

Academic article

การออกกำลังกายและการฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกายเพื่อสร้างเสริมสมรรถภาพ  
ทางกายในผู้สูงอายุ

Whole-Body Vibration Exercises and Training for Improving Physical  
Fitness in the Elderly

เมธี จินะโกฏิ อัจฉริยา กสิยะพัท\*

Metee Jinakote Atchareeya Kasiyaphat\*

โรงเรียนวิทยาศาสตร์การเคลื่อนไหวและสุขภาพ คณะเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์สุขภาพ  
วิทยาลัยวิทยาศาสตร์การแพทย์เจ้าฟ้าจุฬาภรณ์ ราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์  
School of Human Kinetics and Health, Faculty of Health Science Technology,  
HRH Princess Chulabhorn College of Medical Science,  
Chulabhorn Royal Academy

\*Corresponding author, e-mail : atchareeya.kas@cra.ac.th

Received: 18 April 2022; Revised: 22 June 2023; Accepted: 23 June 2023

บทคัดย่อ

กิจกรรมทางกายมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างเสริมสุขภาพในผู้สูงอายุ เพื่อชะลอการเสื่อมถอยของระบบต่างๆในร่างกาย การออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกายเป็นที่นิยมมากขึ้น และถูกนำมาใช้ในกลุ่มคนในหลากหลายสถานะ ทั้งในกลุ่มคนปกติ นักกีฬา และในผู้ป่วยกลุ่มโรคต่างๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ เพิ่มความเร็วในการเดิน กระตุ้นการสะสมของแร่ธาตุในกระดูก ลดอาการปวด ลดปัจจัยเสี่ยงต่อการล้ม โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า การออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกายส่งผลต่อการตอบสนองในระยะเฉียบพลันของผู้สูงอายุ ได้แก่ ลดอาการปวดตามร่างกาย เพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกายในผู้สูงอายุที่มีภาวะเมแทบอลิกซินโดรม รวมถึงเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือดบริเวณหลังเท้าและระดับการรับรู้แรงสั่นสะเทือนบริเวณฝ่าเท้า อาการปวดข้อเข่าลดลง ความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้นและความยืดหยุ่นของร่างกายเพิ่มขึ้นในผู้สูงอายุที่มีภาวะข้อเข่าอักเสบด้วยเช่นกัน ในการศึกษาผลของการฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกายต่อการตอบสนองในระยะยาวพบว่า ผู้สูงอายุมีสมรรถภาพทางกายโดยรวมดีขึ้น จึงเป็นที่น่าสนใจในการนำโปรแกรมการฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการส่งเสริมสุขภาพในผู้สูงอายุ ซึ่งในบทความนี้ได้รวบรวมการศึกษาในเรื่องดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ให้เหมาะสมกับกลุ่มผู้สูงอายุต่อไป

**คำสำคัญ:** กิจกรรมทางกาย, การออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย, การฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย, ผู้สูงอายุ, สมรรถภาพทางกาย

Abstract

Physical activity plays a pivotal role in promoting health among older adults by delaying the deterioration of body functions. Whole-body vibration exercises (WBVEs) have gained popularity and are widely used to improve muscle strength, gait speed, bone mineral

density, reduce pain, and lower the risk of falls in the general population, athletes, and individuals with medical conditions. Previous studies have shown that acute effects of WBVEs can reduce pain symptoms and increase flexibility in the elderly with metabolic syndrome. Furthermore, improvements in peripheral blood circulation in the foot, vibration perception on the sole of the foot, management of knee pain, gait speed, and flexibility were observed in the elderly with knee osteoarthritis. Whole-body vibration training (WBVT) has also shown beneficial effects on overall physical fitness in the aging population. Therefore, incorporating WBVEs as part of an exercise program for health promotion in this population is of interest. This review aims to collect previous studies on WBVEs and WBVT in the elderly.

**Keywords:** Physical activity, Whole-body vibration exercises, Whole-body vibration training, Elderly, Physical Fitness

## บทนำ (Introduction)

กิจกรรมทางกาย (physical activity) เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยชะลอความเสื่อมถอยของระบบการทำงานของร่างกายในผู้สูงอายุ ซึ่งลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคและการเสียชีวิตจากกลุ่มโรคเหล่านั้น เช่น โรคหัวใจและหลอดเลือด โรคกระดูกพรุน โรคข้อและระบบทางเดินหายใจ นอกจากนี้ ผู้สูงอายุบางรายอาจมีความแปรปรวนทางด้านอารมณ์และจิตใจอันเป็นสาเหตุทำให้มีกิจกรรมทางกายลดลงหรือมีพฤติกรรมเนือยนิ่ง (sedentary behavior) เพิ่มขึ้น<sup>1</sup>

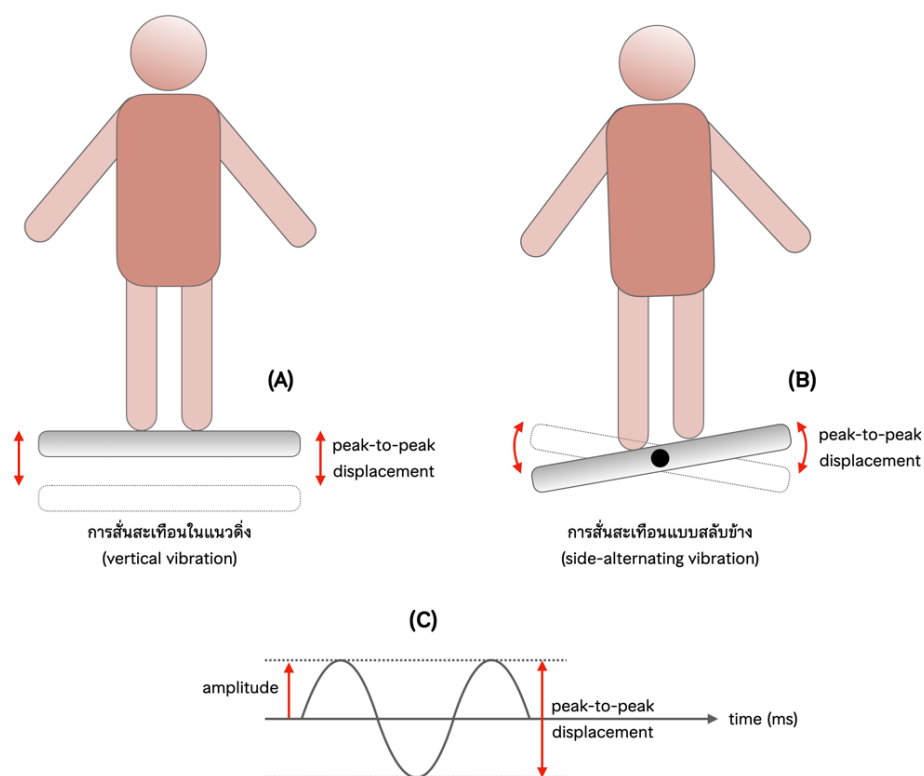
การออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (whole-body vibration exercises; WBVEs) เป็นที่แพร่หลายมากขึ้นในปัจจุบัน หากเทียบผลของการออกกำลังกายในแต่ละครั้งกับการออกกำลังกาย/การฝึกเพื่อเพิ่มความแข็งแรงอื่นๆ เช่น bodyweight exercise free-weight exercise หรือ circuit weight training จะพบว่า WBVEs ใช้เวลาน้อยกว่า และสามารถกระตุ้นการหดตัวของกล้ามเนื้อได้ดี โดย WBVEs ถูกนำมาใช้ในกลุ่มคนปกติที่มีสุขภาพดี ในนักกีฬา และในผู้ป่วยในกลุ่มโรคต่างๆ โดยหวังผล

ในเรื่องการสร้างความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การเพิ่มประสิทธิภาพการเดิน การกระตุ้นการสะสมของแร่ธาตุในกระดูก การลดปวด การลดปัจจัยเสี่ยงต่อการล้ม<sup>2</sup> ในบทความนี้จะกล่าวถึงการศึกษาที่ให้โปรแกรม WBVEs และการฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (whole-body vibration training; WBVT) ในผู้สูงอายุต่อผลทางสรีรวิทยาและผลการเปลี่ยนแปลงสมรรถภาพทางกายที่เกิดขึ้น ทั้งนี้ งานวิจัยที่อ้างอิงในบทความนี้หากกล่าวถึง WBVEs จะเป็นการศึกษาผลในระยะเฉียบพลัน เพื่อการตอบสนองของร่างกายที่เกิดขึ้นจากการออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย ในขณะที่ WBVT จะเป็นการศึกษาผลของการฝึก ซึ่งอาจใช้รูปแบบการออกกำลังกายรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง โดยหวังผลในระยะยาวหรือการปรับตัวของร่างกายต่อการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมหรือนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

## การสั่นสะเทือน (vibration)

การสั่นสะเทือนถูกนำมาใช้เพื่อการออกกำลังกาย โดยอาศัยการทำงานของเครื่องสร้างแรงสั่นสะเทือนบริเวณฐานรองรับน้ำหนัก (vibration platform) โดยการสั่นสะเทือนดังกล่าวมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้แก่ 1) ความถี่ของการสั่นสะเทือนมีหน่วยเป็นรอบต่อวินาที (hertz, Hz) 2) ความสูงในการกระดกของฐานรองรับน้ำหนักจากแนวระนาบขณะพักหรือเรียกว่า แอมพลิจูด (amplitude, A) มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm) ในบางการศึกษาจะรายงานค่าความสูงของการเคลื่อนของฐานรองรับน้ำหนักจากจุดต่ำสุดไปยังจุดสูงสุด เรียกว่า peak-to-peak displacement มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร (mm) ซึ่งมีค่าเป็น 2 เท่าของ amplitude 3) ค่าความเร่งในการสั่นสะเทือน (G-force) มีหน่วยเป็นจำนวนเท่าของค่าแรงโน้มถ่วงโลก ( $g$ )

โดยทั่วไปลักษณะการสร้างแรงสั่นสะเทือนบริเวณฐานรองรับน้ำหนักจะแบ่งเป็น 2 ชนิดหลักๆ ได้แก่ 1) การขยับของฐานรองรับน้ำหนักในแนวตั้งทำให้เกิดการสั่นสะเทือนในแนวตั้ง (vertical vibration) 2) การขยับของฐานรองรับน้ำหนักสลับขึ้น-ลง ข้างซ้ายและขวาของจุดหมุนทำให้เกิดการสั่นสะเทือนแบบสลับข้าง (side-alternating vibration) (รูปภาพที่ 1) ซึ่งเครื่องสั่นสะเทือนที่ใช้สำหรับการออกกำลังกายสามารถปรับเปลี่ยนความถี่ แอมพลิจูดและ G-force แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้ผลิต<sup>3</sup>

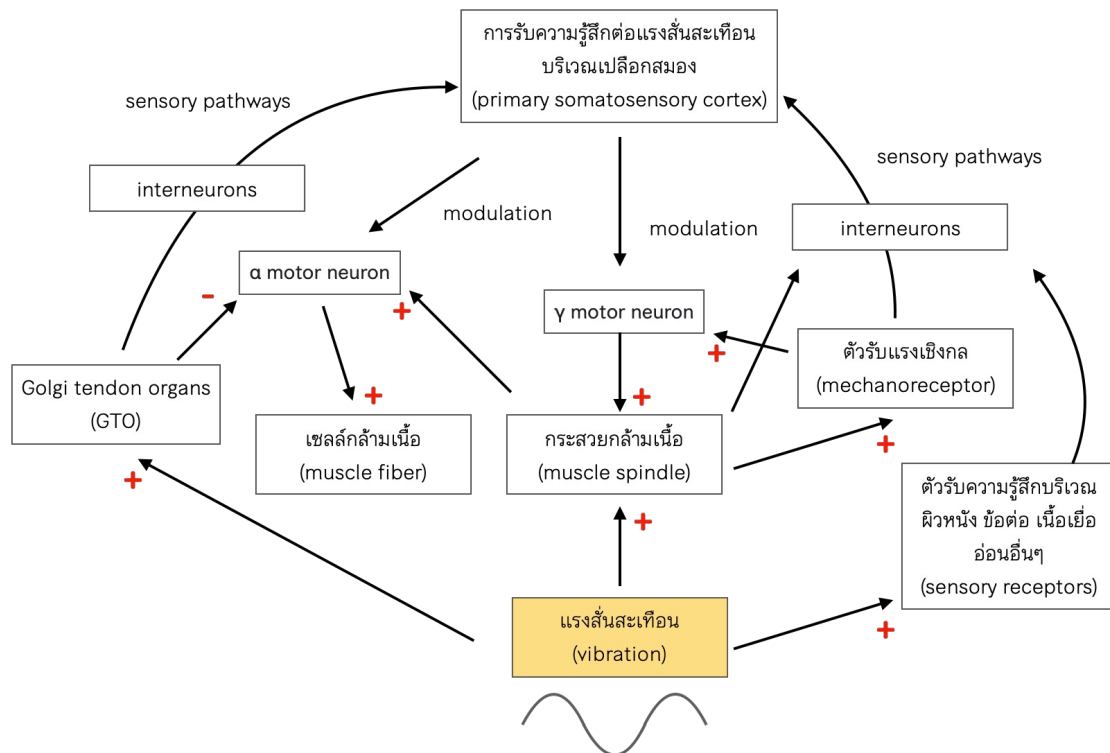


**รูปภาพที่ 1** แสดงชนิดของการสั่นสะเทือนของฐานรองรับน้ำหนักและตัวแปรที่เกี่ยวข้อง (A) vertical vibration (B) side-alternating vibration (C) แอมพลิจูดและ peak-to-peak displacement (ดัดแปลงจาก Cardinale และ Wakeling, 2005)<sup>3</sup>

### กลไกการตอบสนองของระบบโครงร่างและกล้ามเนื้อต่อการสั่นสะเทือน (musculoskeletal response to vibration)

แรงสั่นสะเทือนจากภายนอกเป็นตัวกระตุ้นเชิงกล (mechanical stimulus) ไปยังกล้ามเนื้ออย่างทำให้เซลล์กล้ามเนื้อเกิดการหดตัวผ่านกลไก tonic vibration reflex (TVR) (รูปภาพที่ 2) ซึ่งเป็นการกระตุ้นการทำงานของ  $\alpha$  motor neuron ในไขสันหลัง เป็นผลของการสั่นสะเทือนต่อกระดูกกล้ามเนื้อ (muscle spindles) ภายในโครงสร้างของกล้ามเนื้อ ในขณะเดียวกันยังกระตุ้นการทำงานของ  $\gamma$  motor neuron ในไขสันหลังทำให้เกิดการหดตัวของ muscle spindles ร่วมด้วย นอกจากนี้แรงสั่นสะเทือนยังส่งผลถึงโครงสร้างโดยรอบ ได้แก่ Golgi tendon organs (GTO) บริเวณรอยต่อระหว่างกล้ามเนื้อกับเอ็นยึดกล้ามเนื้อ กับกระดูก ตัวรับความรู้สึก (sensory receptors) บริเวณผิวหนัง และเนื้อเยื่ออ่อนอื่นๆ เพื่อตอบสนองต่อการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้น<sup>4, 5</sup>

ในขณะเดียวกันการสั่นสะเทือนจะส่งแรงกระทำไปยังกระดูก ซึ่งพบว่าสามารถกระตุ้นการสะสมของแร่ธาตุในกระดูก โดยมีกลไกทางสรีรวิทยาผ่านการยับยั้ง receptor activator of nuclear factor  $\kappa$ B ligand (RANKL) และกระตุ้น osteoprotegerin (OPG) โดยในภาพรวมของกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในกระดูกจะทำให้มวลกระดูกเพิ่มขึ้นหรือชะลอไม่ให้เกิดการสูญเสียมวลกระดูก ทั้งนี้ขึ้นกับความหนักของโปรแกรมออกกำลังกาย<sup>4</sup>



**รูปภาพที่ 2** แสดงกลไกการตอบสนองของกล้ามเนื้อต่อการสั่นสะเทือน ผ่านกลไก tonic vibration reflex และการรับรู้การสั่นสะเทือน

## การออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (whole-body vibration exercises; WBVEs)

ในช่วงเริ่มต้น WBVEs ถูกพัฒนาและนำมาใช้กับนักบินอวกาศ เพื่อชะลอหรือฟื้นฟูการสูญเสียมวลกล้ามเนื้อและกระดูกจากการทำงานภายใต้สภาวะไร้น้ำหนัก ต่อมา WBVEs ถูกพัฒนาและนำมาใช้ในกลุ่มคนทั่วไปและในผู้ป่วยมากขึ้น โดยผลของการสั่นสะเทือนจะกระตุ้นการทำงานของระบบประสาทกล้ามเนื้อ การทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ ระบบหัวใจและหลอดเลือด เพื่อหวังผลในเรื่อง ความแข็งแรงและกำลังกล้ามเนื้อ ความยืดหยุ่นของระบบกล้ามเนื้อและกระดูก ความเร็วในการก้าว การสะสมของแร่ธาตุในกระดูก การไหลเวียนโลหิต การเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาสมดุกลการทรงท่า การเรียนรู้และความจำ การลดปวด และการลดความเสี่ยงต่อการล้ม นอกจากนี้ WBVEs ยังถูกนำมาใช้ในกลุ่มผู้ป่วยเช่น โรคอ้วน ผู้ที่มีภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย โรคทางเมแทบอลิก โรคกระดูกพรุน โรคข้ออักเสบ โรคปวดอุ้งคันทึบเรื้อรังและในเด็กสมองพิการ รวมถึงเป็นแนวทางในการฟื้นฟูสมรรถภาพในโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 ด้วยเช่นกัน<sup>6,7</sup>

จากการศึกษาในระยะเฉียบพลันที่ผ่านมามีพบว่า WBVEs ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพทางกายในหลายด้านในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี ได้แก่ WBVEs สามารถเพิ่มแรงในการหดตัวของกล้ามเนื้อ<sup>8</sup> เพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกายและให้ผลคงค้างไม่น้อยกว่า 15 นาที<sup>9</sup> เพิ่มการทำงานของกล้ามเนื้อบริเวณลำตัวและแกนกลางจากการตรวจวัดด้วยคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแบบภายนอก (surface electromyography; sEMG)<sup>10</sup> เพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อบริเวณหลังกลุ่ม extensors<sup>11</sup> เพิ่มความเร็วในการเคลื่อนไหวของเท้า<sup>12</sup> เพิ่มกำลังกล้ามเนื้อและประสิทธิภาพในการวิ่ง<sup>13</sup> (ตารางที่ 1)

ในผู้สูงอายุที่มีสุขภาพดี โปรแกรม WBVEs สามารถเพิ่มอัตราการไหลเวียนเลือดบริเวณหลังเท้าและระดับการรับรู้แรงสั่นสะเทือนบริเวณฝ่าเท้า<sup>14</sup> นอกจากนี้ ในผู้สูงอายุที่มีภาวะ metabolic syndrome โปรแกรม WBVEs ที่ความถี่ต่ำ สามารถลดอาการปวดตามร่างกาย เพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกายในผู้สูงอายุ<sup>15</sup> สามารถลดอาการปวดเข่า เพิ่มความเร็วในการเดินและความยืดหยุ่นของร่างกายในผู้สูงอายุที่มีภาวะข้อเข่าอักเสบ<sup>16</sup> อย่างไรก็ตาม ผลของ WBVEs ในระยะเฉียบพลันไม่ส่งผลเปลี่ยนแปลงสมดุกลการทรงท่าให้ดีขึ้นในผู้สูงอายุ<sup>14,17</sup> (ตารางที่ 2) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงการให้โปรแกรมในรูปแบบต่างๆ และการฝึกในระยะยาวเพิ่มเติมในกลุ่มผู้สูงอายุ

**ตารางที่ 1** แสดงผลเฉียบพลันของการให้โปรแกรม WBVEs ในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี

| ข้อมูลอาสาสมัครและโปรแกรม WBVEs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ผลการศึกษา                                          | อ้างอิง |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------|
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=16 อายุ ระหว่าง 19-33 ปี</p> <p>กลุ่มการศึกษา</p> <p>Trained subjects (ชาย n=8) มีการฝึก strength training เป็นประจำ</p> <p>Untrained subjects (ชาย n=5, หญิง n=3) ไม่ได้ฝึก strength training ในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา</p> <p>f = 50 Hz, A = 3 mm</p> <p>ขณะทดสอบ 1-repetition maximum (1-RM)</p> <p>*ไม่ได้ระบุชนิดของการสั่นสะเทือน</p> | 1-RM เพิ่มขึ้น                                      | (8)     |
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=25 เพศหญิงที่มีสุขภาพดี ออกกำลังกาย 2-3 ครั้ง/สัปดาห์ แต่ไม่เคยออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือน อายุเฉลี่ย <math>20.5 \pm 1.7</math> ปี</p> <p>Side-alternating vibration</p> <p>f = 25 Hz, A = 4/6/8 mm</p> <p>ระยะเวลา 6 นาที</p>                                                                                                          | ความยืดหยุ่นของร่างกายเพิ่มขึ้น                     | (9)     |
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=18 เพศหญิงที่มีสุขภาพดี ออกกำลังกาย 2-3 ครั้ง/สัปดาห์ แต่ไม่เคยออกกำลังกายด้วยการสั่นสะเทือน อายุเฉลี่ย <math>20.2 \pm 2.0</math> ปี</p> <p>Side-alternating vibration</p> <p>f = 15/20/30 Hz</p> <p>A = 6 mm ระยะเวลา 6 นาที</p>                                                                                                         | ความยืดหยุ่นของร่างกายเพิ่มขึ้น                     | (9)     |
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=25 (ชาย n=17) ไม่มีอาการปวดหลัง อายุเฉลี่ย <math>24.7 \pm 3.0</math> ปี</p> <p>Vertical vibration</p> <p>f = 30 Hz, A = 4 mm ร่วมกับการออกกำลังกายกล้ามเนื้อบริเวณลำตัวและแกนกลาง</p>                                                                                                                                                     | การทำงานของกล้ามเนื้อบริเวณลำตัวและแกนกลางเพิ่มขึ้น | (10)    |
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=30 (ชาย n=15, หญิง n=15) มีสุขภาพดี อายุเฉลี่ย <math>26.8 \pm 3.7</math> ปี</p> <p>Vertical vibration</p> <p>f = 20 Hz, A = 1.54 mm</p> <p>ระยะเวลา 4 นาที</p>                                                                                                                                                                            | ความแข็งแรงของ trunk extensor เพิ่มขึ้น             | (11)    |

| ข้อมูลอาสาสมัครและโปรแกรม WBVEs                                                                                                                                                                                                                                                 | ผลการศึกษา                                      | อ้างอิง |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------|
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=20 เพศชาย มีสุขภาพดี ออกกำลังกายเป็นประจำ อายุเฉลี่ย <math>22 \pm 3</math> ปี</p> <p>Vertical vibration<br/> <math>f = 35 \text{ Hz}</math>, <math>A = 4 \text{ mm}</math> 1 นาที รวมกับ general warm-up</p>                                                 | ความเร็วในการเคลื่อนไหวของเท้าเพิ่มขึ้น         | (12)    |
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=22 เพศชาย มีสุขภาพดี เคยวิ่งบนลู่วิ่งไฟฟ้า ไม่มีการบาดเจ็บ ของรยางค์ขาในช่วง 6 เดือนที่ผ่านมา อายุเฉลี่ย <math>22 \pm 2</math> ปี</p> <p>Vertical vibration<br/> <math>f = 50 \text{ Hz}</math>, <math>A = 2 \text{ mm}</math><br/> รวมกับ dynamic squat</p> | กำลังกล้ามเนื้อและประสิทธิภาพในการวิ่งเพิ่มขึ้น | (13)    |
| $f = \text{frequency}$ , $A = \text{amplitude}$                                                                                                                                                                                                                                 |                                                 |         |

**ตารางที่ 2** แสดงผลเฉียบพลันของการให้โปรแกรม WBVEs ในผู้สูงอายุ

| ข้อมูลอาสาสมัครและโปรแกรม WBVEs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ผลการศึกษา                                                                                                                                        | อ้างอิง |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=30 (ชาย n=15 อายุเฉลี่ย 73.1 ปี, หญิง n=15 อายุเฉลี่ย 71.2 ปี) ไม่เป็นโรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูงที่ไม่ได้รับการรักษา ไม่มีโรคในร่างกาย</p> <p>Side-alternating vibration<br/> <math>f = 15/20/25 \text{ Hz}</math>,<br/> <math>A = 2 \text{ mm}</math> ระยะเวลา<br/> 1 นาที/เซต x 3 เซต ช่วงพักระหว่างเซต 1 นาที</p>       | อัตราการไหลเวียนเลือดบริเวณหลังเท้า และระดับการรับรู้แรงสั่นสะเทือนบริเวณฝ่าเท้าเพิ่มขึ้นตามความถี่<br>*ไม่มีผลเปลี่ยนแปลงการควบคุมสมดุลการทรงท่า | (14)    |
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=44 มีภาวะ metabolic syndrome (กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกาย n=15 อายุเฉลี่ย 58.2 ปี, กลุ่ม WBVEs n=29 อายุเฉลี่ย 61.1 ปี)</p> <p>Side-alternating vibration<br/> <math>f = 5 \text{ Hz}</math><br/> <math>A = 1.25/2.5/3.75 \text{ mm}</math><br/> ระยะเวลา 1 นาที/เซต x 3 เซตต่อ amplitude โดยระยะพักระหว่างเซต 1 นาที</p> | อาการปวดตามร่างกายลดลง<br>ความยืดหยุ่นของร่างกายเพิ่มขึ้น                                                                                         | (15)    |

| ข้อมูลอาสาสมัครและโปรแกรม WBVEs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ผลการศึกษา                                                                                 | อ้างอิง |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <p>กลุ่มตัวอย่าง n=37 มีภาวะข้อเข่าเสื่อม (กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกาย n=18 หญิง n=15 ชาย n=3 อายุเฉลี่ย 68.06 ปี, กลุ่ม WBVEs n=19 หญิง n=15 ชาย n=4 อายุเฉลี่ย 62.32 ปี)</p> <p>Side-alternating vibration<br/>f = 5 Hz<br/>A = 1.25/2.5/3.75 mm<br/>ระยะเวลา 3 นาที/เซต ระยะพักระหว่างเซต 1 นาที<br/>โดยมีการเพิ่ม A ระหว่างเซต</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <p>อาการปวดเข่าลดลง<br/>ความเร็วในการเดินเพิ่มขึ้น<br/>ความยืดหยุ่นของร่างกายเพิ่มขึ้น</p> | (16)    |
| <p>กลุ่มตัวอย่าง</p> <p>กลุ่มผู้ใหญ่ตอนต้น n=41 แบ่งเป็น</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- กลุ่มออกกำลังกายร่วมกับ WBVEs n=20 (ชาย n=11, หญิง n=9) อายุ <math>25.3 \pm 3.5</math> ปี</li> <li>- กลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายแต่ไม่ได้รับการสั่นสะเทือน n=21 (ชาย n=11, หญิง n=10) อายุ <math>26.6 \pm 4.2</math> ปี</li> </ul> <p>กลุ่มผู้สูงอายุ n=40 แบ่งเป็น</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- กลุ่มออกกำลังกายร่วมกับ WBVEs n=20 (ชาย n=9, หญิง n=10) อายุ <math>83.5 \pm 2.8</math> ปี</li> <li>- กลุ่มควบคุมที่ออกกำลังกายแต่ไม่ได้รับการสั่นสะเทือน n=20 (ชาย n=9, หญิง n=11) อายุ <math>84.2 \pm 3.7</math> ปี</li> </ul> <p>Vertical vibration<br/>f = 50Hz, A = 1 mm, ระยะเวลา 45 วินาที x 4 เซต<br/>ระยะพักระหว่างเซต 1 นาที</p> | <p>ไม่มีผลเปลี่ยนแปลงการควบคุมสมดุล<br/>การทรงท่าขณะเคลื่อนไหว</p>                         | (17)    |

f = frequency, A= amplitude

### การฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั้งร่างกาย (whole-body vibration training; WBVT)

จากการศึกษาที่ผ่านมา การฝึกด้วย WBVT ที่ปรับโปรแกรมให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุแต่ละบุคคล (individualized WBVT) เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ช่วยให้ผู้สูงอายุมีสมรรถภาพการทรงท่าและความสามารถในการทำกิจกรรม (functional capacity) ดีขึ้น<sup>18</sup> ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ช่วยลดความเสี่ยงต่อการล้มในผู้สูงอายุ อีกทั้งในผู้สูงอายุมักพบภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อย (sarcopenia) ส่งผลทำให้สมรรถภาพทางกายและคุณภาพชีวิตลดลง การฝึกด้วย WBVT เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์สามารถเพิ่มมวลกล้ามเนื้อ เพิ่มสมรรถภาพทางกายโดยรวมและคุณภาพชีวิตของผู้สูงอายุที่มีภาวะมวลกล้ามเนื้อน้อยดีขึ้น<sup>19</sup> เช่นเดียวกับการศึกษาในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะเปราะบาง การฝึกด้วย WBVT เป็นระยะเวลา 16 สัปดาห์ พบว่า สมรรถภาพทางกายและความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายของผู้สูงอายุดีขึ้น และยังช่วยชะลอการเสื่อมถอยของสมรรถภาพทางกายหลังสิ้นสุดการเข้าร่วมการฝึกเป็นระยะเวลาดังแต่ 6-12 เดือน<sup>20</sup> บ่งชี้ได้ว่าการนำ WBVT เป็นส่วนหนึ่งของการให้โปรแกรมสร้างเสริมสมรรถภาพทางกายสามารถทำให้ผู้สูงอายุมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้

### ตารางที่ 3 แสดงผลของการฝึกด้วยโปรแกรม WBVT ในผู้สูงอายุ

| ข้อมูลอาสาสมัครและโปรแกรม WBVEs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | ผลการศึกษา                                                                                                                                                                                                                                              | อ้างอิง |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <p>กลุ่มตัวอย่าง ผู้สูงอายุที่สามารถยืนได้โดยไม่ต้องอาศัยอุปกรณ์ช่วยเหลือ หากมีโรคประจำตัวต้องไม่ได้ทานยา ที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ไม่มีปัญหาระบบโครงร่างกล้ามเนื้อ</p> <p>- กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกาย<br/>n=10 (ชาย n=7, หญิง n=3) อายุเฉลี่ย <math>66.0 \pm 4.1</math> ปี</p> <p>- กลุ่มที่ฝึกด้วย WBVT แบบปรับความถี่และ amplitude n=10 (ชาย n=3, หญิง n=7)<br/>อายุเฉลี่ย <math>69.2 \pm 7.0</math> ปี</p> <p>- กลุ่มที่ฝึกด้วย WBVT แบบให้ความถี่และ amplitude คงที่ n=9 (ชาย n=0, หญิง n=9)<br/>อายุเฉลี่ย <math>65.7 \pm 8.4</math> ปี</p> <p>Vertical vibration<br/>f = 30/35/40/45/50 Hz<br/>A = 2/4 mm</p> <p>*มีการปรับ f และ A ให้เหมาะสมแต่ละบุคคลด้วยการตรวจวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ medial gastrocnemius และ vastus lateralis ก่อนการฝึก</p> <p>**ทำฝึกประกอบด้วย 5 ท่า</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) squats 45 องศาจากท่ายืนตรง 1 นาที</li> <li>2) ยืนตัวตรง 1 นาที</li> <li>3.1) ยืนด้วยปลายเท้า 30 วินาที</li> <li>3.2) ยืนด้วยส้นเท้า 30 วินาที</li> <li>4) ถ่ายน้ำหนักไปขาข้างใดข้างหนึ่ง ข้างละ 30 วินาที</li> <li>5) squats 45 องศาจากท่ายืนตรง 1 นาที</li> </ol> <p>ช่วงพักระหว่างท่า 1 นาที ระยะเวลาฝึก 3 วัน/<br/>สัปดาห์ x 8 สัปดาห์</p> | <p>สมดุลการทรงท่าและความสามารถในการทำ sit-to-stand เพิ่มขึ้นในกลุ่ม WBVT</p>                                                                                                                                                                            | (18)    |
| <p>กลุ่มตัวอย่าง ผู้สูงอายุที่มีภาวะ sarcopenia n=17 (ชาย n=12, หญิง n=5) อายุเฉลี่ย <math>82.12 \pm 8.19</math> ปี</p> <p>Vertical vibration<br/>f = 12 Hz, A = 3 mm</p> <p>1 นาที/เซต x 10 เซต ระยะพักระหว่างเซต 30 วินาที ระยะเวลาฝึก 3 วัน/สัปดาห์ x 12 สัปดาห์</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <p>มวลกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น</p> <p>สมรรถภาพทางกายจากการประเมินด้วย standing on one foot, shoulder-arm flexibility, 8-ft up and go test, grip strength และ five repeated sit-to-stand tests ดีขึ้น รวมถึงมีคุณภาพชีวิตดีขึ้นจากการประเมินด้วยแบบสอบถาม</p> | (19)    |

| ข้อมูลอาสาสมัครและโปรแกรม WBVEs                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | ผลการศึกษา                                                                                                                                                                                 | อ้างอิง |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| <p>กลุ่มตัวอย่าง ผู้สูงอายุที่มีภาวะ sarcopenia</p> <p>- กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ออกกำลังกาย<br/>n=46 อายุเฉลี่ย <math>84.3 \pm 1.3</math> ปี</p> <p>- กลุ่มที่ออกกำลังกายแต่ไม่มีการสั่นสะเทือน n=35<br/>อายุเฉลี่ย <math>83.7 \pm 1.2</math> ปี</p> <p>- กลุ่ม WBVT n=36 อายุเฉลี่ย <math>79.4 \pm 1.1</math> ปี</p> <p>Side-alternating vibration<br/>f = 6-26 Hz A = 2-4 mm<br/>1 นาที/เซต x 5-10 เซต ระยะพักระหว่างเซต 1 นาที<br/>*ความหนักปรับเปลี่ยนตามความสามารถของอาสาสมัครตลอดช่วงของการฝึก<br/>ระยะเวลาฝึก 3 วัน/สัปดาห์ x 16 สัปดาห์</p> | <p>สมรรถภาพทางกายจากการประเมินด้วย timed up and go การทดสอบ parallel walk และ 10-meter walk test รวมถึงมีความสามารถในการทำกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้นจากการประเมินด้วยแบบสอบถามในกลุ่ม WBVT</p> | (20)    |

f = frequency, A= amplitude

### แนวทางการออกแบบโปรแกรม WBVEs และ WBVT ในผู้สูงอายุ (guidelines for designing an exercise program using WBVEs and WBVT in the elderly)

การออกแบบโปรแกรม WBVEs และ WBVT ในผู้สูงอายุสามารถเลือกใช้รูปแบบการออกกำลังกายด้วยการสั่นได้ทั้ง vertical vibration และ side-alternating vibration โดยข้อดีของการใช้ vertical vibration คือ สามารถกำหนดความถี่ได้สูงกว่าและเกิดแรงกระทำต่อกระดูกได้มากกว่า จึงมีแนวโน้มที่จะกระตุ้นการทำงานของระบบกระดูกและกล้ามเนื้อได้ดี อย่างไรก็ตาม การสั่นสะเทือนในแนวดิ่งอาจก่อให้เกิดผลข้างเคียงบริเวณศีรษะได้ เช่น วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้ ส่วนรูปแบบการสั่นแบบ side-alternating vibration ทำให้เกิดการขยับของกระดูกเชิงกราน ซึ่งมีแนวโน้มกระตุ้นสมดุลการทรงตัวในขณะที่สั่นได้ดี จึงเหมาะกับการฝึกออกกำลังกายในผู้สูงอายุเพื่อเพิ่มสมดุลการทรงตัว ทั้งนี้ จากการศึกษาผลของ WBVEs โดยใช้รูปแบบการสั่นแบบ side-alternating vibration ของคณะผู้เขียนในกลุ่มผู้สูงอายุสุขภาพดีและการศึกษานำร่องในผู้สูงอายุ การออกกำลังกายด้วยการสั่นเพียงอย่างเดียว อาจไม่เพียงพอต่อการเพิ่มสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุได้มากนัก เนื่องจากความหนักในการออกกำลังกายไม่เพียงพอ อันเกิดจากข้อจำกัดของเครื่องมือและอาสาสมัครเอง เช่น อาสาสมัครมีอาการปวดเข่าหรือรู้สึกไม่มั่นคงเมื่อเพิ่มความถี่สูงขึ้น จึงจำเป็นต้องเพิ่มความหนักด้วยวิธีอื่น เช่น การสั่นร่วมกับการทำท่า squats การทำท่าเขย่งเท้าขึ้นลงเป็นจังหวะ หรือการออกกำลังกายด้วยท่าอื่น ๆ โดยมีน้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน การถือดัมเบลเพื่อเพิ่มแรงต้านภายนอก เป็นต้น

ตัวอย่างรูปแบบการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา และชะลอการลดลงของมวลกระดูกในผู้สูงอายุด้วยการสั่นแบบ vertical vibration โดยกำหนดความถี่ ระหว่าง 30 - 50 Hz กำหนด amplitude 2-4 มม. ร่วมกับการทำ dynamic squats 15 ครั้งในระยะเวลา 2 นาที/เซต ระยะเวลาพักระหว่างเซต 2 นาที จำนวน 5 เซต ระยะเวลาฝึก 3 วัน/สัปดาห์ อย่างน้อย 12 สัปดาห์

ตัวอย่างรูปแบบการออกกำลังกาย เพื่อเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาในผู้สูงอายุ และเพิ่มสมดุลการทรงตัวด้วยการสั่นแบบ side-alternating vibration โดยกำหนดความถี่ ระหว่าง 10 - 25 Hz กำหนด amplitude 2-4 มม. ร่วมกับการทำ dynamic squats 15 ครั้งในระยะเวลา 2 นาที/เซต ระยะเวลาพักระหว่างเซต 2 นาที จำนวน 5 เซต ระยะเวลาฝึก 3 วัน/สัปดาห์ อย่างน้อย 12 สัปดาห์

โดยการออกกำลังกายทั้งสองรูปแบบสามารถเพิ่มความหนักของการออกกำลังกาย เช่น ปรับเพิ่มความถี่เพิ่ม amplitude หรือปรับเปลี่ยนท่าการออกกำลังกายทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นต้น เพื่อหวังผลในการพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา ชะลอการลดลงของมวลกระดูกและเพิ่มสมดุลการทรงตัวได้

## ผลข้างเคียง ข้อควรระวังและข้อห้ามของการออกกำลังกายและการฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย (side effects, precautions and contraindications of WBVEs and WBVT)

การสั่นสะเทือนทั่วร่างกายอาจทำให้เกิดผลข้างเคียง ได้แก่ วิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้ ความดันโลหิตลดต่ำลง ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงในผู้ป่วยเบาหวานบางราย อาการคันบริเวณที่โดนกระตุ้นด้วยการสั่น ผิวหนังถลอก บริเวณที่สัมผัสกับฐานรองรับน้ำหนักที่มีการสั่นสะเทือนจากการใช้งานที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาการวิงเวียนศีรษะ คลื่นไส้ ความดันโลหิตลดต่ำ อาการคันบริเวณที่โดนกระตุ้นด้วยการสั่นสามารถเกิดขึ้นได้กับผู้ออกกำลังกายที่ไม่คุ้นชินกับเครื่องและเกิดขึ้นเพียงชั่วคราวในการออกกำลังกายช่วงแรกๆ อย่างไรก็ตาม ในผู้สูงอายุซึ่งมีความเปราะบางหรือปรับตัวได้ไม่ดีจึงต้องอยู่ภายใต้การดูแลของผู้ฝึกอย่างใกล้ชิดขณะออกกำลังกาย ในขณะที่ข้อห้ามของการออกกำลังกายและการฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกาย ได้แก่ ผู้ที่ตั้งครรภ์ ผู้ที่มีปัญหาลิ้นเลือดอุดตันในระยะเฉียบพลัน ผู้ที่ผ่าตัดเปลี่ยนข้อ ผู้ที่มีข้อต่อหรือเอ็นยึดกระดูกและกล้ามเนื้ออักเสบในระยะเฉียบพลัน ผู้ที่มีภาวะไส้เลื่อนในระยะเฉียบพลัน ผู้ที่มีปัญหาเกี่ยวกับกระดูกสันหลังในระยะเฉียบพลัน ผู้ที่เพิ่งมีกระดูกหักในบริเวณที่ต้องสั่นสะเทือน ผู้ที่มีนิ่วในถุงน้ำดีหรือนิ่วในทางเดินปัสสาวะ ผู้ที่มีแผลผ่าตัดและอยู่ระหว่างการรักษาในบริเวณที่เกิดการสั่นสะเทือน ผู้ป่วยโรคข้ออักเสบรูมาตอยด์ ผู้ป่วยโรคลมชัก ซึ่งเป็นภาวะที่อาจได้รับอันตรายหรือเป็นปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้อาการแย่ลงจากการสั่นสะเทือนจากการฝึก<sup>21</sup>

## บทสรุป (Conclusion)

การสร้างเสริมสมรรถภาพทางกายในผู้สูงอายุ เป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ช่วยให้ผู้สูงอายุมีสุขภาพทางกายที่ดีและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น ชะลอการเสื่อมถอยของระบบต่างๆในร่างกาย การออกกำลังกาย/การฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกายให้ผลดีต่อบุคคลทั่วไปรวมถึงผู้สูงอายุในหลายๆด้าน เช่น การเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ การเพิ่มความเร็วในการเดิน การลดปวด การเพิ่มความยืดหยุ่นของร่างกาย การเพิ่มสมดุลการทรงท่า ความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวันดีขึ้น เป็นต้น ซึ่งจะช่วยชะลอการบาดเจ็บหรือการดำเนินของโรคที่จะเกิดขึ้นกับผู้สูงอายุจากการเสียสมดุลการทรงท่าและการล้ม การสูญเสียมวลกล้ามเนื้อ การสูญเสียความคล่องตัวในการทำกิจวัตรประจำวันต่างๆ การออกกำลังกาย/การฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกายจึงเป็นหนึ่งในโปรแกรมที่เหมาะสมกับกลุ่มผู้สูงอายุและสามารถปรับให้เหมาะสมกับแต่ละบุคคลได้

## กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgements)

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยที่ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยเต็มจำนวนจากราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์

1. Gronek J, Boraczynski M, Gronek P, Wielinski D, Tarnas J, Marszalek S, et al. Exercise in Aging: Be Balanced. *Aging Dis.* 2021;12(5):1140-9. doi:10.14336/AD.2021.0107
2. Sá-Caputo DC, Marconi EM, Costa-Cavalcanti RG, Domingos LL, Giehl PM, Paiva DN, et al. Alterations on the plasma concentration of hormonal and non hormonal biomarkers in human beings submitted to whole body vibration exercises. *J Sci Res Essay.* 2015;10(8): 287-97. doi:10.5897/SRE2015.6182
3. Cardinale M, Wakeling J. Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med.* 2005;39(9):585-9; discussion 9. doi:10.1136/bjism.2005.016857
4. Musumeci G. The Use of Vibration as Physical Exercise and Therapy. *J. Funct. Morphol. Kinesiol.* 2017;2(2):17. doi:10.3390/jfmk2020017
5. Gilman S. Joint position sense and vibration sense: anatomical organisation and assessment. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2002;73(5):473-7. doi:10.1136/jnnp.73.5.473
6. Bemben D, Stark C, Taiar R, Bernardo-Filho M. Relevance of Whole-Body Vibration Exercises on Muscle Strength/Power and Bone of Elderly Individuals. *Dose Response.* 2018;16(4):1559325 818813066. doi:10.1177/1559325818813066
7. Sanudo B, Seixas A, Gloeckl R, Rittweger J, Rawer R, Taiar R, et al. Potential Application of Whole Body Vibration Exercise For Improving The Clinical Conditions of COVID-19 Infected Individuals: A Narrative Review From the World Association of Vibration Exercise Experts (WAVex) Panel. *Int J Environ Res Public Health.* 2020; 17(10). doi:10.3390/ijerph17103650
8. Ronnestad BR. Acute effects of various whole body vibration frequencies on 1RM in trained and untrained subjects. *J Strength Cond Res.* 2009;23(7):2068-72. doi:10.1519/JSC.0b013e 3181b8652d
9. Gerodimos V, Zafeiridis A, Karatrantou K, Vasilopoulou T, Chanou K, Pispirikou E. The acute effects of different whole-body vibration amplitudes and frequencies on flexibility and vertical jumping performance. *J Sci Med Sport.* 2010;13(4): 438-43. doi:10.1016/j.jsams.2009.09.001
10. Wirth B, Zurfluh S, Muller R. Acute effects of whole-body vibration on trunk muscles in young healthy adults. *J Electromyogr Kinesiol.* 2011;21(3):450-7. doi:10.1016/j.jelekin.2010. 12.007
11. Ye J, Ng G, Yuen K. Acute effects of whole-body vibration on trunk muscle functioning in young healthy adults. *J Strength Cond Res.* 2014;28(10):2872-9. doi:10.1519/JSC.0000000000 000479
12. Donahue RB, Vingren JL, Duplanty AA, Levitt DE, Luk HY, Kraemer WJ. Acute Effect of Whole-Body Vibration Warm-up on Footspeed Quickness. *J Strength Cond Res.* 2016;30(8):2286-91. doi: 10.1519/JSC.0000000000001014
13. Paradisis GP, Pappas P, Dallas G, Zacharogiannis E, Rossi J, Lapole T. Acute Effects of Whole-Body Vibration Warm-up on Leg and Vertical Stiffness During Running. *J Strength Cond Res.* 2021;35(9):2433-8. doi: 10.1519/JSC.0000000 000003153
14. Mahbub MH, Hase R, Yamaguchi N, Hiroshige K, Harada N, Bhuiyan ANH, et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration on Peripheral Blood Flow, Vibrotactile Perception and Balance in Older Adults. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(3). doi: 10.3390/ijerph17031069

15. Sa-Caputo DC, Paineiras-Domingos LL, Oliveira R, Neves MFT, Brandao A, Marin PJ, et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration on the Pain Level, Flexibility, and Cardiovascular Responses in Individuals With Metabolic Syndrome. *Dose Response*. 2018;16(4):1559325818802139. doi:10.1177/1559325818802139
16. Moura-Fernandes MC, Moreira-Marconi E, de Meirelles AG, Reis-Silva A, de Souza LFF, Lírio Pereira da Silva A, et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration Exercise on Pain Level, Functionality, and Rating of Exertion of Elderly Obese Knee Osteoarthritis Individuals: A Randomized Study. *Appl Sci*. 2020;10(17):5870. doi:10.3390/app10175870
17. Delafontaine A, Vialleron T, Fischer M, Laffaye G, Cheze L, Artico R, et al. Acute Effects of Whole-Body Vibration on the Postural Organization of Gait Initiation in Young Adults and Elderly: A Randomized Sham Intervention Study. *Front Neurol*. 2019;10:1023. doi: 10.3389/fneur.2019.01023
18. Ko MC, Wu LS, Lee S, Wang CC, Lee PF, Tseng CY, et al. Whole-body vibration training improves balance control and sit-to-stand performance among middle-aged and older adults: a pilot randomized controlled trial. *Eur Rev Aging Phys Act*. 2017;14:11. doi: 10.1186/s11556-017-0180-8
19. Chang SF, Lin PC, Yang RS, Yang RJ. The preliminary effect of whole-body vibration intervention on improving the skeletal muscle mass index, physical fitness, and quality of life among older people with sarcopenia. *BMC Geriatr*. 2018;18(1):17. doi: 10.1186/s12877-018-0712-8
20. Wadsworth D, Lark S. Effects of Whole-Body Vibration Training on the Physical Function of the Frail Elderly: An Open, Randomized Controlled Trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2020; 101(7):1111-9. doi:10.1016/j.apmr.2020.02.009
21. Novotec Medical. Contraindications and Side Effects of Galileo®Therapy. <https://www.galileo-training.com/de-english/products/galileo-therapysystems/background-vibration-therapy/contraindications.html> Accessed 12 April 2022

## การอ้างอิง

เมธี จินะโกฏิ และอัจฉริยา กลียะพัท. การออกกำลังกายและการฝึกด้วยการสั่นสะเทือนทั่วร่างกายเพื่อสร้างเสริมสมรรถภาพ ทางกายในผู้สูงอายุ. *วารสารวิชาการราชวิทยาลัยจุฬาภรณ์*. 2566; 5(3): (154-165) . <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/257367>

Jinakote M, Kasiyaphat A. Whole-Body Vibration Exercises and Training for Improving Physical Fitness in the Elderly. *J Chulabhorn Royal Acad*. 2023; 5(3): (154-165). <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/257367>

## Online Access

<https://he02.tci-thaijo.org/index.php/jcra/article/view/257367>

