การตรวจความหนาแน่นของกระดูกและองค์ประกอบของมวลร่างกายด้วยเครื่อง DXA สำหรับแพทย์เวชปฏิบัติทั่วไป

เกียรติชัย กีรติตานนท์ (พ.บ.) และ อลิสรา วงศ์สุทธิเลิศ (พ.บ.)

สาขาวิชารังสีวิทยาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี ประเทศไทย

บทคัดย่อ

บทนำ ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลัก ๆ คือ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน ซึ่งมนุษย์แต่ละคนแต่ละช่วงอายุจะมีองค์ประกอบของร่างกายที่ต่างกันไป ในปัจจุบันมีวิธีการวัดองค์ประกอบของร่างกายหลายวิธี แต่การตรวจด้วยเครื่อง DXA (dual-energy X-ray absorptiometry) เป็นวิธีที่สามารถแยกปริมาณของกระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน ได้อย่างแม่นยำ ไม่อันตราย และสามารถทำซ้ำได้บ่อย

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้อ่านทราบประโยชน์ของการวัดองค์ประกอบของร่างกายทางคลินิกและเป็นความรู้พื้นฐานต่อยอดไปในแง่ของการวิจัยโดยใช้การวัดองค์ประกอบของร่างกาย

ผลการศึกษา เครื่อง DXA เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก และองค์ประกอบของมวลร่างกาย การตรวจวัดความหนาแน่นของกระดูก จะใช้กรณีที่ผู้ป่วยเป็นโรคกระดูกพรุน ผู้ป่วยที่ใช้ยารักษาโรคกระดูกพรุน และผู้ที่มีความเสี่ยงของการเกิดกระดูกพรุน เช่น ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน ผู้สูงอายุ หรือผู้ที่มีประวัติกระดูกหักจากอุบัติเหตุไม่รุนแรง การตรวจวัดองค์ประกอบของมวลร่างกายจะใช้กรณีที่เป็นผู้ป่วยโรคอ้วน ผู้ป่วยโรคมวลกล้ามเนื้อน้อย ผู้ที่มีกล้ามเนื้อลีบหรืออ่อนแรง นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวงการวิทยาศาสตร์การกีฬาด้วย

สรุป การวัดความหนาแน่นของกระดูก และมวลกายเป็นการตรวจยืนยันที่มีประโยชน์ เป็นที่นิยมและแพร่หลายในด้านเวชปฏิบัติทั่วไปและด้านการวิจัย

คำสำคัญ เครื่อง DXA ความหนาแน่นของกระดูก โรคกระดูกพรุน มวลร่างกาย โรคอ้วน ภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย

ชื่อผู้นิพนธ์ที่รับผิดชอบ เกียรติชัย กีรติตานนท์
สาขาวิชารังสีวิทยาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ คณะแพทยศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี ประเทศไทย
E- mail: Keattichai.ke@go.bbu.ac.th

Bone mineral density and body composition evaluated by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the general practitioner

Keattichai Keeratitanont (M.D.) and Alisara Wongsuttilert (M.D.)

Division of Radiology and Nuclear Medicine, Faculty of Medicine, Burapha University, Chonburi, Thailand

Abstract

Background: The human body consists mainly of bone, muscle, and fat components, all of which differ from one another, leading to several methods for measuring the body's composition. However, dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is the standard method to evaluate bone mineral density and body composition, which has been certified by the World Health Organization. It is convenient, fast, accurate, reproducible and non-invasive.

Objective: To provide information about the benefits of measuring bone density and body composition in clinical practice, and to establish a knowledgebase for future research.

Results: The DXA machine measures bone mineral density and body composition by using X-ray beams at different energy levels, to separate between bone, muscle and fat in the body. Bone density assessments are often performed on patients with osteoporosis, patients taking osteoporosis medications or individuals at risk of developing osteoporosis (such as post-menopausal women, the elderly or those with a history of fragility fractures). Additionally, an assessment of body composition is often used to evaluate the body's amount of fat and muscle. It has been used with issues in obesity, sarcopenia and sport science.

Conclusion: Bone density and body composition assessments are excellent methods to evaluate body components, and it is widely recognized among general practitioners and researchers, leading to fewer cases and less machine utilization in Thailand. Therefore, this article should be helpful in providing the fundamental knowledge for other medical and research uses.

Keywords: Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA), bone mineral density (BMD), osteoporosis, body composition, obesity, sarcopenia.

Corresponding author: Keattichai Keeratitanont
Division of Radiology and Nuclear Medicine, Faculty of Medicine, Burapha University, Chonburi, Thailand
E mail: Keattichai.ke@go.bbu.ac.th

Received: October 3, 2022 Revised: January 30, 2024 Accepted: April 30 , 2024

การอ้างอิง

เกียรติชัย กีรติตานนท์ และ อลิสรา วงศ์สุทธิเลิศ. การตรวจความหนาแน่นของกระดูกและองค์ประกอบของมวลร่างกายด้วยเครื่อง DXA สำหรับแพทย์เวชปฏิบัติทั่วไป. บูรพาเวชสาร. 2567; 11(1): 100-114.

Citation

Keeratitanont K and Wongsuttilert A. Bone mineral density and body composition evaluated by dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) for the general practitioner. Bu J Med. 2024; 11(1): 100-114.

บทนำ

ร่างกายมนุษย์ประกอบด้วยเนื้อเยื่อหลัก ๆ คือ กระดูก กล้ามเนื้อ และไขมัน โดยทั่วไปคนปกติจะมีองค์ประกอบของกระดูกร้อยละ 3-5 กล้ามเนื้อร้อยละ 63-89 ไขมันร้อยละ 26 ในผู้ชายและร้อยละ 35 ในผู้หญิง[1] ซึ่งคนแต่ละคนและคนแต่ละช่วงอายุจะมีองค์ประกอบของร่างกายที่ต่างกันไป โรคที่มีความผิดปกติขององค์ประกอบของกระดูกที่พบได้บ่อย ได้แก่ โรคกระดูกพรุน (osteoporosis) โรคกระดูกบาง (osteopenia) และความผิดปกติทางกรรมพันธุ์ที่ทำให้เกิดความผิดปกติทางกระดูก เช่น โรค osteogenesis imperfecta หรือโรค Marfan syndrome โรคที่มีความผิดปกติขององค์ประกอบของกล้ามเนื้อ ได้แก่ โรคมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) โรคกล้ามเนื้ออ่อนแรง ALS (amyotrophic lateral sclerosis) และโรคทางระบบประสาทและสมองที่ส่งผลให้เกิดความผิดปกติของกล้ามเนื้อ เช่น โรคเส้นเลือดในสมองตีบ (stroke) โรค myasthenia gravis หรือโรค Guillain-Barré syndrome โรคที่มีความผิดปกติขององค์ประกอบของไขมัน ได้แก่ โรคอ้วนลงพุง (obesity) หรือภาวะความผิดปกติทางเมทาบอลิซึม (metabolic syndrome)

การจะวินิจฉัยองค์ประกอบของร่างกายที่ผิดปกติไปทำได้หลายวิธี ได้แก่ การชั่งน้ำหนักใต้น้ำ (hydrostatic weighing) การวัดด้วยวิธี ADP (air-displacement plethysmography) การวัดด้วยไฟฟ้าจากเครื่อง BIA (bioelectrical impedance analysis) การตรวจด้วยรังสีโดยใช้เครื่อง DXA (dual-energy X-ray absorptiometry) หรือเครื่อง CT (computed tomography) และการตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากเครื่อง MRI (magnetic resonance imaging) แต่วิธีที่ถือว่าได้มาตรฐาน เชื่อถือได้ ราคาไม่แพง และสามารถทำซ้ำได้ง่ายที่สุด คือ การวัดด้วยเครื่อง DXA

ในบทความนี้จะกล่าวถึงการตรวจโดยใช้เครื่อง DXA ในแง่ของการทำงานของเครื่องมือที่ใช้การตรวจความหนาแน่นของกระดูก (bone mineral density assessment) และการตรวจมวลกาย (body composition assessment)

1. เครื่องมือที่ใช้วัดความหนาแน่นของกระดูกและมวลร่างกาย

เครื่อง DXA (dual energy X-ray absorptiometry) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจวิเคราะห์ความหนาแน่นของกระดูก (bone mineral density) และองค์ประกอบต่าง ๆ ของเนื้อเยื่อภายในร่างกาย (body composition) ซึ่งจะสามารถบอกปริมาณของมวลไขมัน กล้ามเนื้อ และกระดูกในร่างกายได้ เครื่อง DXA ได้รับการรับรองจากองค์การอาหารและยาของสหรัฐอเมริกาเมื่อปี ค.ศ. 1988 เป็นเครื่องที่ขนาดไม่ใหญ่มาก ปลอดภัย เนื่องจากปริมาณรังสีน้อย และสามารถทำซ้ำได้ง่าย (reproducibility) จึงทำให้เครื่อง DXA เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจความหนาแน่นของเนื้อเยื่อภายในร่างกาย [2,3]

ข้อปฏิบัติสำหรับเข้ารับการตรวจด้วยเครื่อง DXA

1. ถอดเครื่องประดับออก เช่น พระเครื่อง สร้อยคอ แหวน นาฬิกา เป็นต้น เนื่องจากเครื่องประดับที่มีส่วนประกอบของโลหะจะรบกวนการวัดมวลร่างกายโดยใช้รังสี

2. เปลี่ยนชุดเป็นชุดผ้าบางเตรียมตรวจตามแต่สถาบัน เนื่องจากเสื้อผ้าที่ใส่อาจมีส่วนที่มีโลหะเป็นส่วนประกอบ เช่น กางเกงหรือเสื้อยีนส์ที่มีกระดุมโลหะ ซิป หรือตะขอที่ทำจากโลหะ ซึ่งจะรบกวนค่าการทะลุรังสีเอกซเรย์ในการตรวจ

3. ในผู้ป่วยที่เพิ่งได้รับการตรวจด้วยแบเรียม (barium study) สารทึบรังสี (contrast media) และสารเภสัชรังสี (radiopharmaceutical) ควรจะเลื่อน

การตรวจไปก่อน เนื่องจากส่งผลต่อความแม่นยำของการตรวจ

4. ควรหลีกเลี่ยงการตรวจผู้ป่วยที่มีน้ำหนักเกินขีดจำกัดที่กำหนดไว้ของเครื่องตรวจของแต่ละบริษัท

5. ไม่แนะนำตรวจในหญิงตั้งครรภ์ หากกำลังตั้งครรภ์หรือสงสัยว่าตั้งครรภ์ควรเลื่อนการตรวจไปก่อน[4]

6. สำหรับการตรวจความหนาแน่นของกระดูก (bone density)[5]

6.1 ไม่จำเป็นต้องงดน้ำและอาหาร

6.2 มีตำแหน่งที่ตรวจมาตรฐานทั้งหมด 3 ตำแหน่ง ได้แก่ กระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spine) กระดูกสะโพก (hip) และกระดูกปลายแขน (forearm) โดยรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีตรวจในแต่ละตำแหน่งระบุไว้ในส่วนของ *"ตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจความหนาแน่นของกระดูก"*

6.3 ใช้เวลาในการตรวจครั้งละประมาณ 15-30 นาที

7. สำหรับการตรวจมวลร่างกาย (body composition)[5]

7.1 งดน้ำและอาหารอย่างน้อย 4 ชั่วโมง

7.2 งดออกกำลังกายมาอย่างน้อย 12 ชั่วโมงก่อนการตรวจ

7.3 งดเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ก่อนตรวจ 48 ชั่วโมง

7.4 ปัสสาวะก่อนขึ้นตรวจ

7.5 ควรเตรียมตัวให้เหมือนกันทุกครั้งในการตรวจ และตรวจในช่วงเวลาที่เหมือนกันทุกครั้ง เช่น คราวก่อนเข้าตรวจตอนเช้า เมื่อติดตามผลควรตรวจตอนเช้าด้วย

7.6 ตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจมวลร่างกายจะตรวจทั้งร่างกายในคราวเดียว โดยรายละเอียดเกี่ยวกับวิธีตรวจระบุไว้ในส่วนของ *"ตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจมวลร่างกาย"*

2. การตรวจความหนาแน่นของกระดูก (Bone mineral density assessment)

ความหนาแน่นของกระดูก (bone mineral density, BMD) คือมวลของกระดูกทั้งหมดในบริเวณที่ตรวจวัด (bone mineral content, BMC) ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่เป็นตารางเซนติเมตร (area, cm^2) ซึ่งเป็นค่าชี้วัดทางปริมาณ (quantitative measurement) โดยวัดปริมาณรังสีเอกซ์ที่ทะลุผ่านมวลต่อ 1 cm^2 ใช้ในการประเมินความแข็งแรงของกระดูก ซึ่งถูกใช้บ่อยในทางคลินิกเพื่อประเมินภาวะกระดูกพรุน และความเสี่ยงของการเกิดกระดูกหักในอนาคต[6]

จากการสำรวจความชุกของโรคกระดูกพรุนและกระดูกบางในประเทศไทย พบว่า มีภาวะกระดูกพรุน (osteoporosis) ร้อยละ 19-24 ที่กระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spine) ร้อยละ 11-19 ที่คอกระดูกสะโพก (femoral neck) และร้อยละ 26 ที่ปลายแขน (forearm) นอกจากนี้ ยังพบว่ามีผู้ที่มีภาวะกระดูกบางสูงถึงร้อยละ 30 ที่กระดูกหลังส่วนเอว ร้อยละ 37 ที่คอกระดูกสะโพก และร้อยละ 45 ที่กระดูกปลายแขน[7–9] นอกจากนี้พบว่าการมีความหนาแน่นของกระดูกต่ำ จะให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกหักเพิ่มมากขึ้น[10] และนำไปสู่ภาวะแทรกซ้อนเพิ่มเติมที่จะตามมาในอนาคตได้

ข้อบ่งชี้ของการตรวจความหนาแน่นของกระดูก

อ้างอิงจากมูลนิธิโรคกระดูกพรุนแห่งประเทศไทย ปี ค.ศ. 2016[11] ได้แก่

1. ผู้หญิงที่อายุมากกว่า 65 ปี และผู้ชายที่อายุมากกว่า 70 ปี

2. ผู้หญิงที่มีภาวะหมดประจำเดือนก่อนวัยอันควร (ก่อนอายุ 45 ปี) รวมถึงผู้ที่ได้รับการผ่าตัดนำรังไข่ทั้งสองข้างออก (bilateral oophorectomy)

3. ผู้หญิงที่มีระดับฮอร์โมน estrogen ต่ำมามากกว่า 1 ปี ก่อนที่จะหมดประจำเดือน

ซึ่งอาจจะเกิดได้จากการได้รับการรักษาด้วย GnRH การออกกำลังกายหนักเป็นเวลานาน การมีโรคเรื้อรัง (ยกเว้นผู้หญิงที่กำลังตั้งครรภ์และให้นมบุตร)

4. ผู้ป่วยที่ได้รับการรักษาด้วยยาสเตียรอยด์ในปริมาณมากกว่าหรือเท่ากับ 7.5 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลาต่อเนื่องกันนานอย่างน้อย 3 เดือน

5. ผู้ที่มีประวัติบิดา หรือมารดาเคยกระดูกสะโพกหัก

6. ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนที่มีดัชนีมวลกาย (body mass index, BMI) น้อยกว่า 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2)

7. ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือนที่มีส่วนสูงลดลงอย่างน้อย 4 เซนติเมตร (cm)

8. ผู้หญิงที่ได้รับการรักษาด้วยยากลุ่ม aromatase inhibitors หรือ ผู้ชายที่ได้รับการรักษาแบบ androgen deprivation therapy

9. ผู้ที่มีหลักฐานของกระดูกบาง หรือกระดูกสันหลังผิดปกติจากภาพเอ็กซ์เรย์

10. ผู้ที่มีประวัติกระดูกหักแม้ได้รับอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรง (low-energy injury)

11. ผู้ที่มีความเสี่ยงของการเกิดกระดูกหักในอนาคตในระดับกลางเป็นต้นไป จากการประเมินด้วยเครื่องมือประเมินความเสี่ยงของการเกิดกระดูกหักในอนาคต (fracture risk assessment tool, FRAX®)

12. ผู้ที่อยู่ในกลุ่มความเสี่ยงของการเกิดกระดูกพรุนระดับกลาง (intermediate group) เป็นต้นไป จากแบบประเมิน OSTA (osteoporosis self-assessment tool for Asian)[12] หรือแบบประเมิน KKOS (Khon Kaen osteoporosis study score)[13] หรือมีความเสี่ยงมากกว่าหรือเท่ากับ 0.3 จากการประเมินความเสี่ยงของการเกิดกระดูกพรุนโดย nomogram[14]

ตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจความหนาแน่นของกระดูก

โดยทั่วไปจะเป็นที่กระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spines) และกระดูกสะโพก (hip) เป็นหลัก นอกจากนี้สามารถตรวจความหนาแน่นของกระดูกได้ที่บริเวณปลายแขน (forearm) ในกรณีที่ผู้ป่วยไม่สามารถตรวจที่กระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spine) และ/หรือ กระดูกสะโพก (hip) ได้ เช่น มีข้อเทียม (prosthesis) เป็นโรคการทำงานของต่อมพาราไทรอยด์มากผิดปกติ (hyperparathyroidism) หรือผู้ป่วยน้ำหนักมากเกินความสามารถในการรับน้ำหนักของเครื่อง DXA[5] โดยรายละเอียดของการตรวจที่กระดูกส่วนต่าง ๆ มีดังนี้

การตรวจความหนาแน่นของกระดูกที่กระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spine) จะตรวจที่กระดูกสันหลังส่วนเอวชั้นที่ 1 ถึง 4 (L1-L4) โดยให้รังสีผ่านผู้ป่วยแบบ PA (posteroanterior) หากมีกระดูกสันหลังระดับไหนที่มีความผิดปกติ เช่น มีการยุบของกระดูก (compression fracture) กระดูกสันหลังเสื่อม (degenerative change) หรือมีความผิดปกติทางรูปร่างของกระดูกสันหลัง (anatomical abnormalities) สามารถไม่แปลผลระดับที่มีความผิดปกติ และใช้กระดูกสันหลังที่เหลือในการประเมินได้โดยจะต้องมีกระดูกสันหลังอย่างน้อย 2 ระดับ เพื่อใช้ในการประเมินค่าความหนาแน่นของกระดูก ไม่ควรใช้ค่าความหนาแน่นของกระดูกของกระดูกสันหลังแค่ระดับเดียวในการวินิจฉัย และให้ใช้กระดูกบริเวณอื่นในการวินิจฉัยแทน [5]

การตรวจความหนาแน่นของกระดูกที่กระดูกสะโพก (hip) โดยทั่วไปจะประเมินที่คอกระดูกต้นขา (femoral neck) และกระดูกต้นขาส่วนต้น (total proximal femur) โดยเลือกกระดูกต้นขาข้างที่ไม่ถนัดในการตรวจ[5] ซึ่งส่วนมากมักจะตรวจที่บริเวณกระดูกสะโพกและต้นขาข้างซ้าย

การตรวจความหนาแน่นของกระดูกที่กระดูกปลายแขน (forearm) จะประเมินในแขนข้างที่ไม่ถนัด

(non-dominant forearm) โดยใช้บริเวณร้อยละ 33 ของกระดูกเรเดียส (radius bone 33%) หรืออีกชื่อหนึ่ง คือ หนึ่งในสามของกระดูกเรเดียส (radius 1/3) ในการประเมินความหนาแน่นของกระดูก[5]

การรายงานผลความหนาแน่นของกระดูก

ในการประเมินความหนาแน่นของกระดูกเพื่อที่จะวินิจฉัยว่าเป็นโรคกระดูกพรุนหรือไม่นั้น ไม่สามารถประเมินจากค่าความหนาแน่นของกระดูก (bone density) ได้โดยตรงแต่จะต้องเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง (reference database) และคำนวณออกมาในรูปแบบของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่อวิเคราะห์ว่าความหนาแน่นของกระดูกมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าเป็นกี่เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อเทียบกับปกติ โดยจะรายงานผลออกมาเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ ค่า T-score และ ค่า Z-score ซึ่งจะใช้ต่างกันตามอายุผู้ป่วย

ค่า T-score จะใช้ในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน (post-menopause) ระหว่างหมดประจำเดือน (peri-menopause) และผู้ชายที่อายุมากกว่าหรือเท่ากับ 50 ปีขึ้นไป โดยใช้ฐานข้อมูลอ้างอิงเป็นค่าความหนาแน่นของกระดูกของผู้หญิงสุขภาพดีอายุระหว่าง 20 ถึง 29 ปี[5] และควรเลือกใช้ฐานข้อมูลที่เชื้อชาติตรงกันกับผู้เข้ารับการตรวจ (ethnic matched) เนื่องจากปัจจัยด้านเชื้อชาติส่งผลต่อความหนาแน่นของกระดูกด้วย[15] โดยทั่วไปแล้วเครื่อง DXA ของแต่ละบริษัทจะมีฐานข้อมูลอ้างอิงตามเชื้อชาติบันทึกไว้ให้

ค่า Z-score จะใช้ในผู้หญิงก่อนหมดประจำเดือน (pre-menopause) ผู้ชายที่อายุน้อยกว่า 50 ปี รวมถึงเด็ก โดยใช้ฐานข้อมูลอ้างอิงเป็นค่าความหนาแน่นของกระดูกในคนปกติที่มีอายุ และเพศตรงกันกับผู้เข้ารับการตรวจ และจะไม่ใช้เกณฑ์การวินิจฉัยตามองค์การอนามัยโลก โดยหากค่า Z-score มากกว่า -2.0 จะอยู่ในกลุ่มที่ความหนาแน่นของกระดูกเหมาะสมกับช่วงอายุนั้น ๆ (within expected range for age) แต่หากค่า Z-score น้อยกว่าหรือเท่ากับ -2.0 จะถือว่าความหนาแน่นของกระดูกต่ำกว่าช่วงอายุอ้างอิง (below the expected range for age)[5]

การประเมินความเสี่ยงของการเกิดกระดูกหักในอนาคต (future risk assessment tool, FRAX)

FRAX เป็นเครื่องมือประเมินความเสี่ยงของการเกิดโรคกระดูกพรุนในอนาคต โดยประเมินจากความเสี่ยงทางคลินิกของผู้ป่วย ได้แก่ อายุ เพศ เชื้อชาติ ความสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย ประวัติการเกิดกระดูกหักอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรง (fragility fracture) ประวัติกระดูกสะโพกหักของบิดาหรือมารดา การใช้ยากลุ่ม glucocorticoid ผู้ป่วยที่เป็นโรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ (rheumatoid arthritis) ผู้ป่วยที่มีโรคประจำตัวที่อาจส่งผลให้เกิดโรคกระดูกพรุน การสูบบุหรี่ และการดื่มสุรา ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้เมื่อนำมาประเมินควบคู่กับความหนาแน่นของกระดูกที่คอกระดูกต้นขาแล้ว จะสามารถบอกถึงความน่าจะเป็นในการเกิดกระดูกสะโพกหัก และกระดูกหักอันเนื่องมาจากโรคกระดูกพรุนในอีก 10 ปีข้างหน้าได้[16] โดย FRAX สำหรับเชื้อชาติไทยสามารถเข้าถึงได้ผ่านทาง https://www.sheffield.ac.uk/FRAX/tool.aspx?lang=th

การวินิจฉัยและรักษาโรคกระดูกพรุน

ในปัจจุบันองค์การอนามัยโลก[17] ได้แบ่งประเภทของกระดูกบางและกระดูกพรุนออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ ความหนาแน่นกระดูกปกติ กระดูกบาง (osteopenia) กระดูกพรุน (osteoporosis) และกระดูกพรุนรุนแรง (severe/established osteoporosis) โดยมีเกณฑ์ตาม ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การวินิจฉัยโรคกระดูกพรุนโดยองค์การอนามัยโลก [17]

การวินิจฉัย	รายละเอียด
ความหนาแน่นกระดูกปกติ (normal)	ค่า T-score มากกว่าหรือเท่ากับ -1.0
กระดูกบาง (osteopenia)	ค่า T-score ระหว่าง -1.0 และ -2.5
กระดูกพรุน (osteoporosis)	ค่า T-score น้อยกว่าหรือเท่ากับ -2.5
กระดูกพรุนรุนแรง (severe/established osteoporosis)	ค่า T-score น้อยกว่าหรือเท่ากับ -2.5 ร่วมกับมีกระดูกหักแม้ได้รับอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรง (fragility fracture)

นอกจากนี้ในผู้ป่วยกลุ่มที่มีประวัติกระดูกสันหลังยุบกระดูกสะโพกหัก[18] และกระดูกบางร่วมกับมีประวัติกระดูกหัก แม้ได้รับอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรง (fragility fracture) ที่บริเวณกระดูกสันหลัง (spine) กระดูกสะโพก (hip) กระดูกต้นแขนส่วนต้น (proximal humerus) กระดูกเชิงกราน (pelvis) หรือกระดูกปลายแขน (distal forearm) ก็จะถือว่าเป็นผู้ป่วยกระดูกพรุนจากอาการ (clinical diagnosis of osteoporosis) ด้วยเช่นกัน[19] โดยนิยามของการเกิดกระดูกหักจากอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรงนี้ คือ การเกิดกระดูกหักจากแรงที่เท่ากับการล้มปกติ (fall from a standing position) ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดกระดูกหักในคนปกติ และต้องไม่ใช่กระดูกหักบริเวณกะโหลกศีรษะ ใบหน้า นิ้วมือ และนิ้วเท้า

ในด้านการรักษาโรคกระดูกพรุน มีการพัฒนาเกณฑ์การเริ่มต้นรักษาโรคกระดูกพรุน จากหลายหน่วยงาน ได้แก่ หน่วยงาน international osteoporosis foundation (IOF) หน่วยงาน American association of clinical endocrinologists (AACE) และหน่วยงานมูลนิธิโรคกระดูกพรุนแห่งประเทศไทย (Thai osteoporosis foundation, TOPF) โดยแต่ละหน่วยงานจะมีรายละเอียดข้อบ่งชี้ในการใช้ยารักษาโรคกระดูกพรุนแตกต่างกัน ดังที่ระบุไว้ในตารางที่ 2

การติดตามการรักษาด้วยการตรวจความหนาแน่นของกระดูก

ข้อบ่งชี้ในการติดตามผลความหนาแน่นของกระดูก ได้แก่ 1.เพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการเริ่มการรักษาโรคกระดูกพรุน 2.เพื่อประเมินผลของการรักษาโรคกระดูกพรุน และ 3.ประเมินความหนาแน่นของกระดูกในผู้ป่วยกลุ่มที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดกระดูกบางเร็ว (rapid bone loss) เช่น กลุ่มที่ได้รับการรักษาด้วยยา glucocorticoid ในการรักษาด้วย antiresorptive therapy ผู้ป่วยควรจะได้รับการตรวจความหนาแน่นของกระดูกเพื่อประเมินผลการรักษาประมาณ 1-2 ปี หลังจากเริ่มรักษา [5,11]

ในการติดตามการรักษา จะสามารถบอกได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของกระดูกอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับความแม่นยำของการตรวจวัด (precision) ทั้งจากเครื่องและนักเทคนิคการแพทย์ผู้ทำการตรวจ โดยค่าที่เป็นตัวบ่งบอกความคลาดเคลื่อนของการตรวจจะเรียกว่าค่า LSC (least significant change) ซึ่งจะแตกต่างกันตามแต่ละสถาบัน ค่า LSC นี้สามารถคำนวณได้ 2 แบบ ได้แก่ 1.การหาค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (root mean square standard deviation, RMS-SD) และ 2. การหาค่าเฉลี่ยกำลังสองของสัมประสิทธิ์การแปรผัน (root mean square coefficient of variation) จากการตรวจมวลกระดูกโดยนักเทคนิคการแพทย์ ซึ่งได้จากการตรวจผู้ป่วย 30 ราย ตรวจซ้ำรายละ 2 รอบ หรือตรวจผู้ป่วย

15 ราย ตรวจซ้ำรายละ 3 รอบ[5,11] ในการติดตามผลความหนาแน่นของกระดูก หากมีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของกระดูกมากกว่าค่า LSC จะถือว่ามีการเพิ่มขึ้น หรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญที่จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงการรักษาต่อไป ทางองค์กร ISCD (the international society for clinical densitometry) ได้แนะนำให้ใช้ค่าเฉลี่ยกำลังสองของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แต่ในบางองค์กรรวมทั้งหน่วยรังสีวิทยาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยบูรพาใช้ค่าเฉลี่ยกำลังสองของสัมประสิทธิ์การแปรผัน โดยจะมีค่า LSC ของกระดูกสันหลังส่วนเอว (lumbar spine) คอกระดูกต้นขา (femoral neck) กระดูกสะโพก และหนึ่งในสามของกระดูกเรเดียส (radius 1/3) ที่ร้อยละ 3.20 ร้อยละ 2.91 ร้อยละ 2.73 และร้อยละ 3.01 ตามลำดับ[20]

ตารางที่ 2 ข้อบ่งชี้ในการใช้ยารักษาโรคกระดูกพรุน

IOF [21]	AACE 2020 [18]	TOPF 2021 [11]
1. กระดูกสันหลังหัก หรือกระดูกสะโพกหัก (โดยไม่คำนึงถึงค่าความหนาแน่นของกระดูก)	1. ค่า T-score อยู่ระหว่าง -1.0 ถึง -2.5 ร่วมกับมีกระดูกหักแม้ได้รับอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรงที่กระดูกสันหลัง หรือกระดูกสะโพก	1. กระดูกสันหลังหัก หรือกระดูกสะโพกหักอันเนื่องมาจากอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรง
2. ค่า T-score น้อยกว่าหรือเท่ากับ -2.5 ที่คอกระดูกต้นขา กระดูกต้นสะโพก หรือ กระดูกสันหลังส่วนเอว	2. ค่า T-score น้อยกว่าหรือเท่ากับ -2.5 ที่กระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก หรือหนึ่งในสามของกระดูกเรเดียส	2. ค่า T-score น้อยกว่าหรือเท่ากับ -2.5 ที่ตำแหน่งกระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก หรือหนึ่งในสามของกระดูกเรเดียส
3. ค่า T-score อยู่ระหว่าง -1.0 ถึง -2.5 ร่วมกับความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกสะโพกหักในช่วงเวลา 10 ปี มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 3 หรือความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกส่วนสำคัญหัก (major osteoporosis-related fracture) ในช่วงเวลา 10 ปี มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 ประเมินโดย FRAX	3. ค่า T-score อยู่ระหว่าง -1.0 ถึง -2.5 ที่กระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก หรือหนึ่งในสามของกระดูกเรเดียส ร่วมกับความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกสะโพกหักในช่วงเวลา 10 ปี มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 3 หรือความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกส่วนสำคัญหัก (major osteoporosis-related fracture) ในช่วงเวลา 10 ปี มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 ประเมินโดย FRAX ตามเกณฑ์ในประเทศนั้น ๆ	3. ค่า T-score ระหว่าง -1.0 และ -2.5 ที่กระดูกสันหลังส่วนเอว คอกระดูกต้นขา กระดูกสะโพก หรือหนึ่งในสามของกระดูกเรเดียส ร่วมกับความเสี่ยงต่อการเกิดกระดูกสะโพกหักในช่วงเวลา 10 ปี ซึ่งประเมินโดย FRAX สำหรับประเทศไทย มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 3

หมายเหตุ: *FRAX: Fracture risk assessment tool จาก http://www.shef.ac.th/FRAX/tool.jsp

3. การตรวจมวลกาย (Body composition assessment)

นอกจากเครื่อง DXA จะใช้ตรวจความหนาแน่นของกระดูกได้แล้วยังสามารถตรวจมวลกาย (body composition assessment) ได้ด้วย ซึ่งในปัจจุบันวิธีที่ง่ายที่สุดในการประเมินมวลกาย คือ การใช้ดัชนีมวลกาย (body mass index, BMI) โดยสามารถคำนวณได้จากการนำน้ำหนัก (กิโลกรัม) หารด้วยส่วนสูงยกกำลังสอง (เมตร) โดยมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2)[22] โดยทางองค์การอนามัยโลกได้มีการแบ่งกลุ่มประชากรตาม BMI ดังตารางที่ 3 แต่การประเมินมวลของร่างกายจากดัชนีมวลกายดังกล่าวนั้นไม่สามารถบ่งบอกถึงปริมาณ กระดูก กล้ามเนื้อ หรือไขมันที่มีอยู่ในร่างกายได้อย่างแม่นยำ

ตารางที่ 3 การแบ่งกลุ่มประชากรตาม BMI ขององค์การอนามัยโลก[22]

การวินิจฉัย	BMI (kg/m^2)	การวินิจฉัย	BMI (kg/m^2)
Underweight	< 18.5	Obese class I	30.0-34.9
Normal weight	18.5-24.9	Obese class II	35.0-39.9
Pre-obese	25.0-29.9	Obese class III	≥ 40.0

การใช้ดัชนีมวลกายเพียงอย่างเดียวนั้นยังขาดความแม่นยำในการระบุปริมาณกล้ามเนื้อ และไขมันในร่างกาย การตรวจด้วยเครื่อง DXA เป็นหนึ่งในวิธีที่ถูกใช้อย่างแพร่หลายในการตรวจมวลร่างกายทางคลินิก เช่น ในโรคอ้วน เพื่อติดตามปริมาณไขมันในร่างกาย หรือในภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) เพื่อช่วยในการวินิจฉัยและติดตามปริมาณกล้ามเนื้อภายหลังการรักษา นอกจากนี้เครื่อง DXA สามารถนำมาใช้ตรวจในคนปกติเพื่อประเมินมวลไขมันและกล้ามเนื้อในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย[23] รวมถึงในวงการวิทยาศาสตร์การกีฬาเพื่อประเมินสมรรถภาพทางกาย และช่วยในการกำหนดโปรแกรมในการฝึกซ้อมของนักกีฬา [24]

ข้อบ่งชี้ของการตรวจมวลร่างกายด้วยเครื่อง DXA5

1. เพื่อประเมินการกระจายของไขมันในผู้ป่วยติดเชื้อ HIV ที่ได้รับยากลุ่ม anti-retroviral ซึ่งทำให้เกิดภาวะ lipoatrophy (เช่น ยา stavudine และยา zidovudine)

2. เพื่อประเมินมวลไขมันและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยโรคอ้วนที่มีน้ำหนักลดมากกว่าร้อยละ 10 หลังเข้ารับการรักษาด้วยการผ่าตัดกระเพาะ (bariatric surgery) การใช้ยารักษาโรคอ้วน การคุมอาหาร หรือการรักษาอื่น ๆ ที่มีเป้าหมายเพื่อการลดน้ำหนัก

3. เพื่อประเมินมวลไขมันและกล้ามเนื้อในผู้ป่วยที่มีภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง หรือมีสมรรถภาพทางกายต่ำ

ตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจมวลร่างกาย

การตรวจมวลร่างกายเป็นการสแกนทั้งร่างกายในทีเดียวเพื่อวิเคราะห์มวลกระดูก กล้ามเนื้อและไขมัน เพื่อให้การตรวจเป็นมาตรฐาน องค์กร ISCD (the international society for clinical densitometry) ได้มีการเสนอวิธีการจัดท่าในการตรวจ โดยให้ผู้เข้ารับการตรวจนอนหงาย แบมือโดยเอาฝ่ามือวางบนเครื่องตรวจ และให้แขนแยกออกจากลำตัวเล็กน้อย แขนเหยียดตรงหรือสามารถงอข้อศอกได้เล็กน้อย วางขาทั้งสองข้างเหยียดตรง และใช้สายรัดข้อเท้ารัดเพื่อลดการขยับขาขณะตรวจ หน้ามองตรง คางอยู่ในท่าปกติ [5]

การรายงานผลมวลร่างกาย

ภายหลังจากการตรวจมวลร่างกาย เครื่อง DXA จะรายงานผลออกมาเป็นปริมาณของมวลกระดูก (bone mineral content) มวลไขมัน (fat mass) มวลกล้ามเนื้อ (lean mass) และร้อยละของไขมันในร่างกาย นอกจากนี้ยังสามารถแจกแจงค่าต่าง ๆ ข้างต้นแบบเฉพาะส่วน เช่น ส่วนศีรษะ ส่วนขา ส่วนแขน ส่วนลำตัว ช่องท้อง หรือส่วนสะโพก เป็นต้น ไขมันในร่างกายโดยเฉพาะบริเวณช่องท้อง (visceral adipose tissue, VAT) สามารถตรวจได้จากเครื่อง DXA บอกถึงความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจและหลอดเลือด เพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคเบาหวานชนิดที่ 2[25] โรคตับอ่อนอักเสบเฉียบพลัน[26] โรคหลอดเลือดสมอง (stroke) โรคกล้ามเนื้อหัวใจตาย (myocardial infarction)[27] และความรุนแรงของการติดเชื้อโควิด 19[28] และข้อมูลที่ได้จากการตรวจด้วยเครื่อง DXA สามารถนำมาคำนวณหาดัชนีมวลไขมันในร่างกาย

(fat mass index, FMI) โดยนำมวลไขมันในหน่วยเป็นกิโลกรัม หารด้วยส่วนสูงในหน่วยเมตรยกกำลังสอง (kg/m^2) จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ดัชนีมวลไขมันในร่างกายเป็นปัจจัยทำนายความเปราะบางในผู้สูงอายุได้ดีกว่าดัชนีมวลกาย[29] โดยสามารถนำดัชนีมวลไขมันมาแบ่งกลุ่มประชากรได้ตามเพศ[30] ดังที่ระบุไว้ในตารางที่ 4

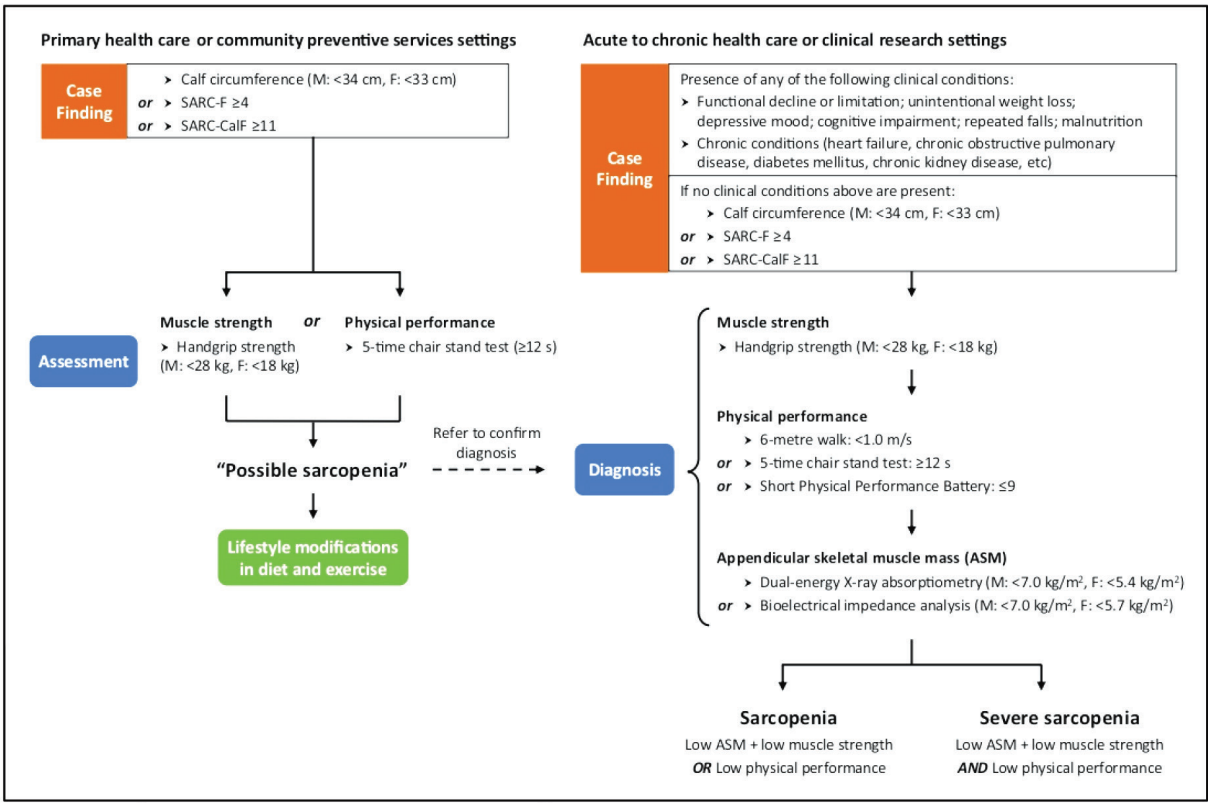
ตารางที่ 4 การแบ่งกลุ่มประชากรตามดัชนีมวลไขมัน (FMI) [30]

การวินิจฉัย	ดัชนีมวลไขมัน (kg/m^2)	
	ผู้ชาย	ผู้หญิง
Fat deficit	< 3.0	< 5.0
Normal	3.0-6.0	5.0-9.0
Excess fat	6.1-9.0	9.1-13.0
Obese class I	9.1-12.0	13.1-17.0
Obese class II	12.1-15.0	17.1-21.0
Obese class III	>15	>21

ในส่วนของปริมาณมวลกล้ามเนื้อที่ตรวจได้จากเครื่อง DXA สามารถนำมาใช้ร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ เพื่อช่วยในการวินิจฉัยภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) ในผู้ป่วยที่มีภาวะกล้ามเนื้ออ่อนแรง หรือมีสมรรถภาพทางกายต่ำ เพื่อนำไปสู่การรักษาอย่างเหมาะสม ตามเกณฑ์การวินิจฉัยของกลุ่ม Asian Working Group for Sarcopenia[31] ระบุว่าค่าที่เป็นจุดตัดที่เหมาะสมสำหรับการวินิจฉัยภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) โดยใช้เครื่อง DXA ในผู้ชายอยู่ที่น้อยกว่า 7.0 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2) และในผู้หญิงอยู่ที่น้อยกว่า 5.4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (kg/m^2) อย่างไรก็ตามการวินิจฉัยภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) จำเป็นต้องใช้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (muscle strength) และสมรรถภาพทางกาย (physical performance) ในการวินิจฉัยร่วมด้วยดังที่ระบุไว้ใน รูปที่ 1

สรุป

ในปัจจุบันเครื่อง DXA สามารถนำมาใช้ในการตรวจทั้งเรื่องของความหนาแน่นของกระดูก และมวลของร่างกายอย่างแพร่หลาย เนื่องจากไม่จำเป็นต้องเตรียมตัวยุ่งยาก สามารถตรวจได้รวดเร็ว ตัวเครื่องราคาไม่สูง และสามารถตรวจซ้ำได้ง่ายในผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน หรือผู้สูงอายุ มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคกระดูกพรุนมาก การตรวจความหนาแน่นของกระดูกจึงได้เข้ามามีบทบาทในการวินิจฉัย ซึ่งจะนำไปสู่การวางแผนการรักษาและป้องกันการเกิดโรคกระดูกพรุน เพื่อที่จะลดโอกาสการเกิดกระดูกหักจากอุบัติเหตุที่ไม่รุนแรง หรือภาวะแทรกซ้อนที่จะตามมาในอนาคต นอกจากนี้ยังสามารถติดตามค่าความหนาแน่นของกระดูกเพื่อดูการตอบสนองการรักษาโรคกระดูกพรุนได้ในด้านของการตรวจมวลร่างกาย เครื่อง DXA สามารถวัดปริมาณของมวลกล้ามเนื้อ และมวลไขมันภายในร่างกายได้ ซึ่งนำไปสู่การวินิจฉัยโรคอ้วน และภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย นอกจากนี้ปริมาณไขมันในร่างกาย โดยเฉพาะไขมันในช่องท้องที่สามารถเป็นปัจจัยทำนายถึงความเสี่ยงต่อการเป็นโรคต่าง ๆ อย่างไรก็ตามการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของกระดูกและมวลร่างกาย ในประเทศไทยนั้นเริ่มมีการวิจัยในเรื่องนี้เป็นจำนวนหนึ่งซึ่งยังไม่มากนัก จึงเป็นเรื่องน่าสนใจที่จะทำการค้นคว้าวิจัยต่อในอนาคต



รูปที่ 1 ลำดับขั้นตอนการวินิจฉัยภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (algorithm for sarcopenia) ตามเกณฑ์การวินิจฉัยของกลุ่ม Asian Working Group for Sarcopenia[31]

หมายเหตุ : M = man, F = femel, SARC-F = Strength, Assistance with walking, Rising from chair, Climbing stair and fall, ASM = Appendicular skeletal muscle mass

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คณาจารย์หน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ได้ให้ความรู้ด้านการตรวจความหนาแน่นของกระดูกและองค์ประกอบของมวลร่างกายด้วยเครื่อง DXA แก่ผู้เขียนเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

1. Branco BHM, Bernuci MP, Marques DC, Carvalho IZ, Barrero CAL, de Oliveira FM, et al. Proposal of a normative table for body fat percentages of Brazilian young adults through bioimpedanciometry. J Exerc Rehabil. 2018; 14: 974–9.
2. Krugh M, Langaker MD. Dual Energy X-ray absorptiometry. In: encyclopedia of sports medicine [Internet]. 2022 [cited 2022 Aug 30]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK519042/
3. Kohrt WM. Dual-Energy X-Ray absorptiometry: research issues and equipment. Washington (DC): National Academies Press (US); 1997 [cited 2022 Aug 30]. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK233779/

4. Lemos T, Gallagher D. Current body composition measurement techniques. Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes. 2017; 24: 310.
5. Shuhart CR, Yeap SS, Anderson PA, Jankowski LG, Lewiecki EM, Morse LR, et al. Executive summary of the 2019 ISCD position development conference on monitoring treatment, DXA cross-calibration and least significant change, spinal cord injury, peri-prosthetic and orthopedic bone health, transgender medicine, and pediatrics. J Clin Densitom. 2019; 22: 453–71.
6. Hart NH, Nimphius S, Rantalainen T, Ireland A, Siafarikas A, Newton RU. Mechanical basis of bone strength: influence of bone material, bone structure and muscle action. J Musculoskelet Neuronal Interact. 2017; 17: 114.
7. Taechakraichana N, Panyakhamlerd K, Angkawanich P, Limpaphayom K. Postmenopausal osteoporosis: what is the real magnitude of the problem in the Thai population? J Med Assoc Thai. 1998; 81: 397–401.
8. Pongchaiyakul C, Kosulwat V, Rojroongwasinkul N, Charoenkiatkul S, Chotmongkol R, Rajatanavin R. Bone mineral density in rural Thai adults living in Khon Kaen province. J Med Assoc Thai. 2002; 85: 234–44.
9. Limpaphayom KK, Taechakraichana N, Jaisamrarn U, Bunyavejchevin S, Chaikittisilpa S, Poshyachinda M, et al. Prevalence of osteopenia and osteoporosis in Thai women. Menopause. 2001; 8: 65–9.
10. Kanis JA, Borgstrom F, De Laet C, Johansson H, Johnell O, Jonsson B, et al. Assessment of fracture risk. Osteoporos Int. 2005; 16: 581–9.
11. Songpatanasilp T, Sritara C, Kittisomprayoonkul W, Chaiumnuay S, Nimitphong H, Charatcharoenwitthaya N, et al. Thai Osteoporosis Foundation (TOPF) position statements on management of osteoporosis. Osteoporos Sarcopenia. 2016; 2: 191–207.
12. Koh LKH, Ben Sedrine W, Torralba TP, Kung A, Fujiwara S, Chan SP, et al. A simple tool to identify Asian women at increased risk of osteoporosis. Osteoporos Int. 2001; 12: 699–705.
13. Pongchaiyakul C, Nguyen ND, Pongchaiyakul C, Nguyen TV. Development and validation of a new clinical risk index for prediction of osteoporosis in Thai women. J Med Assoc Thai. 2004; 87: 910–6.
14. Pongchaiyakul C, Panichkul S, Songpatanasilp T, Nguyen TV. A nomogram for predicting osteoporosis risk based on age, weight, and quantitative ultrasound measurement. Osteoporos Int. 2007; 18: 525–31.

15. Namwongprom S, Rojnastein S, Mangklabruks A, Soontrapa S, Wongboontan C, Ongphiphadhanakul B. Importance of ethnic base standard references for the diagnosis of osteoporosis in Thai women. J Clin Densitom. 2012; 15: 295–301.
16. Kanis JA, Johnell O, Oden A, Johansson H, McCloskey E. FRAX and the assessment of fracture probability in men and women from the UK. Osteoporos Int. 2008; 19: 385–97.
17. Kanis JA, Melton LJ, Christiansen C, Johnston CC, Khaltaev N. The diagnosis of osteoporosis. Journal of Bone and Mineral Research. 1994; 9: 1137–41.
18. Camacho PM, Petak SM, Binkley N, Diab DL, Eldeiry LS, Farooki A, et al. American association of clinical endocrinologists/ American college of endocrinology clinical practice guidelines for the diagnosis and treatment of postmenopausal osteoporosis-2020 update. Endocr Pract. 2020; 26: 1–46.
19. Siris ES, Adler R, Bilezikian J, Bolognese M, Dawson-Hughes B, Favus MJ, et al. The clinical diagnosis of osteoporosis: a position statement from the national bone health alliance working group. Osteoporos Int. 2014; 25: 1439–43.
20. Rurkyindee P, Jaidee W, Wongsuttilert A. Correlation between the individual LSC and the institute average LSC for serial bone mineral density assessments. Bu J Med. 2021; 8: 28–40. (in Thai)
21. Cosman F, de Beur SJ, LeBoff MS, Lewiecki EM, Tanner B, Randall S, et al. Clinician's guide to prevention and treatment of osteoporosis. Osteoporosis International. 2014; 25: 2359.
22. Nishida C, Barba C, Cavalli-Sforza T, Cutter J, Deurenberg P, Darnton-Hill I, et al. Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. Lancet. 2004; 363: 157–63.
23. Kutáč P, Bunc V, Sigmund M. Whole-body dual-energy X-ray absorptiometry demonstrates better reliability than segmental body composition analysis in college-aged students. PLoS One. 2019; 14: 1-15.
24. Colyer SL, Roberts SP, Robinson JB, Thompson D, Stokes KA, Bilzon JLJ, et al. Detecting meaningful body composition changes in athletes using dual-energy x-ray absorptiometry. Physiol Meas. 2016; 37: 596–609.
25. Gupta P, Lanca C, Gan ATL, Soh P, Thakur S, Tao Y, et al. The association between body composition using dual energy x-ray absorptiometry and type-2 diabetes: a systematic review and meta-analysis of observational studies. Sci Rep. 2019; 9: 12634.
26. Kuan LL, Dennison AR, Garcea G. Association of visceral adipose tissue on the incidence and severity of acute pancreatitis: a systematic review. Pancreatology. 2020; 20: 1056–61.

27. Ballin M, Nordström P, Niklasson J, Nordström A. Associations of visceral adipose tissue and skeletal muscle density with incident stroke, myocardial infarction, and all-cause mortality in community-dwelling 70-year-old individuals: a prospective cohort study. Journal of the American Heart Association: cardiovascular and cerebrovascular disease. 2021; 10: 20065.
28. Pranata R, Lim MA, Huang I, Yonas E, Henrina J, Vania R, et al. Visceral adiposity, subcutaneous adiposity, and severe coronavirus disease-2019 (COVID-19): Systematic review and meta-analysis. Clin Nutr ESPEN. 2021; 43: 163.
29. Merchant RA, Seetharaman S, Au L, Wong MWK, Wong BLL, Tan LF, et al. Relationship of fat mass index and fat free mass index with body mass index and association with function, cognition, and sarcopenia in pre-frail older adults. Front Endocrinol (Lausanne). 2021; 12: 765415.
30. Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual energy x-ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. PLoS One. 2009; 4: 7038.
31. Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, et al. Asian working group for sarcopenia: 2019 consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. J Am Med Dir Assoc. 2020; 21: 300-7.e2.