

บทความวิจัย (Research Article)

การใช้การประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างง่ายในการสะท้อนองค์ประกอบร่างกายผู้สูงอายุ

พัทธรวิภา โชคภูเขียว^{1,2}, พุทธิพงษ์ พลคำอัย^{1,2}, รุ่งนภา อินทรักษ์^{1,2}, ธนาพนธ์ สุกนวล^{2,3}, พิพัฒน์ อมตฉายา^{2,4}, ทิวาพร ทวีวรรณกิจ^{1,2}, จุฑฐศักดิ์ สมบูรณ์พร^{2,5} และ สุกัลยา อมตฉายา^{1,2*}

The use of simple muscle strength tests to reflect body compositions in elderly

Pakwipa Chokphukiao^{1,2}, Puttipong Poncumhak^{1,2}, Roongnapa Intarak^{1,2}, Thanat Sooknuan^{2,3}, Pipatana Amatachaya^{2,4}, Thiwabhorn Thaweewannakij^{1,2}, Charoonsak Somboonporn^{2,5} and Sugalya Amatachaya^{1,2*}

¹ School of Physical Therapy, Faculty of Associated Medical Sciences, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

² Improvement of Physical Performance and Quality of Life (IPQ) Research Group, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

³ School of Electrical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000

⁴ School of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Architecture, Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima 30000

⁵ Department of Radiology, Faculty of Medicine, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding to: samata@kku.ac.th

Naresuan Phayao J. 2020;14(1): 64-74.

Received: 2 October 2020; Revised: 4 January 2021; Accepted: 19 April 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ศึกษาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 3 วิธี (ประกอบด้วย การประเมินแรงบีบมือ การลุก-นั่ง 5 ครั้ง และแรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่านั่ง) กับองค์ประกอบร่างกายด้านต่างๆ (ประกอบด้วย มวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก และไขมันสะสมทั่วร่างกาย) ในผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 30 คน ที่มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้ง 3 วิธีตามลำดับโดยการสุ่ม ตามด้วยการนัดไปประเมินองค์ประกอบของร่างกายที่โรงพยาบาลภายใน 7 วัน วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแต่ละวิธีกับองค์ประกอบของร่างกายแต่ละอย่างโดยใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ตามการกระจายของผลการวิจัย ผลการศึกษาพบว่าแรงบีบมือมีความสัมพันธ์กับมวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูก ($r=0.585-0.699$, $p<0.001$) ผลการทดสอบลุก-นั่ง 5 ครั้ง มีความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันสะสมทั่วร่างกาย

¹ สาขากายภาพบำบัด คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

² กลุ่มวิจัยการพัฒนาความสามารถทางกายและคุณภาพชีวิต คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

³ สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา 30000

⁵ ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

($p=0.471$, $p=0.009$) ในขณะที่แรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่านั่งมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของร่างกายทั้ง 3 ด้าน ($r=0.597-0.762$, $p<0.001$) โดยองค์ประกอบของร่างกายทั้ง 3 อย่างนี้มีความสำคัญต่อการทำหน้าที่ด้านต่างๆ ของร่างกาย แต่การประเมินที่ต้องอาศัยเครื่องมือที่ซับซ้อนและมีราคาแพง ทำให้ขาดการประเมินและติดตามการเปลี่ยนแปลงเป็นระยะ ผลการศึกษานี้แนะนำให้ใช้การประเมินแรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่านั่งในการประเมินและติดตามการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายผู้สูงอายุอย่างง่าย

คำสำคัญ: มวลกล้ามเนื้อ, มวลกระดูก, การทดสอบยกตัว, แรงบีบมือ, ผู้สูงอายุ

Abstract

The study explored the correlation of three simple muscle strength tests (including grip strength test, five times sit-to-stand test, and upper limb loading during seated push-up test) and body compositions (including total skeletal muscle mass, bone mass, and fat mass) in 30 participants, aged 65 years and over. Participants were assessed using the three methods of muscle strength tests in a random order. Then, within 7 days, they were appointed to assess for their body compositions at a hospital. The correlation between outcomes of muscle strength tests and body compositions was analyzed using Pearson correlation coefficients and Spearman's correlation coefficient according to the data distribution. The findings indicated that grip strength test was significantly correlated with total muscle mass and bone mass ($r=0.585-0.699$, $p<0.001$). Five times sit-to-stand test significantly associated with the body fat mass ($p=0.471$, $p=0.009$), whereas the upper limb loading during seated push-up test was significantly related to all three body compositions ($r=0.597-0.762$, $p<0.001$). With their crucial roles for many bodily functions but the assessments for body compositions require a complex and costly machine, the present findings suggest the use of upper limb loading during a seated push-up test as a simple measure to assess and periodic monitor body compositions in elderly.

Keywords: Muscle mass, Bone mass, Push-up test, Grip strength, Older adult

บทนำ

องค์ประกอบของร่างกาย (body compositions) ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก และไขมันสะสม เป็นสิ่งที่สำคัญและจำเป็นต่อการทำหน้าที่ต่างๆ ของร่างกาย โดยมวลกล้ามเนื้อเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญในร่างกายซึ่งมีความสำคัญต่อการสร้างพลังงาน การออกแรง และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การทรงท่า การเคลื่อนไหวที่จำเป็นในการประกอบกิจวัตรประจำวัน และการพึ่งพาตนเอง การป้องกันโรค และการรักษาอุณหภูมิร่างกาย เป็นต้น [1-4] มวลกระดูกมีความสำคัญต่อความแข็งแรงของกระดูกในการป้องกันภาวะกระดูกพรุนและกระดูกหัก [2] มวลไขมันมีความสำคัญต่อการใช้พลังงาน การให้ความอบอุ่นร่างกาย และประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ [5] อย่างไร

ก็ตาม องค์ประกอบของร่างกายเหล่านี้มักเกิดการเสื่อมลงเนื่องจากสาเหตุต่างๆ รวมถึงอายุมากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อปริมาณมวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก รวมถึงปริมาณไขมันสะสมในร่างกาย [6] โดยเมื่ออายุมากขึ้นมวลกล้ามเนื้อจะเริ่มลดลง โดยในช่วงอายุประมาณ 40 ถึง 70 ปี มวลกล้ามเนื้อลายจะลดลงร้อยละ 8 ในทุกๆ สิบปี หลังจากนั้นมวลกล้ามเนื้อลายจะมีอัตราการลดลงเร็วขึ้นเป็นประมาณร้อยละ 15 ในทุกๆ สิบปี [7] ในขณะที่ปริมาณไขมันสะสมจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยไขมันสะสมระหว่างใยกล้ามเนื้อส่งผลกระทบต่อคุณภาพและประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ [8] ซึ่งมีความสำคัญต่อมวลกระดูกและความแข็งแรงของกระดูก [2, 9] ด้วยเหตุนี้ การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของร่างกายจึงเป็นสาเหตุสำคัญที่ส่งผล

ให้ผู้สูงอายุเป็นกลุ่มเปราะบางและเสี่ยงต่อการมีปัญหาด้านสุขภาพต่างๆ ที่ต้องพึ่งพาคือคนอื่น [4, 10-12]

อย่างไรก็ตาม การประเมินองค์ประกอบของร่างกายในปัจจุบันมักทำโดยใช้เครื่องมือที่ซับซ้อน มีราคาแพง ต้องทำในโรงพยาบาล โดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญ เช่น การประเมินด้วยเครื่อง Magnetic Resonance Imaging (MRI), Computerized Tomography Scan, Dual energy x-ray absorptiometry (DXA) และ Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) ทำให้การประเมินมักทำในผู้ที่มีความผิดปกติชัดเจน ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความรุนแรงของความผิดปกติและประสิทธิภาพในการจัดการและการฟื้นฟูความสามารถสำหรับผู้สูงอายุ [3, 12] ดังนั้น การหาแนวทางอย่างง่ายที่ช่วยสะท้อนการเปลี่ยนแปลงปริมาณองค์ประกอบร่างกายของผู้สูงอายุได้ตั้งแต่ระยะแรกๆ จึงมีความสำคัญในการส่งเสริมประสิทธิภาพการดูแลและการจัดการให้ดียิ่งขึ้น

ที่ผ่านมา มีรายงานความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ ปริมาณมวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูก [13-14] โดยการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างง่าย เช่น แรงบีบมือ (grip strength test) มีความสัมพันธ์กับปริมาณมวลกล้ามเนื้อในระดับปานกลาง ($r=0.490-0.555$, $p<0.01$) ในขณะที่การทดสอบลุก-นั่ง 5 ครั้ง ซึ่งสะท้อนความแข็งแรงของขา มีความสัมพันธ์กับมวลกล้ามเนื้อในระดับต่ำ ($r=-0.283$, $p<0.05$) ซึ่งการประเมินเหล่านี้เป็นการประเมินความแข็งแรงกล้ามเนื้ออย่างง่ายที่เป็นมาตรฐานสำหรับผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตาม การประเมินแรงบีบมือต้องอาศัยอุปกรณ์เฉพาะในการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อปลายแขน [15] ส่วนการประเมิน การทดสอบลุก-นั่ง 5 ครั้ง อาจจำกัดการประยุกต์ใช้ในผู้ที่มีปัญหาของขา ซึ่งเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในผู้สูงอายุ

จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา คณะผู้วิจัยพบการทดสอบยกตัวในท่านั่ง (seated push up test: PUT) ซึ่งต้องอาศัยกล้ามเนื้อแขนและลำตัวส่วนบนทำงานร่วมกันหลายมัดในการสร้างแรงกดลงบนพื้นหรือไม้ยกตัว (push up boards) ประมาณ

ร้อยละ 88 ของน้ำหนักตัว เพื่อดันลำตัวขึ้นจากพื้น [16] คณะผู้วิจัยคาดว่าความสามารถนี้อาจช่วยสะท้อนองค์ประกอบของร่างกายด้านต่างๆ ของผู้สูงอายุได้อย่างครอบคลุมและดีกว่าการทดสอบแรงบีบมือและการลุก-นั่ง

วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของผลการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 3 วิธี ได้แก่ แรงบีบมือ การลุก-นั่ง 5 ครั้ง และแรงกดจากแขนขณะยกตัว กับปริมาณองค์ประกอบของร่างกายด้านต่างๆ ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก และไขมันสะสมทั่วร่างกายที่ประเมินด้วยวิธีมาตรฐาน ในผู้สูงอายุจากชุมชนต่างๆ

วิธีวิทยาการวิจัย

รูปแบบการศึกษาและผู้เข้าร่วมการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยแบบภาคตัดขวาง ในผู้เข้าร่วมการวิจัยเพศชายและหญิงที่มีอายุตั้งแต่ 65 ปีขึ้นไป จากชุมชนต่างๆ และสามารถเดินได้เองโดยใช้หรือไม่ใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน และ/หรือต้องการความช่วยเหลือไม่เกินระดับเล็กน้อย (minimal assistance) [17] นอกจากนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องสามารถเข้าใจและทำตามคำสั่งของการทดสอบที่ใช้ในการวิจัยได้ โดยมีเกณฑ์การคัดออกประกอบด้วยการมีลักษณะหรือความผิดปกติต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อทดสอบที่ใช้ในการศึกษานี้ หรือการเข้าร่วมการวิจัยนี้อาจส่งผลกระทบต่อผู้เข้าร่วมการวิจัย เช่น 1) มีอาการปวดในส่วนต่างๆ ของร่างกายที่ส่งผลกระทบต่อความสามารถในการทำการทดสอบ โดยมีระดับความปวดที่ประเมินด้วย visual analog scale มากกว่า 5 คะแนนจากคะแนนเต็ม 10 คะแนน [18] 2) มีดัชนีมวลกายตั้งแต่ 30 กิโลกรัม/ตารางเมตรขึ้นไป 3) มีข้อห้ามในการรับรังสี 4) มีการผ่าตัดเปลี่ยนข้อ เช่น ข้อเข่า ข้อสะโพก หรือมีเหล็กตามข้อกระดูก 5) มีอาการหรือความผิดปกติที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่น โรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือด โรคเบาหวาน ภาวะความดันโลหิตสูง เหนื่อยหอบ แน่นหน้าอก วัณโรคปอด 6) มีปัญหาสุขภาพหรือได้รับยาที่ส่งผลกระทบต่อองค์ประกอบของร่างกาย เช่น ยาที่มีผลแทรกแซงระบบเผาผลาญของร่างกาย ยาที่มีผลต่อทางเดิน

อาหาร ยาที่ส่งผลให้เกิดความดันต่ำเมื่อเปลี่ยนท่าทาง และยาที่ส่งผลต่อระบบไหลเวียนเลือด [19] การศึกษานี้คำนวณขนาดตัวอย่างจากสูตรการหาความสัมพันธ์ [20] โดยกำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (power of test) ที่ร้อยละ 80 ค่าความคลาดเคลื่อนชนิดที่ 1 (alpha error) ที่ 0.05 และกำหนดระดับความสัมพันธ์ในระดับที่ 0.5 ซึ่งเป็นระดับยอมรับได้ [21] พบว่าการศึกษานี้ต้องการผู้เข้าร่วมการวิจัยอย่างน้อย 29 ราย

ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ฟังคำอธิบายวิธีการวิจัย และลงนามในแบบยินยอมการเข้าร่วมการวิจัยที่ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น (HE 622255)

วิธีการศึกษา

ผู้เข้าร่วมการวิจัยที่ผ่านเกณฑ์การคัดเข้าและยินดีเข้าร่วมการวิจัยได้รับการสัมภาษณ์ข้อมูลส่วนบุคคล ได้แก่ อายุ น้ำหนัก ส่วนสูง และสัญญาณชีพต่างๆ (ด้วยเครื่อง Microlife® รุ่น BP3AQ1-1P) จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการประเมิน ผลลัพธ์ต่างๆ ของการศึกษานี้ ประกอบด้วย ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ 3 วิธี ได้แก่ การประเมินแรงบีบมือ การลุก-นั่ง 5 ครั้ง และแรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่านั่ง ตามลำดับแบบสุ่มโดยการจับฉลาก จากนั้นผู้เข้าร่วมการวิจัยได้รับการนัดไปประเมินองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก และไขมันสะสมด้วย

เครื่อง DXA ที่โรงพยาบาลภายใน 7 วัน หลังจากการทดสอบข้างต้น รายละเอียดการประเมินต่างๆ มีดังนี้

1) การประเมินแรงบีบมือ (grip strength test)

การทดสอบนี้สะท้อนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขน โดยมีความเชื่อถือในระดับดีเยี่ยม (Intraclass Correlation Coefficient หรือ ICC=0.92-0.97) [22] ผลการทดสอบมีความสัมพันธ์กับปริมาณมวลกล้ามเนื้อทั่วร่างกายที่ประเมินด้วยเครื่อง BIA ในระดับปานกลาง ($r = 0.490$, $p=0.008$) [23] นอกจากนี้ผลการประเมินยังมีความสัมพันธ์กับความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และคุณภาพชีวิต [24-25] ดังนั้นการประเมินแรงบีบมือจึงนิยมใช้เพื่อประเมินภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) ในผู้สูงอายุ [11] วิธีการประเมินทำได้โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนเก้าอี้ขนาดมาตรฐานที่มีความสูง 43-46 เซนติเมตร หลังชิดพนักพิง วางเท้าราบกับพื้น วางแขนข้างที่ใช้ทดสอบบนที่พักแขน งอศอก 90 องศา มือกำบริเวณมือจับของเครื่องวัดแรงบีบมือ (Baseline® Hydraulic Hand Dynamometer) (รูป 1ก) ที่ปรับขนาดให้เหมาะสมกับมือของผู้เข้าร่วมการวิจัยแต่ละคน (รูป 1ข) [26] จากนั้นให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงบีบมือให้แรงที่สุดค้างไว้ 3 วินาที ทำการทดสอบทั้ง 2 ข้าง ข้างละ 2 ครั้ง และบันทึกค่าสูงสุดจากปริมาณแรงบีบมือทั้งหมดที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำได้ในหน่วยกิโลกรัม [27]

1ก



1ข



รูป 1 การประเมินแรงบีบมือ

ก เครื่องประเมินแรงบีบมือ (Baseline® Hydraulic Hand Dynamometers)

ข ท่าเริ่มต้นของการประเมินแรงบีบมือ

2) การลุก-นั่ง 5 ครั้ง

ผลการทดสอบนี้สะท้อนความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และการทรงตัวขณะเคลื่อนไหว ($r=-0.476$ to -0.568 , $p<0.001$) [28] มีความน่าเชื่อถือของการทดสอบในระดับดีเยี่ยม ($ICC= 0.95$, $95\%CI = 0.89-0.97$) [29] การประเมินนี้ทำโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนเก้าอี้ขนาดมาตรฐานที่มีความสูง 43 เซนติเมตร

หลังขีดพนักพิง พาดแขนทั้งสองข้างบนหน้าอก งอข้อสะโพก 90 องศา วางส้นเท้าหลังต่อข้อเข่าประมาณ 10 เซนติเมตร จากนั้น เมื่อได้ยินคำสั่ง “เริ่ม” ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยลุก-นั่ง 5 ครั้งให้เร็วที่สุดและปลอดภัย [28-29] ทำการทดสอบซ้ำ 3 รอบ และรายงานค่าเวลาเฉลี่ยที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยใช้ในการทดสอบในหน่วยวินาที (รูป 2)

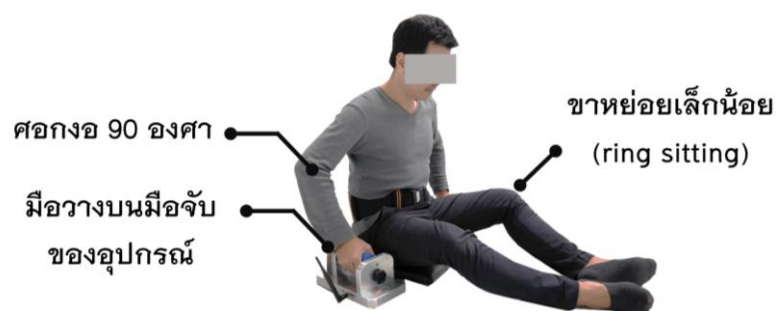


รูปที่ 2 การทดสอบลุก-นั่ง 5 ครั้ง

3) การประเมินปริมาณแรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่าหนึ่ง

การทดสอบนี้นิยมใช้ในการพัฒนาความสามารถในการเคลื่อนไหวในกลุ่มที่มีความบกพร่องด้านต่างๆ เช่น ผู้ป่วยบาดเจ็บไขสันหลัง ผู้ป่วยกระดูกขาหัก เป็นต้น [30] การประเมินนี้ทำโดยใช้อุปกรณ์วัดแรงกดจากแขนที่พัฒนาขึ้นจาก digital load cells ที่มีผลการสอบเทียบและมีความถูกต้องของการวัดในระดับ 0.1 กิโลกรัม โดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนั่งบนพื้นในท่าหย่อนขา

เล็กน้อย (ring sitting) มือวางบนมือจับของอุปกรณ์วัดแรงกดจากแขน (รูป 3) งอศอกประมาณ 90 องศา เมื่อได้ยินคำสั่ง “เริ่ม” ให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยออกแรงกดจากแขนเหยียดข้อศอก ดันตัวขึ้นจากพื้นพร้อมกับโน้มตัวไปด้านหน้าเพื่อให้การเคลื่อนไหวมีความมั่นคง จากนั้นค่อยๆ หย่อนข้อศอก วางตัวลงบนพื้น ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง บันทึกค่าเฉลี่ยปริมาณแรงกดสูงสุดที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยทำได้จากอุปกรณ์วัดแรงกดจากแขน ในหน่วยกิโลกรัม



รูป 3 ท่าเริ่มต้นของการประเมินปริมาณแรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่าหนึ่ง

4) การประเมินองค์ประกอบของร่างกาย

การศึกษานี้ประเมินประกอบของร่างกาย ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย มวลกระดูกทั่วร่างกาย และไขมันสะสมทั่วร่างกาย ด้วยเครื่องมือประเมินมาตรฐาน DXA ที่โรงพยาบาล โดยเครื่องมือนี้มีความน่าเชื่อถือในการประเมินปริมาณองค์ประกอบร่างกายในระดับดีเยี่ยม (ICC=0.997, $p<0.001$) และมีความ

ตรงกับการประเมินด้วยเครื่อง MRI ในระดับดีเยี่ยม ($r=0.94$, $p<0.001$) [31-32] การประเมินทำโดยให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยนอนหงายบนเตียงของอุปกรณ์ DXA ตั้งฝ่ามือและปลายเท้าขึ้น (รูป 4) เครื่อง DXA จะสแกนองค์ประกอบทั่วร่างกายโดยใช้เวลาประเมินประมาณ 10-15 นาที ผลการประเมินองค์ประกอบร่างกายด้านต่างๆ รายงานในหน่วยกิโลกรัม [33]



รูป 4 ทำเริ่มต้นสำหรับประเมินองค์ประกอบของร่างกายด้วยเครื่อง DXA

สถิติที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS Statistics (SPSS Statistic 17.0, IBM Corporation, 1 New Orchard Road Armonk, New York 10504-1722, USA, serial number: 5068054) โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาเพื่ออธิบายลักษณะของผู้เข้าร่วมการวิจัย ใช้สถิติ Shapiro-Wilk test เพื่อทดสอบการกระจายของผลการวิจัย และใช้สถิติสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) หรือ สถิติ Spearman's rank correlation coefficient เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ของการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างง่ายแบบต่างๆ ได้แก่ แรงบีบมือ การลุก-นั่ง 5 ครั้ง และแรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่านั่ง กับองค์ประกอบของ

ร่างกายแต่ละด้าน ตามการกระจายของผลการวิจัย กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p<0.05$

ผลการศึกษา

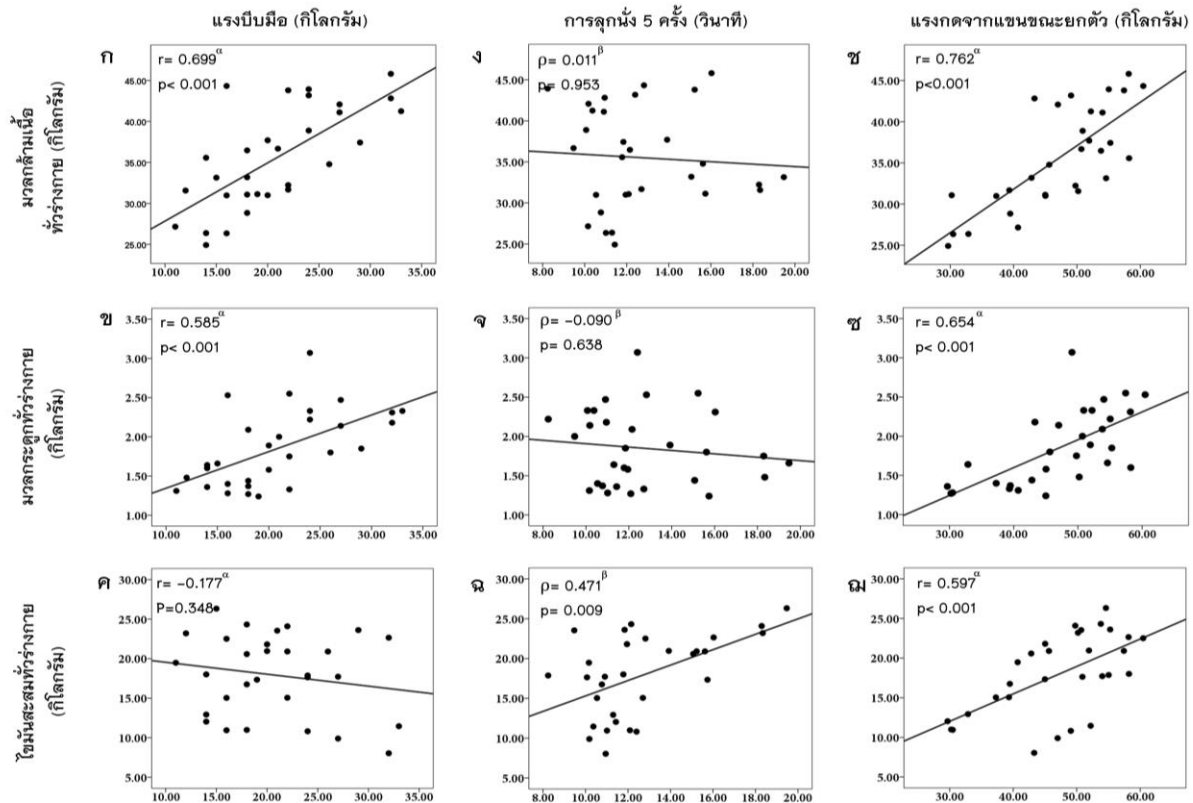
การศึกษานี้มีผู้เข้าร่วมการวิจัยเข้าร่วมการศึกษาทั้งหมด 30 คน มีอายุเฉลี่ยประมาณ 75 ปี โดยผู้เข้าร่วมการวิจัยส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง (จำนวน 20 คน หรือร้อยละ 67) ที่สามารถทำกิจวัตรประจำวันได้ดี (well-functioning elderly) เดินได้โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์หรือความช่วยเหลือจากภายนอก และมีค่าสัญญาณชีพต่างๆ ในเกณฑ์ปกติ ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมดสามารถทำการทดสอบยกตัว 1 ครั้งได้โดยไม่ต้องมีความผิดปกติเกิดขึ้นภายหลังการทดสอบ โดยข้อมูลการทดสอบด้านต่างๆ ดังแสดงในตาราง 1

ตารางที่ 1 ลักษณะผู้เข้าร่วมการวิจัยและผลการทดสอบในการศึกษานี้

ตัวแปร	ค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด-สูงสุด
อายุ (ปี)	74.93 $\pm$ 7.00	66.00 - 87.00
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	55.24 $\pm$ 8.59	37.70 - 69.90
ส่วนสูง (เมตร)	1.55 $\pm$ 0.09	1.38 - 1.74
ดัชนีมวลกาย (กิโลกรัม/ตารางเมตร)	23.05 $\pm$ 2.77	16.76 - 27.81
แรงบีบมือ (กิโลกรัม)	20.80 $\pm$ 6.04	11.00 - 33.00
การทดสอบลูก-นึ่ง 5 ครั้ง (วินาที)	12.69 $\pm$ 2.82	8.24 - 19.47
ปริมาณแรงกดจากแขนขณะยกตัว (กิโลกรัม)	47.02 $\pm$ 8.86	29.67 - 60.47
ปริมาณมวลกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย (กิโลกรัม)	35.52 $\pm$ 6.13	24.92 - 45.81
ปริมาณมวลกระดูกทั่วร่างกาย (กิโลกรัม)	1.85 $\pm$ 0.48	1.24 - 3.07
ปริมาณมวลไขมันทั่วร่างกาย (กิโลกรัม)	17.91 $\pm$ 5.14	8.04 - 26.32

ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแรงบีบมือมีความสัมพันธ์กับมวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูกทั่วร่างกายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.585 - 0.699$, $p < 0.001$ รูป 5 ก-ข) แต่ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณไขมันสะสมทั้งร่างกาย ส่วนระยะเวลาการลูก-นึ่ง 5 ครั้ง พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลางกับปริมาณไขมันสะสม

ทั่วร่างกาย ($p = 0.471$, $p = 0.009$) (รูป 5 ฉ) ในขณะที่ปริมาณแรงกดจากแขนขณะยกตัวมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของร่างกายทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ มวลกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย มวลกระดูกทั่วร่างกาย และไขมันสะสมทั่วร่างกาย ในระดับปานกลางถึงสูง ($r = 0.597 - 0.762$, $p < 0.001$ รูป 5 ช-ณ)



รูป 5 ความสัมพันธ์ระหว่างผลลัพธ์ของการประเมินความแข็งแรงของกล้ามเนื้ออย่างง่ายกับองค์ประกอบของกล้ามเนื้อ ประกอบด้วย มวลกล้ามเนื้อทั่วร่างกาย มวลกระดูกทั่วร่างกาย และไขมันสะสมทั่วร่างกาย

ก – ค การประเมินแรงบีบมือ

ง – ฅ การทดสอบลุก-นั่ง 5 ครั้ง

ข – ฉ แรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่านั่ง

หมายเหตุ: α วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สถิติ Pearson correlation coefficient

β วิเคราะห์ความสัมพันธ์โดยใช้สถิติ Spearman's rank correlation coefficient

สรุปผลและอภิปรายผล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาแบบภาคตัดขวาง เพื่อเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของการทดสอบความแข็งแรงอย่างง่าย 3 วิธี กับปริมาณองค์ประกอบของร่างกายด้วยวิธีมาตรฐานในผู้สูงอายุ ผลการศึกษาพบว่าปริมาณแรงบีบมือมีความสัมพันธ์ระดับปานกลางกับมวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูกทั่วร่างกาย (รูป 5 ก-ข) ส่วนระยะเวลาการลุก-นั่ง 5 ครั้ง พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญในระดับปานกลางกับปริมาณไขมันสะสมทั่วร่างกาย (รูป 5 ฅ) ในขณะที่แรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่านั่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับองค์ประกอบร่างกายทั้ง 3 ด้านในระดับปานกลางถึงสูง (รูป 5 ข-ฉ)

ผลการศึกษาที่พบสะท้อนลักษณะการทดสอบแต่ละอย่างและความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อ (closed-association of musculoskeletal system) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของร่างกาย กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงมวลกล้ามเนื้อ มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการสร้างแรงของกล้ามเนื้อและปริมาณมวลกระดูก [1, 14] โดยการเปลี่ยนแปลงมวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูกเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น การออกกำลังกาย อายุมาก โรค หรือความผิดปกติต่างๆ มักเกิดขึ้นทั่วร่างกาย (global physiological changes) [1, 14, 34-35] ด้วยเหตุนี้ ผลการทดสอบแรงบีบมือ และแรงกดแขนขณะยกตัวในท่านั่งซึ่งต้องอาศัยกล้ามเนื้อแขนและร่างกายส่วนบน

ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มกล้ามเนื้อกลุ่มหดตัวเร็ว (fast-twitch fiber) ซึ่งมีความทนทานต่ำ เกิดการล้าและเปลี่ยนแปลงได้ง่าย [34-35, 38] ในการสร้างแรง ทำให้พบความสัมพันธ์กับมวลกล้ามเนื้อลายของร่างกาย ($p < 0.001$ รูป 5ก และ ข)

นอกจากนี้ การทำงานและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อยังมีความสำคัญต่อการสร้างแรงกระทำกับกระดูกซึ่งส่งผลต่อการคงหรือเพิ่มปริมาณมวลกระดูก [1, 14] ด้วยเหตุนี้ ผลการทดสอบปริมาณแรงบีบมือและปริมาณแรงกดแขนขณะยกตัวจึงสะท้อนปริมาณมวลกระดูกทั่วร่างกาย ($p < 0.001$ รูป 5ข และ ข) อย่างไรก็ตาม การประเมินแรงกดแขนขณะยกตัวในท่านั่งมีความยากและซับซ้อนมากกว่าการประเมินแรงบีบมือเนื่องจากผู้เข้าร่วมการวิจัยต้องแบกรับน้ำหนักของร่างกายขณะทดสอบ ส่งผลให้ต้องใช้กล้ามเนื้อจำนวนมาก ทำให้พบความสัมพันธ์ที่สูงกว่า ($r = 0.762$, $p < 0.001$) ข้อมูลที่ได้จากแรงบีบมือ ($r = 0.699$, $p < 0.001$) นอกจากนี้ การแบกรับน้ำหนักร่างกายขณะทดสอบแรงกดแขนขณะยกตัวในท่านั่งยังส่งผลให้พบความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดสอบนี้กับปริมาณไขมันสะสมทั่วร่างกาย ($r = 0.597$, $p < 0.001$ รูป 5ฉ) ในขณะที่การทดสอบแรงบีบมือไม่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักร่างกายจึงไม่พบความสัมพันธ์กับปริมาณไขมันสะสมทั่วร่างกาย ($r = -0.177$, $p = 0.348$ รูป 5ค) ผลการศึกษาของแรงบีบมือที่พบในการศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Ingrova และคณะ [37] ที่พบความสัมพันธ์ระดับปานกลางระหว่างแรงบีบมือกับมวลกล้ามเนื้อและมวลกระดูก ($p = 0.39 - 0.52$, $p < 0.001$) แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างแรงบีบมือกับไขมันสะสมในผู้เข้าร่วมการวิจัยอายุ 18-35 ปี

ในทางตรงกันข้าม การลุก-นั่ง 5 ครั้ง เป็นการทดสอบที่ต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อช้า (slow-twitch fiber) ซึ่งทำงานได้ทนนาน ไม่ล้าง่าย และพบการเปลี่ยนแปลงได้ช้า ดังนั้น ผลการทดสอบลุก-นั่ง 5 ครั้ง ในผู้เข้าร่วมการวิจัยผู้สูงอายุที่มีความสามารถดีจึงอาจยังไม่พบการเสื่อมของกล้ามเนื้อขาที่ชัดเจน ทำให้ไม่พบความสัมพันธ์กับปริมาณมวลกล้ามเนื้อลายและมวลกระดูกทั่วร่างกาย (รูป 5ง-จ) ทั้งนี้ขณะทดสอบ

ลุก-นั่ง ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องแบกรับน้ำหนักร่างกาย ทำให้พบความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาที่ใช้ในการลุก-นั่ง 5 ครั้งกับมวลไขมันทั่วร่างกาย ($p = 0.471$, $p = 0.009$ รูป 5ฉ) ผลการศึกษาที่พบนี้สอดคล้องกับข้อมูลจากการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยที่มีภาวะอ้วนใช้เวลาในการทดสอบลุก-นั่ง 5 ครั้งนานกว่าผู้เข้าร่วมการวิจัยที่มีน้ำหนักตัวปกติ [36, 39]

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการทดสอบความแข็งแรงของกล้ามเนื้อทั้ง 3 แบบ พบว่าการทดสอบปริมาณแรงกดแขนขณะยกตัวในท่านั่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับองค์ประกอบร่างกายทั้ง 3 ด้าน ในระดับดีที่สูงสุด ($r = 0.597 - 0.762$, $p < 0.001$ รูป 5ข-ฉ) ข้อมูลที่พบนี้น่าจะสะท้อนลักษณะการทดสอบซึ่งอาศัยกล้ามเนื้อแกนและลำตัวส่วนบนหลายมัดทำงานร่วมกันเพื่อสร้างแรงกดแขนขณะยกตัวต้านต่อน้ำหนักของร่างกาย [40] ดังนั้น ผลการศึกษานี้จึงแนะนำประโยชน์ของการประเมินแรงกดจากแขนขณะยกตัวในท่านั่งในการสะท้อนมวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก และปริมาณไขมันสะสมของร่างกาย ซึ่งองค์ประกอบต่างๆ เหล่านี้มีความสำคัญต่อการทำหน้าที่ของร่างกาย โดยการทดสอบแรงกดแขนขณะยกตัวในท่านั่งอาจทำได้ง่ายๆ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักวางบนพื้นแข็ง

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษานี้ยังมีข้อจำกัดบางประการ ได้แก่ 1) ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้งหมดของการศึกษานี้เป็นผู้สูงอายุซึ่งมีความสามารถดี ผลการศึกษานี้จึงอาจจำกัดการประยุกต์ใช้กับผู้สูงอายุที่มีความสามารถต่ำ หรือมีปัญหาลักษณะ 2) การศึกษานี้ไม่ได้บันทึกข้อมูลการศึกษาและการออกกำลังกายของผู้เข้าร่วมการวิจัย ซึ่งอาจมีผลต่อความสามารถในการดูแลตนเองและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อและกระดูก 3) เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาแรกๆ เกี่ยวกับการยกตัวในผู้สูงอายุจำนวนไม่มาก ข้อมูลที่พบจึงไม่ได้วิเคราะห์แยกแยะระหว่างเพศชาย-หญิง ดังนั้น การศึกษาในอนาคตจึงควรทำการทดสอบในผู้เข้าร่วมการวิจัยกลุ่มเปราะบางที่มีปัญหาสุขภาพ โดยสอบถามข้อมูลการศึกษา และการออกกำลังกาย และวิเคราะห์ข้อมูลแยกเพศชายและหญิง รวมถึงศึกษาประโยชน์ด้านอื่นๆ ของการทดสอบยกตัวในท่านั่งเพื่อยืนยันประโยชน์ของการทดสอบนี้ทางคลินิกต่อไป

สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาสนับสนุนการใช้การประเมินปริมาณแรงกดแขนขณะยกตัวในท่านั่ง โดยการทดสอบนี้สามารถทำได้ง่ายในสถานที่ต่างๆ โดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักวางบนพื้นแข็ง เพื่อสะท้อนและติดตามการเปลี่ยนแปลงปริมาณองค์ประกอบของร่างกายด้านต่างๆ ประกอบด้วย ปริมาณมวลกล้ามเนื้อ มวลกระดูก และไขมันสะสมทั่วร่างกายของผู้สูงอายุ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับการสนับสนุนโครงการจาก ฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

1. Frontera WR, Ochala J. Skeletal muscle: a brief review of structure and function. *Calcif Tissue Int.* 2015 96(3), 183–95.
2. Kim KM, Jang HC, Lim S. Differences among skeletal muscle mass indices derived from height-, weight-, and body mass index-adjusted models in assessing sarcopenia. *Korean J Intern Med.* 2016; 31(4): 643-50.
3. Lee K, Shin Y, Huh J, Sung YS, Lee IS, Yoon KH, et al. Recent issues on body composition imaging for sarcopenia evaluation. *Korean J Radiol.* 2019; 20(2): 205-17.
4. Tsekoura M, Billis E, Gliatis J, Matzaroglou C, Koutsojannis C, Tsepis E, et al. Assessment of muscle mass in the elderly in clinical practice. *Athens Medical Society.* 2017; 34(6): 745-753.
5. Müller MJ, Baracos V, Bosy-Westphal A, Dulloo A, Eckel J. Functional body composition and related aspects in research on obesity and cachexia. *Obes Rev.* 2014; 15(8), 640–656.
6. St-Onge MP, Gallagher D. Body composition changes with aging: the cause or the result of alterations in metabolic rate and macronutrient oxidation?. *Nutrition.* 2010; 26(2),152–155.
7. Kim TN, Choi KM. Sarcopenia: definition, epidemiology, and pathophysiology. *J Bone Metab.* 2013; 20(1) :1-10.
8. Guerri S, Mercatelli D, Aparisi Gómez MP, Napoli A, Battista G, Guglielmi G, et al. Quantitative imaging techniques for the assessment of osteoporosis and sarcopenia. *Quant Imaging Med Surg.* 2018; 8(1): 60-85.
9. Yoon BH, Lee JK, Choi DS, Han SH. Prevalence and associated risk factors of sarcopenia in female patients with osteoporotic fracture. *J Bone Metab.* 2018;25 (1), 59-62.
10. Beaudart C, Rolland Y, Cruz-Jentoft AJ, Bauer JM, Sieber C, Cooper C, et al. Assessment of muscle function and physical performance in daily clinical practice: a position paper endorsed by the European society for Clinical and Economic Aspects of Osteoporosis, Osteoarthritis and Musculoskeletal Diseases (ESCEO). *Calcif Tissue Int.* 2019; 105(1): 1-14.
11. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing.* 2019; 48(1): 16-31.
12. Tramontano A, Veronese N, Sergi G, Manzato E, Rodriguez-Hurtado D, Maggi S, et al. Prevalence of sarcopenia and associated factors in the healthy older adults of the Peruvian Andes. *Arch Gerontol Geriatr.* 2017; 68: 49-54.
13. Sherk VD, Palmer IJ, Bemben MG, Bemben DA. Relationships between body composition,

- muscular strength, and bone mineral density in estrogen-deficient postmenopausal women. *J Clin Densitom.* 2009; 12(3): 292–8.
14. Verschueren S, Gielen E, O'Neill TW, Pye SR, Adams JE, Ward KA, et al. Sarcopenia and its relationship with bone mineral density in middle-aged and elderly European men. *Osteoporos Int.* 2013; 24(1): 87-98.
 15. Mehmet H, Yang AWH, Robinson SR. Measurement of hand grip strength in the elderly: A scoping review with recommendations. *J Bodyw Mov Ther.* 2019; 24(2020) 235-43.
 16. Siriyakul C, Kosura N. Possibility of using a seated push up test to determine skeletal muscle mass in older adults. [term paper of Bachelor of Science (Physical Therapy)]. Khon Kaen: faculty of associated medical sciences, Khon Kaen University; 2019.
 17. The Centers for Medicare & Medicaid Services. The inpatient rehabilitation facility-patient assessment instrument (IRF-PAI) training manual: effective 10/01/2014. [n.p.]; 2014.
 18. Srisim K, Saengsuwan J, Amatachaya S. Functional assessments for predicting a risk of multiple falls in independent ambulatory patients with spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2015; 38(4), 439-45.
 19. Su Y, Hirayama K, Han T-F, Izutsu M, Yuki M. Sarcopenia prevalence and risk factors among Japanese community dwelling older adults living in a snow-covered City according to EWGSOP2. *J Clin Med.* 2019; 8(3): 1-13.
 20. Chirawatkul A. Statistics for health science research. 3rd ed. Bangkok: Wittayapat; 2013.
 21. Bujang MA, Baharum N. Sample size guideline for correlation analysis. *World J Soc Sci Res.* 2016; 3(1): 37-46.
 22. Reuter SE, Massy-Westropp N, Evans AM. Reliability and validity of indices of hand-grip strength and endurance. *Aust Occup Ther J.* 2011; 58(2): 82-7.
 23. Kwon I, Kim JS, Shin CH, Park Y, Kim JH. Associations between skeletal muscle mass, grip strength, and physical and cognitive functions in elderly women: effect of exercise with resistive Theraband. *J Exerc Nutrition Biochem.* 2019; 23(3): 50-5.
 24. Alonso AC, Ribeiro SM, Luna NMS, Peterson MD, Bocalini DS, Serra MM, et al. Association between handgrip strength, balance, and knee flexion/extension strength in older adults. *PLOS ONE.* 2018; 13(6): e0198185.
 25. Wiraguna A, Setiati S. Correlation of handgrip strength with quality of life in elderly patients. *J Phys Conf. Ser* 2018; 1073: 042033.
 26. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, Patel HP, Syddall H, Cooper C, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: towards a standardised approach. *Age Ageing.* 2011;40 (4): 423-9.
 27. Vetrano DL, Landi F, Volpato S, Corsonello A, Meloni E, Bernabei R, et al. Association of sarcopenia with short- and long-term mortality in older adults admitted to acute care wards: results from the CRIME study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2014; 69(9): 1154-61.
 28. Bohannon RW, Bubela DJ, Magasi SR, Wang YC, Gershon RC. Sit-to-stand test: performance and determinants across the age-span. *Isokinet Exerc Sci.* 2010;18(4): 235-40.
 29. Goldberg A, Chavis M, Watkins J, Wilson T. The five-times-sit-to-stand test: validity, reliability and detectable change in older females. *Aging Clin Exp Res.* 2012; 24(4): 339-44.
 30. Short F, Winnick J. Test items and standards related to muscle strength and endurance on

- the brockport physical fitness test. *Adapt Phys Activ Q.* 2005; 22: 371-400.
31. Chen Z, Wang Z, Lohman T, Heymsfield SB, Outwater E, Nicholas JS, et al. Dual-Energy X-ray absorptiometry is a valid tool for assessing skeletal muscle mass in older women. *J Nutr.* 2007; 137(12): 2775-80.
 32. Moreira OC, Oliveira CEP de, De Paz JA. Dual energy X-ray absorptiometry (DXA) reliability and intraobserver reproducibility for segmental body composition measuring. *Nutr Hosp.* 2018; 35(2): 340-5.
 33. Lorente Ramos RM, Azpeitia Armán J, Arévalo Galeano N, Muñoz Hernández A, García Gómez JM, Gredilla Molinero J. Dual energy X-ray absorptiometry: fundamentals, methodology, and clinical applications. *Radiologia.* 2012; 54(5): 410-23.
 34. Scott W, Stevens J, Binder-Macleod SA. Human skeletal muscle fiber type classifications. *Phys Ther.* 2001; 81(11): 1810-6.
 35. Talbot J, Maves L. Skeletal muscle fiber type: using insights from muscle developmental biology to dissect targets for susceptibility and resistance to muscle disease. *Wiley Interdiscip Rev Dev Biol.* 2016; 5(4): 518-34.
 36. Eksakulkla S, Siriphorn A, Chamonchant D. Five-times-sit-to-stand test time in adults with normal weight, overweight and obesity. *Thai Journal of Physical Therapy.* 2018; 40(3): 95-103.
 37. Ingrová P, Králík M, Bártová V. Relationships between the hand grip strength and body composition in Czech and Slovak students. *Slov Antropol.* 2017; 20(1): 30-43.
 38. Dahmane R, Djordjevic S, Simunic B, Valencic V. Spatial fiber type distribution in normal human muscle Histochemical and tensiomyographical evaluation. *J Biomech.* 2005; 38(12): 2451–9.
 39. Bohannona RW, Shovea ME, Barrecab SR, Mastersd LM, Sigouinc CS. Five-repetition sit-to-stand test performance by community-dwelling adults: a preliminary investigation of times, determinants, and relationship with self-reported physical performance. *IES.* 2007; 15(2007): 77–81.
 40. Kotani Y, Tokuhiko A. Kinesiological study of the push-up motion in spinal cord injury patients: involving measurement of hand pressure applied to a force plate. *Acta Med Okayama.* 2002; 56(2): 75-82.