลความหนาแน่นกระดูก serial

BMD ทำให้การแปลผลมีความถูกต้องมากกว่า แต่ถ้าสถาบันใดมีนักรังสีการแพทย์หลายท่าน และต้องการใช้ค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบัน มาทดแทน ควรมีการวิเคราะห์ความถูกต้อง และความสอดคล้องของค่าความแม่นยำ ในการจัดทำทั้งสองวิธี หากค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบันมีความถูกต้อง ในการแปลผลเกินร้อยละ 80 ในทุกตำแหน่งของกระดูกที่ทำการวัด สถาบันนั้นสามารถนำค่าความแม่นยำในการจัดทำเฉลี่ยของสถาบันมาใช้ ทดแทนค่าความแม่นยำในการจัดทำของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลได้

### เอกสารอ้างอิง

- Carey JJ, Delaney MF. Utility of DXA for monitoring, technical aspects of DXA BMD measurement and precision testing. *Bone*. 2017; 104: 44-53.
- 2019 ISCD Official Positions – adult [Internet]. 2019 [accessed December 27, 2019]. Available from: <https://www.iscd.org/official-positions/2019-iscd-official-positions-adult/>
- Baim S, Wilson CR, Lewiecki EM, Luckey MM, Downs RW Jr, Lentle BC. Precision assessment and radiation safety for dual-energy X-ray absorptiometry: position paper of the International Society for Clinical Densitometry. *J Clin Densitom*. 2005; 8: 371-8.
- Lewiecki EM, Lane NE. Common mistakes in the clinical use of bone mineral density testing. *Nat Clin Pract Rheumatol*. 2008; 4: 667-74.
- International Atomic Energy Agency. Dual energy X Ray Absorbtometry for bone mineral density and body composition assessment. [Internet]. 2010 [accessed April 29, 2018]. Available from: [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1479\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1479_web.pdf).
- Bonnick SL, Lewis LA. Bone densitometry for technologists: The Importance of precision. 3<sup>rd</sup>ed. New York: Springer Science+Business Media; 2013: 163-82.
- Kim HS, Yang SO. Quality control of DXA system and precision test of radio-technologists. *J Bone Metab*. 2014; 21: 2-7.
- Lewiecki EM, Binkley N, Morgan SL, Shuhart CR, Camargos BM, Carey JJ, et al. Best practices for dual-energy x-ray absorptiometry measurement and reporting: International Society for Clinical Densitometry Guidance. *J Clin Densitom*. 2016; 19: 127-40.
- Nelson L, Gulenchyn KY, Atthey M, Webber CE. Is a fixed value for the least significant change appropriate? *J Clin Densitom*. 2010; 13: 18-23. doi: 10.1016/j.jocd.2009.10.001.
- Kiebzak GM, Morgan SL. Long-term versus short-term precision of dual-energy x-ray absorptiometry scans and the impact on interpreting change in bone mineral density at follow-up. *J Clin Densitom*. 2011; 14: 108-15.