

การประเมินความเที่ยงของนักรังสีการแพทย์ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกในผู้ใหญ่ด้วยเครื่องตรวจความหนาแน่นกระดูกโรงพยาบาลราชวิถี

อรทัย สิงห์อุสาหา วท.ม., อารยา บุญยเลิศ พ.บ., อารยา มิ่งมงคลชัย วท.บ., ศิริวรรณ ศรีใส วท.ม., ไพศาล ทรัพย์วชิระ วท.บ., กรกช วรธรรมมงคล วท.บ.

งานเวชศาสตร์นิวเคลียร์ กลุ่มงานรังสีวิทยา โรงพยาบาลราชวิถี แขวงทุ่งพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพฯ 10400

Precision Assessment of the Radiological Technologists for the Measurement of Bone Mineral Density in Adults with Densitometer at Rajavithi Hospital

Orathai Singusaha, M.Sc., Araya Boonyaleepan, M.D., Araya Mingmongkhonchai, B.Sc., Siriwan Sisai, M.Sc., Paisal Runpo, B.Sc., Korakot Worrattammongkol, B.Sc.

Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology, Rajavithi Hospital, Thung Phayathai, Ratchathewi, Bangkok, 10400, Thailand

(E-mail: nupienoi@gmail.com)

(Received: 16 August, 2023; Revised: 27 November, 2023; Accepted: 1 May, 2024)

Abstract

Background: Precision is integral to the monitoring of bone mineral density (BMD) change using dual energy X-ray absorptiometry (DXA). The International Society for Clinical Densitometry (ISCD) stated that in addition to evaluate the accuracy of a DXA, the radiological technologist's precision assessment of BMD measurement is also required. **Objective:** To assess the radiological technologists's precision of the BMD measurement for lumbar spine, femoral neck, total hip and forearm in adults at Rajavithi Hospital. **Method:** This study examined BMD measurement of 240 participants with a mean age 62.76 yr (SD = 8.85; range 45-90 yrs) for lumbar spine, femoral neck, total hip, and forearm by 8 technologists. Each technologist measured 30 participants twice by reposition, then the precision error (percent coefficient of variation; %CV) and 95% the least significant change (LSC) were calculated and analyzed statistically. **Result:** There were statistically significant correlation in all sites (0.994 - 0.998, p value < .05) for two BMD measurements. The precision error of BMD measurement by 8 technologists gave high precision in total hip, lumbar spine and femoral neck (%CV: 0.76%, 0.85%, and 1.10% respectively) and within the ISCD criteria. The region with the highest error was the forearm (%CV: 1.46%) but still represented good reproducibility. When the participants were grouped by body mass index (BMI), lumbar spine and femoral neck were found to be the highest error in the BMI > 25.0 kg/m² (%CV: 0.90% and 1.22%, respectively), but total hip and forearm regions were found to be the highest error in the BMI < 18.5 kg/m² (%CV: 1.08% and 2.41%, respectively). There were statistically significant differences of precision error between technologists in all sites, but between different BMI groups, there were no statistically significant differences in all sites. **Conclusion:** The precision assessment of BMD measurement by all technologists had high precision and were within the ISCD criteria.

Keywords: Bone mineral density, Precision assessment, Least significant change (LSC)

บทคัดย่อ

ภูมิหลัง: การตรวจค่าความหนาแน่นกระดูก (BMD: g/cm^2) ที่มีการเปลี่ยนแปลงโดยใช้เครื่อง dual energy X-ray absorptiometry (DXA) ให้มีความถูกต้องเที่ยงตรงนั้น International Society for Clinical Densitometry (ISCD) ได้กำหนดว่านอกจากการตรวจสอบความถูกต้องเที่ยงตรงของเครื่องตรวจมวลกระดูกให้ตรงตามมาตรฐานแล้ว ยังจำเป็นต้องมีการประเมินความเที่ยง (precision) ของนักรังสีการแพทย์ที่ทำการตรวจวัดความหนาแน่นกระดูกด้วยเช่นกัน **วัตถุประสงค์:** ประเมินความเที่ยงของนักรังสีการแพทย์ ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกส่วนเอว (L_1-L_4) คอกระดูกต้นขา (femoral neck) กระดูกสะโพก (total hip) และ กระดูกแขนส่วนปลาย (forearm) ในผู้ใหญ่ ที่โรงพยาบาลราชวิถี **วิธีการ:** การศึกษานี้ทำการตรวจความหนาแน่นกระดูกกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 240 ราย อายุเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 62.76 ± 8.85 ปี (ช่วงอายุ 45-90 ปี) บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพกและกระดูกแขนส่วนปลาย โดยนักรังสีการแพทย์ 8 ราย ตรวจกลุ่มตัวอย่างรายละ 30 รายแบบสุ่มโดยทำซ้ำ 2 รอบ (reposition) รวมทั้งคำนวณหาค่า ความคลาดเคลื่อนความเที่ยง (precision error) และคำนวณค่า LSC (the least significant change) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และเชิงอนุมาน **ผล:** ค่าความความหนาแน่นกระดูก (BMD; g/cm^2) ในการตรวจทั้ง 2 ครั้งในบริเวณกระดูก สันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} < .05$ ในทุกบริเวณ (ค่าความสัมพันธ์ 0.994 - 0.998) การประเมินค่า precision error ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกโดยนักรังสีการแพทย์ทั้ง 8 ราย มี precision สูงในบริเวณกระดูกสะโพก กระดูกสันหลังส่วนเอว และคอกระดูกต้นขา (%CV: 0.76%, 0.85%, และ 1.10% ตามลำดับ) อยู่ในเกณฑ์ที่ ISCD กำหนดในทุกบริเวณ โดยบริเวณที่มีค่า precision error เฉลี่ยสูงที่สุดคือบริเวณกระดูกแขนส่วนปลาย แต่ยังมี precision ที่สูง (%CV = 1.46%) เมื่อแยกกลุ่มตัวอย่างตามดัชนีมวลกาย (BMI; kg/m^2) พบค่า precision error เฉลี่ยบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว และคอกระดูกต้นขาสูงในกลุ่มตัวอย่างที่มี BMI > 25 kg/m^2 (%CV = 0.90% และ 1.22% ตามลำดับ) ส่วนบริเวณกระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย พบค่า precision error สูงในกลุ่มตัวอย่างที่มี BMI < 18.5 kg/m^2 (%CV = 1.08% และ 2.41% ตามลำดับ) เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน precision error ระหว่างนักรังสีการแพทย์พบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

($p\text{-value} < .05$) ในทุกบริเวณรวมทั้งวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า precision error ของกลุ่มตัวอย่างที่มีดัชนีมวลกายที่ต่างกัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติในทุกบริเวณ **สรุป:** การประเมิน precision ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกโดยนักรังสีการแพทย์ทั้ง 8 รายมี precision สูงและอยู่ในเกณฑ์ที่ ISCD กำหนดในทุกบริเวณ

คำสำคัญ: ความหนาแน่นกระดูก, การประเมิน precision, ค่าการเปลี่ยนที่น้อยที่สุด

บทนำ (Introduction)

ภาวะโรคกระดูกพรุน (osteoporosis) เป็นโรคที่ความหนาแน่น และมวลกระดูกลดน้อยลง เพราะบางชนิดรูปร่าง และมีโอกาสแตกหักได้ง่าย เนื่องจากกระดูกสามารถรับน้ำหนักแรงกระแทก หรือแรงกดได้ลดลง เป็นโรคกระดูกพบได้มากในผู้ใหญ่ที่มีอายุมากขึ้น ผู้หญิงที่เข้าสู่วัยหมดประจำเดือน มีประวัติคนในครอบครัวเป็น มีความผิดปกติเนื่องจากโรคบางอย่าง รวมทั้งการใช้ยาบางชนิดที่ออกฤทธิ์รบกวนการสร้างของกระดูกเป็นต้น โดยบริเวณที่มีโอกาสเสี่ยงที่เกิดภาวะกระดูกหักจากโรคกระดูกพรุนสูง ได้แก่ กระดูกสันหลัง สะโพกและข้อมือ ซึ่งภาวะนี้อาจก่อให้เกิดความเจ็บปวดจากภาวะกระดูกทรุดตัว เคลื่อนไหวและทำกิจกรรมต่างๆ ได้อย่างจำกัด นอกจากนี้หากเกิดการกระแทกก็มีโอกาสกระดูกหักสูง รวมทั้งก่อให้เกิดภาวะอื่นๆ ตามมาเช่นความเจ็บปวด และภาวะแทรกซ้อนต่างจากการที่ผู้ป่วยไม่สามารถขยับร่างกายได้เป็นต้น^{1, 2} การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุน ทำได้โดยการตรวจหาความหนาแน่นของกระดูก (bone mineral density: BMD) ด้วยเครื่องตรวจความหนาแน่นกระดูก (bone density scanner) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมอย่างมาก เพราะช่วยให้ทราบว่ากระดูกมีความแข็งแรงในระดับใด รวมทั้งมีภาวะกระดูกพรุนหรือไม่ ซึ่งเครื่องตรวจสแกนกระดูกในปัจจุบันใช้เทคนิค dual energy X-ray absorptiometry (DXA) ซึ่งเป็นเทคนิคมาตรฐานสำหรับการวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนการตรวจด้วยวิธีนี้ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับน้อยมาก^{3, 4} สามารถให้ผลการตรวจที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว^{5, 6} การตรวจความหนาแน่นกระดูกที่ให้ผลการตรวจที่มีความถูกต้องแม่นยำสูงนั้นทำให้แพทย์สามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้การดูแลรักษาผู้ป่วยถูกต้องและทันทั่วทั้งที่ปัจจัยที่ทำให้ค่า BMD ผิดพลาดโดยทั่วไปอาจเกิดจากทั้งเครื่องมือและ/หรือบุคคลซึ่งในที่นี้หมายถึงนักรังสีการแพทย์ที่มีหน้าที่ในการตรวจสแกนผู้ป่วย⁷

เครื่องตรวจความหนาแน่นกระดูก DXA ที่ติดตั้งใหม่ต้องได้รับการตรวจสอบคุณภาพเครื่องให้ได้มาตรฐานตามที่โรงงาน

กำหนด ทั้งในเรื่องการตรวจสอบความถูกต้อง (accuracy) โดยทำการสแกนกับ spine phantom รวมทั้งการทำ daily calibration โดยใช้ standard phantom ด้วยวิธีการตาม ที่โรงงานกำหนดเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากโรงงาน ค่าที่ได้ต้องไม่เกินค่ามาตรฐาน (gold standard) เพื่อเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่อง และต้องมีการตรวจสอบ precision ในการตรวจสอบความหนาแน่นกระดูกของเครื่องโดยการใช้ spine phantom ในการตรวจซ้ำ (reproducibility) เพื่อดู precision ของค่า BMD ให้มีค่า precision error ไม่เกินมาตรฐาน นอกจากการตรวจ precision ของเครื่อง แล้วสิ่งที่มีผลต่อ precision ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกอย่างมากคือบุคคลที่ทำหน้าที่ในการทำการตรวจความหนาแน่นกระดูกให้แก่ผู้ป่วยนั้นคือนักรังสีการแพทย์ เป็นการตรวจสอบค่า BMD ของการตรวจ ด้วยการจัดทำในการตรวจผู้ป่วยในแบบเดิม ๆ ซ้ำ ๆ (precision similar result) โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะส่งผลให้ ค่า BMD ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของตัวกระดูกเอง (biological change) หรือเกิดจากความคลาดเคลื่อนจากการตรวจเอง (precision error) ซึ่งทำให้การอ่านค่าผิดไปจากความเป็นจริงได้ ส่งผลต่อการวินิจฉัยโรค รวมทั้งการรักษาผู้ป่วยด้วยเช่นกัน^{8, 9} โดย ISCD แนะนำให้นักรังสีการแพทย์ทุกรายต้องประเมิน precision ในผู้ป่วยจริง โดยทำการตรวจความหนาแน่นกระดูกในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 15 ราย โดยทำการตรวจซ้ำ 3 ครั้ง ในแต่ละบริเวณที่ต้องการประเมินต่อนักรังสีการแพทย์ 1 ราย หรือทำการตรวจความหนาแน่นกระดูกกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 30 ราย โดยทำการตรวจซ้ำ 2 ครั้งในแต่ละบริเวณที่ต้องการประเมิน ต่อนักรังสีการแพทย์ 1 ราย ซึ่งนักรังสีการแพทย์แต่ละรายต้องมีค่า precision error ซึ่งคำนวณเป็นค่าร้อยละสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ไม่เกินค่าที่ ISCD กำหนดไว้ดังนี้ กระดูกสันหลังส่วนเอว: 1.9% (LSC = 5.3%), กระดูกสะโพก: 1.8% (LSC = 5.0%) และคอกระดูกต้นขา: 2.5% (LSC = 6.9%)^{8, 9, 10} ดังนั้นการทำการวิจัยในครั้งนี้เพื่อทำการประเมิน precision ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกในผู้ป่วย (precision assessment) เพื่อหาค่า precision error ของนักรังสีการแพทย์ที่ทำหน้าที่ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกให้กับผู้ป่วยทุกราย เพื่อกำหนดค่า precision error ของแต่ละบริเวณที่ใช้เป็นมาตรฐานของการตรวจความหนาแน่นกระดูก ได้แก่ กระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก รวมทั้งกำหนดค่า precision error ของกระดูกแขนส่วนปลาย ในกรณีที่บริเวณกระดูกที่เป็นมาตรฐานไม่สามารถตรวจความหนาแน่นกระดูกได้ รวมทั้งคำนวณค่า LSC ที่ความเชื่อมั่น 95% ทางสถิติ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ค่า BMD ให้ผลที่ได้มีความถูกต้อง¹⁰

วัตถุประสงค์และวิธีการ (Materials and Methods)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมิน precision ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูก ต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลายในผู้ใหญ่ด้วยเครื่องตรวจความหนาแน่นกระดูก รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกในแต่ละบริเวณที่ทำการตรวจ โดยกลุ่มตัวอย่างในการศึกษานี้มีจำนวน 240 ราย เป็นชาย 23 ราย และหญิง 217 ราย อายุเฉลี่ย±ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 62.76±8.85 ปี (ช่วงอายุ 45 - 90 ปี) โดยกลุ่มตัวอย่างไม่เคยได้รับการผ่าตัดตามหลักที่กระดูกในบริเวณที่ทำการตรวจ ไม่เคยได้รับการกินหรือสวนสารทึบรังสี หรือฉีดยาแก๊สทึบรังสีในระยะเวลา 1 เดือนที่ผ่านมา การศึกษานี้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนโรงพยาบาลราชวิถี และกลุ่มตัวอย่างได้ลงนามในเอกสารยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยทุกราย รวมทั้งไม่มีกลุ่มตัวอย่างถอนตัวจากโครงการวิจัย¹¹ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดได้รับการตรวจความหนาแน่นกระดูกกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย โดยนักรังสีการแพทย์ 8 ราย นักรังสีการแพทย์ 1 รายจะตรวจกลุ่มตัวอย่าง 30 รายแบบสุ่ม ทำการตรวจซ้ำ 2 ครั้งในแต่ละบริเวณที่ต้องการประเมินแบบจัดตำแหน่งใหม่ วิเคราะห์ผลตามวิธีการมาตรฐานตามคำแนะนำของ ISCD⁽¹⁰⁾ การประเมินค่าความหนาแน่นกระดูกของกลุ่มตัวอย่างเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดโดย WHO¹² รวมทั้งเครื่องตรวจความหนาแน่นกระดูกได้รับการตรวจคุณภาพเครื่องทุกวันก่อนเริ่มการตรวจสแกนกลุ่มตัวอย่าง จากนั้นนำค่าความหนาแน่นกระดูกคำนวณหาค่า root mean square standard deviation (SD_{RMS}) คำนวณหาค่า precision error และคำนวณค่า LSC ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95¹³ รวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา และเชิงอนุมานด้วย pair sample correlation และวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA)¹⁴

ผล (Result)

กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการการประเมิน precision ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกด้วยเครื่องความหนาแน่นกระดูก โรงพยาบาลราชวิถี จำนวนทั้งหมด 240 ราย เป็นผู้ชาย 23 ราย (ร้อยละ 9.58) ผู้หญิง 217 ราย (ร้อยละ 90.42) กลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 62.76±8.85 ปี (ช่วงอายุ 45 - 90 ปี) เป็นคนไทยทั้งหมดมีค่า BMI เฉลี่ย 24.19 4.00 kg/m² (ช่วงอายุ 15.68 - 41.00 kg/m²) โดยได้มีการแบ่งกลุ่มออกเป็นกลุ่มที่มีค่า BMI ต่ำกว่าเกณฑ์ (< 18.5 kg/m²) จำนวน

15 ราย ค่า BMI อยู่ในเกณฑ์ปกติ ($18.5 - 25.0 \text{ kg/m}^2$) จำนวน 133 ราย และค่า BMI เกินเกณฑ์ ($> 25.0 \text{ kg/m}^2$) จำนวน 92 ราย แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย มัธยฐาน และพิสัยของกลุ่มตัวอย่างจำแนกตามอายุ ความสูง น้ำหนัก และ BMI ($n = 240$)

	Mean $\pm$ SD	Median	Range	
			Minimum	Maximum
Body mass index (kg/m^2)($n = 240$)	24.19 $\pm$ 4.00	23.92	15.68	41.00
อายุ (ปี)	62.76 $\pm$ 8.85	62.00	45.00	90.00
ส่วนสูง (เมตร)	1.55 $\pm$ 0.07	1.54	1.30	1.86
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	58.26 $\pm$ 10.87	56.75	30.70	107.60
BMI < 18.5 ($n = 15$)				
อายุ (ปี)	63.80 $\pm$ 9.10	62.00	46.00	81.00
ส่วนสูง (เมตร)	1.54 $\pm$ 0.09	1.55	1.30	1.74
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	41.40 $\pm$ 5.05	41.60	30.70	53.80
BMI 18.5 - 25.0 ($n = 133$)				
อายุ (ปี)	63.06 $\pm$ 9.28	63.00	45.00	90.00
ส่วนสูง (เมตร)	1.56 $\pm$ 0.07	1.55	1.37	1.86
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	53.93 $\pm$ 6.28	53.70	37.90	75.80
BMI > 25.0 ($n = 92$)				
อายุ (ปี)	62.15 $\pm$ 8.19	61.00	48.00	85.00
ส่วนสูง (เมตร)	1.54 $\pm$ 0.07	1.54	1.43	1.80
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	67.28 $\pm$ 9.61	64.65	52.80	107.60

BMI: Bone mass index (kg/m^2); SD: Standard deviation

ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นกระดูก ของกลุ่มตัวอย่างในการตรวจครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 รวมทั้งค่าความสัมพันธ์ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ในบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย (0.997, 0.996, 0.998 และ 0.994 ตามลำดับ) พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < .05$) แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และค่าความสัมพันธ์ของความหนาแน่นกระดูกในการตรวจทั้ง 2 ครั้ง จำแนกตามบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย ($n = 240$)

BMD (g/cm^2)	1 st Measurement (Mean $\pm$ SD)	2 nd Measurement (Mean $\pm$ SD)	Correlation	p-value
Lumbar spine ($L_1 - L_4$)	1.030 $\pm$ 0.172	1.030 $\pm$ 0.173	0.997	<.001*
Femoral neck	0.792 $\pm$ 0.133	0.792 $\pm$ 0.133	0.996	<.001*
Total hip	0.866 $\pm$ 0.142	0.866 $\pm$ 0.143	0.998	<.001*
Forearm	0.723 $\pm$ 0.133	0.724 $\pm$ 0.134	0.994	<.001*

BMD: Bone mineral density(g/cm^2); SD: Standard deviation; *Significant at $p\text{-value} < .05$

การประเมินค่า precision error ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกโดยนักรังสีการแพทย์จำนวน 8 ราย ที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขากระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย รวมทั้งค่าเฉลี่ย precision error ของสถาบันแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3 พบว่าค่า %CV และค่า $LSC_{95\%}$ ในการจัดตำแหน่งของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 8 รายมี precision อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ ISCD กำหนดในทุกบริเวณที่เป็นมาตรฐานการตรวจความหนาแน่นกระดูก โดยค่า precision error เฉลี่ยของสถาบันบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว $SD_{RMS} = 0.009$, %CV = 0.85% และ $LSC_{95\%} = 2.37\%$ คอกระดูกต้นขา $SD_{RMS} = 0.009$, % CV = 1.10% และ $LSC_{95\%} = 3.05\%$ กระดูกสะโพก $SD_{RMS} = 0.006$, %CV = 0.76% และ $LSC_{95\%} = 2.11\%$ รวมทั้งกระดูกแขนส่วนปลาย $SD_{RMS} = 0.010$, %CV = 1.46% และ $LSC_{95\%} = 4.05\%$ พบว่าค่า precision error สูงที่สุดพบที่บริเวณกระดูกแขนส่วนปลาย รองลงมาคือบริเวณคอกระดูกต้นขา กระดูกสันหลังส่วนเอว และกระดูกสะโพกตามลำดับ

ตารางที่ 3 ค่า precision error และค่าเฉลี่ย precision error ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลายจำแนกตามนักรังสีการแพทย์

นักรังสี	Lumbar spine BMD			Femoral neck BMD			Total Hip BMD			Forearm BMD		
	SD_{RMS}	%CV	$LSC_{95\%}$	SD_{RMS}	%CV	$LSC_{95\%}$	SD_{RMS}	%CV	$LSC_{95\%}$	SD_{RMS}	%CV	$LSC_{95\%}$
1	0.012	1.28	3.56	0.012	1.62	4.48	0.007	0.91	2.51	0.011	1.64	4.55
2	0.009	0.76	2.12	0.009	1.12	3.10	0.008	0.84	2.33	0.012	1.43	3.97
3	0.010	0.95	2.63	0.013	1.72	4.75	0.007	0.94	2.60	0.009	1.22	3.37
4	0.005	0.47	1.29	0.004	0.48	1.34	0.004	0.41	1.14	0.004	0.48	1.32
5	0.009	0.89	2.47	0.007	0.95	2.62	0.007	0.99	2.73	0.009	1.34	3.70
6	0.012	1.19	3.31	0.010	1.18	3.27	0.006	0.75	2.08	0.019	2.89	8.01
7	0.004	0.33	0.91	0.002	0.33	0.90	0.004	0.44	1.21	0.003	0.38	1.04
8	0.004	0.40	1.10	0.004	0.49	1.36	0.005	0.58	1.60	0.005	0.58	1.61
เฉลี่ย	0.009	0.85	2.37	0.009	1.10	3.05	0.006	0.76	2.11	0.010	1.46	4.05

SD_{RMS} : root mean square - standard deviation; %CV: Percent coefficient of variation; LSC: least significant change of 95% confident; BMD: bone mineral density (g/cm^2); ISCD's minimum acceptable precision for individual technologist (%CV, $LSC_{95\%}$): lumbar spine (1.9%, 5.3%), total Hip (1.8%, 5.0%) and femoral neck (2.5%, 6.9%)

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) ค่า precision error ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย ระหว่างนักรังสีการแพทย์ 8 ราย พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < .05) แสดงรายละเอียดในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า precision error ของนักรังสีการแพทย์จำแนกตามการตรวจความหนาแน่นกระดูก

		นักรังสีการแพทย์								p-value
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Lumbar spine	%CV	1.28	0.76	0.95	0.47	0.89	1.19	0.33	0.40	<.001*
	$LSC_{95\%}$	3.56	2.12	2.63	1.29	2.47	3.31	0.91	1.10	<.001*
Femoral neck	%CV	1.62	1.12	1.72	0.48	0.95	1.18	0.33	0.49	<.001*
	$LSC_{95\%}$	4.48	3.10	4.75	1.34	2.62	3.27	0.90	1.36	<.001*

		นักรังสีการแพทย์								p-value
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Total Hip	%CV	0.91	0.84	0.94	0.41	0.99	0.75	0.44	0.58	.038*
	LSC _{95%}	2.51	2.33	2.60	1.14	2.73	2.08	1.21	1.60	.038*
Forearm	%CV	1.64	1.43	1.22	0.48	1.34	2.89	0.38	0.58	<.001*
	LSC _{95%}	4.55	3.97	3.37	1.32	3.7	8.01	1.04	1.61	<.001*

%CV: Percent coefficient of variation; LSC: least significant change of 95% confident; BMD: bone mineral density (g/cm²); *Significant at p-value < .05

การประเมินค่า precision error ของความหนาแน่นกระดูกของกลุ่มตัวอย่างที่มี BMI < 18.5 kg/m², 18.5 - 25.0 kg/m² และ > 25.0 kg/m² บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย พบว่าที่บริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว และบริเวณคอกระดูกต้นขา ของกลุ่มตัวอย่างที่มีค่า BMI > 25.0 kg/m² มีค่า precision error มากที่สุด SD_{RMS} = 0.009, 0.010; %CV = 0.90%, 1.22% และ LSC_{95%} = 2.49%, 3.39% ตามลำดับ ส่วนบริเวณกระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย พบว่ากลุ่มตัวอย่างที่มีค่า BMI < 18.5 kg/m² มีค่า precision error มากที่สุด SD_{RMS} = 0.006, 0.01; %CV = 1.08%, 2.41% และ LSC_{95%} = 2.99%, 6.68% ตามลำดับ นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า precision error ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย ระหว่างกลุ่มตัวอย่างที่มี BMI < 18.5 kg/m², 18.5 - 25.0 kg/m² และ > 25.0 kg/m² พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p-value = .421, .571, .074 และ .075 ตามลำดับ) แสดงรายละเอียดในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของค่า precision error ของความหนาแน่นกระดูกจำแนกตาม BMI

		BMI (kg/m ²)			p-value
		< 18.5	18.5 – 25.0	> 25.0	
Lumbar spine	%CV	0.60	0.85	0.90	.421
	LSC _{95%}	1.66	2.34	2.49	.421
Femoral neck	%CV	0.99	0.99	1.22	.571
	LSC _{95%}	3.31	2.75	3.39	.571
Total hip	%CV	1.08	0.80	0.63	.074
	LSC _{95%}	2.99	2.21	1.76	.074
Forearm	%CV	2.41	1.49	1.19	.075
	LSC _{95%}	6.68	4.12	3.30	.075

%CV: Percent coefficient of variation; LSC: least significant change of 95% confident; BMD: bone mineral density (g/cm²)

วิจารณ์ (Discussion)

การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนด้วยเทคนิค dual energy X-ray absorptiometry (DXA) เป็นเทคนิคมาตรฐาน ผู้ป่วยได้รับปริมาณรังสีน้อย^{3, 5} และให้ผลตรวจที่แม่นยำ และมีความรวดเร็ว^{5, 6} โดยการศึกษานี้ได้ทำการประเมิน

precision ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกแบบช่วงเวลาดสั้น (short term precision) ในกลุ่มตัวอย่างชาย หญิงทั้งหมด 240 ราย พบว่าการตรวจความหนาแน่นกระดูกบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก และกระดูกแขนส่วนปลาย ด้วยเครื่องตรวจ

ความหนาแน่นกระดูกโดยค่าความหนาแน่นกระดูกของกลุ่มตัวอย่างครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p -value < .05; correlation 0.994 - 0.998)

การประเมิน precision error ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกโดยนักรังสีการแพทย์จำนวน 8 ราย ในช่วงเวลาสั้น พบว่าค่า precision error รายบุคคลอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน precision error ของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลที่กำหนดโดย ISCD¹⁰ พบว่าบริเวณที่มีค่า precision error เฉลี่ยมากที่สุดคือบริเวณกระดูกแขนส่วนปลาย (%CV = 1.46%) แต่ถ้าเปรียบเทียบกับบริเวณที่ใช้ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกตามมาตรฐานของ ISCD จะพบว่าบริเวณคอกระดูกต้นขา มีค่า precision error เฉลี่ยมากที่สุด (%CV = 1.10%) เมื่อเทียบกับบริเวณอื่น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ K.Hind et al.(2010) เมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณเดียวกัน พบว่าค่า precision error มากที่สุดบริเวณคอกระดูกต้นขา (%CV = 1.36%)¹⁵ เช่นกัน รวมทั้งในการศึกษาของ Tothill และ Hannan (2007) ที่ทำการศึกษาในบริเวณเดียวกันก็รายงานว่าค่า precision error มากที่สุดบริเวณคอกระดูกต้นขา (%CV = 1.40%) รองลงมาเป็นบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว และกระดูกสะโพก ตามลำดับ¹⁶ ค่า precision error ที่บริเวณกระดูกสะโพก มีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับทุกบริเวณในการศึกษาครั้งนี้ (%CV = 0.76%) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณเดียวกันกับการศึกษาของ Tothill และ Hannan (2007) (%CV = 1.2%)¹⁶ แต่มากกว่าเมื่อเทียบกับบริเวณเดียวกันกับการศึกษาของ K.Hind et al. (2010 และ 2012) (%CV = 0.58, 0.52% ตามลำดับ)^{15, 17}

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนค่า precision error ของนักรังสีการแพทย์ทั้ง 8 รายในการตรวจทุกบริเวณ พบว่าค่า precision error มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกบริเวณ p -value < .05 แต่ค่าที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของ ISCD ในทุกบริเวณ เมื่อพิจารณาจากการศึกษาของ Nelson L et al.(2010) พบว่าค่า precision error ในบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญระหว่างนักรังสีการแพทย์แต่ในบริเวณคอกระดูกต้นขา และกระดูกสะโพก นั้นพบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ p -value < .05 เช่นกัน¹⁸ เมื่อประเมินค่า precision error ของกลุ่มตัวอย่างตาม BMI (พิสัย: 15.68 - 41.00 kg/m²) พบว่าบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอวมีค่า precision error ขึ้นตามขนาด BMI ที่เพิ่มขึ้น (เพียงเล็กน้อย) โดย BMI < 18.5 kg/m² มีค่าความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด รองลงมา BMI 18.0 - 25.0 kg/m² และ BMI > 25.0 kg/m² ตามลำดับ (%CV = 0.60, 0.85, 0.90% ตามลำดับ) ซึ่งเมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน

ค่า precision error ในการตรวจทุกบริเวณพบว่าค่า precision error ของกลุ่มตัวอย่างตาม BMI พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในทุกบริเวณ เมื่อพิจารณาการศึกษาของ Nelson L. et al. (2010) พบว่าค่า precision error ของกลุ่มตัวอย่างตาม BMI (พิสัย: 19.5 - 31.3 kg/m²) ค่า precision error ที่กระดูกสันหลังส่วนเอวเพิ่มขึ้นตาม BMI ที่เพิ่มขึ้น โดยบริเวณอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน¹⁸ และการศึกษาของ Knapp KM. et al (2012) พบว่าค่า precision error ของกลุ่มตัวอย่างตาม BMI (พิสัย: 18.5 - 45.9 kg/m²) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ p -value < .05 โดยเฉพาะบริเวณกระดูกสันหลังส่วนเอว (p -value < .001)¹⁹ แต่การศึกษาข้างต้นที่กล่าวไปแล้วนั้นกลุ่มตัวอย่างมีพิสัยและการแบ่งกลุ่ม BMI ที่มีความแตกต่างกันจึงเป็นผลให้การศึกษาที่ได้มีความแตกต่างกัน

สรุป (Conclusion)

สรุปจากการศึกษานี้พบว่าค่าความหนาแน่นกระดูก (BMD; g/cm²) ในการตรวจครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในทุกบริเวณที่ตรวจ การประเมิน precision error ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกของนักรังสีการแพทย์รายบุคคลทั้ง 8 ราย พบว่าค่าที่ได้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างนักรังสีการแพทย์ในทุกบริเวณ แต่มี precision สูงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ ISCD¹⁰ กำหนดทุกรายและในทุกบริเวณที่เป็นมาตรฐานการตรวจ ดังนั้นค่าที่ได้จากการตรวจความหนาแน่นกระดูกโดยนักรังสีการแพทย์จึงมีความเที่ยง การประเมินค่า precision error ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกในทุกบริเวณของกลุ่มตัวอย่างที่มี BMI แตกต่างกันพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าขนาดของ BMI ที่ต่างกันไม่มีผลต่อการตรวจความหนาแน่นกระดูกในทุกบริเวณ

ข้อเสนอแนะ

การใช้ค่าเฉลี่ย precision error ของการตรวจความหนาแน่นกระดูกโดยนักรังสีการแพทย์ในการประกอบการแปลผลเพื่อตรวจติดตามความหนาแน่นกระดูกของผู้ป่วย นั้นมีความสำคัญอย่างมาก ทำให้ผลการวินิจฉัยมีความถูกต้องส่งผลต่อการรักษาที่ถูกต้องด้วยเช่นกัน โดยการศึกษาครั้งนี้ทำการประเมินนักรังสีการแพทย์จำนวน 8 รายของโรงพยาบาลราชวิถี ดังนั้นถ้ามีการรับนักรังสีการแพทย์เพื่อปฏิบัติหน้าที่นี้เพิ่มเข้ามาใหม่ จำเป็นต้องมีการฝึกอบรมตามเกณฑ์มาตรฐาน ISCD รวมทั้งประเมิน precision ในการตรวจความหนาแน่นกระดูกของนักรังสีการแพทย์ราย

บุคคลให้ตามเกณฑ์มาตรฐาน ISCD และคำนวณค่าเฉลี่ย precision error ของโรงพยาบาลใหม่ก่อนเริ่มการตรวจ หรือ ถ้ากรณีนี้รังสีการแพทย์บางรายที่ไม่ได้ทำการตรวจแล้วนั้นให้นำค่าเฉลี่ยรายบุคคลนั้นออก และหาค่าเฉลี่ยของโรงพยาบาลใหม่เพื่อให้การวิเคราะห์ผลการตรวจความหนาแน่นกระดูกมี

ความถูกต้องต่อไป รวมทั้งกรณีที่มีการติดตั้งเครื่องใหม่จำเป็นต้องมีการฝึกอบรม และทำการประเมิน precision ของนักรังสีการแพทย์ รวมทั้งหาค่าเฉลี่ย precision error ใหม่สำหรับเครื่องนั้นๆ เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง (References)

1. The Osteoporosis Foundation of Thailand. The Recommendations for the treatment of osteoporosis 2021;7 - 8.
2. Wartenbee SR. Bone densitometry. [Internet].2016 [cited 2022 Aug. 21].Available from:<http://www.radiologykey.com/bone-densitometry>.
3. The International Atomic Energy Agency. Radiation protection of patients during DXA. [Internet].1998 [cited 2022 Jul 18]. Available from: <http://www.iaea.org/resources/rpop/health-professionals/other-specialities-and-imaging-modalities/dax-bone-mineral-densitometry/patients>.
4. The American college of radiology. Radiation dose to adults from common imaging Examinations. [Internet]. [cited 2022 Jul 18]. Available from:<http://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Radiology-Safety/Radiation-Safety/Dose-Reference-card.pdf?la=en&hash=2FFAD1C34DB0FDA39E4D4AC94F4EA34185819277>.
5. Golob AL, Laya MB. Osteoporosis: screening prevention and management. Med Clin North Am 2015;99(3):587 - 606.
6. Osteoporosis prevention screening and diagnosis: ACOG clinical practice guideline No.1. Obstet Gynecol 2021;138(3):494 - 506.
7. Bonnick SL, Johnston CC Jr, Kleerekoper M, Lindsay R, Miller P, Sherwood L, et al. Importance of precision in bone density measurements. J Clin Densitom 2001; 4(2):105 - 10.
8. Writing Group for the ISCD Position Development Conference. Technical standardization for dual - energy x - ray absorptiometry. J Clin Densitom 2004;7(1):27 - 36.
9. Kim HY, Yang SO. Quality control of DXA system and precision test of radio - technologist. J Bone Metab 2014;21(1):2 - 7.
10. The International Society for Clinical Densitometry (ISCD). The adult official position of ISCD; 2019.
11. The Research Ethic Office Chiangmai University. Withdrawal. Research ethics for researchers 2016;1:1 - 3.
12. WHO Scientific Group. The prevention and management of osteoporosis. Geneva: Switzerland; 2003.
13. The International Society for Clinical Densitometry. The precision calculating tool. [Internet].2013 [cited 2022 Jul 19]. Available from:<http://www.iscd.org/learn/resources/calculator>.
14. Wayne WD. Biostatistics: A foundation of analysis in the health sciences. 6th ed. New York: John Wiley and Sons; 1995.
15. Hind K, Oldroyd B, Truscott JG. In vivo precision of GE Lunar iDXA densitometer for the measurement of total body, lumbar spine and femoral bone mineral density in adults. J Clin Densitom 2010;13(4):413 - 17.
16. Tothill P, Hannan WJ. Precision and accuracy of measuring changes in bone mineral density by dual - energy X - ray absorptiometry. Osteoporos Int 2007;18(11):1515 - 23.
17. Hind K, Oldroyd B, Prajapati A, Rhodes L. In vivo precision of dual - energy X - ray absorptiometry - derived hip structural analysis in adults. J Clin Densitom 2012;15(3):302 - 7.
18. Nelson L, Gulenchyn KY, Atthey M, Webber CE. Is a fixed value for the least significant change appropriate ? J Clin Densitom 2010;13(1):18 - 23.
19. Knapp KM, Welsman JR, Hopkins SJ, Fogelman I, Blake GM. Obesity increases precision errors in dual - energy X - ray absorptiometry measurement. J Clin Densitom 2012;15(3):315 - 9.