

บทความวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุติดบ้าน ที่มีโรคความดันโลหิตสูง

The Development of Isometric Handgrip Exercise Innovation for Homebound Elderly with Hypertension

พรรณี ไชยวงศ์ (Punnee Chaiwong)*

ดุษฎี ก้อนอาทร (Dussadee Konartorn)**

จุฑามาศ กิตติศรี (Chuthamat Kitisi)**

รัชชนา หน่อคำ (Ranchana Nokham)***

อุเทน บุญเลียม (Uten Boonliam)****

Received: January 28, 2023

Revised: February 22, 2023

Accepted: May 25, 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบพัฒนานวัตกรรม ประเมินประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุติดบ้านที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง สุ่มเลือกเข้ากลุ่มทดลองจำนวน 22 รายและกลุ่มควบคุมจำนวน 21 ราย โดยกลุ่มควบคุมออกกำลังกายตามปกติและกลุ่มทดลองออกกำลังกายตามปกติร่วมกับใช้นวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง ด้วยแรงร้อยละ 30 ของแรงบีบมือสูงสุด นาน 2 นาทีและพัก 1 นาที ทำซ้ำทั้งหมด 4 รอบ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น และโปรแกรมการออกกำลังกายเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบอัตโนมัติและแบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งผ่านการตรวจสอบคุณภาพด้านความตรงเชิงเนื้อหา (CVI = 0.89) และค่าความเที่ยงได้ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค เท่ากับ .80 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติพรรณนาและสถิติ T-test ผลการวิจัยพบว่า

**Corresponding author: Dussadee Konartorn; E-mail: dussadee.konartorn@crc.ac.th

* อาจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย (Instructor, Faculty of Nursing, Chiangrai College)

** อาจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย (Instructor, Faculty of Nursing, Chiangrai College)

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะพยาบาลศาสตร์ วิทยาลัยเชียงราย (Assistant Professor, Faculty of Nursing, Chiangrai College)

**** ผู้จัดการ บริษัทเท็นเนอยี อินโนเวชั่น จำกัด อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ (Manager, Tenergy Innovation Company Limited, Northern Science Park, Muang District, Chiangmai Province)

1) นวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง แยกระหว่างส่วนควบคุมการทำงาน มีหน้าจอแสดงผลและเสียง ส่วนค้ำบีบสะดวก ใช้งานง่าย สามารถวัดแรงบีบมือสูงสุดได้และคำนวณแรงบีบที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งานแต่ละคน มีสัญญาณเสียงบอกในแต่ละขั้นตอนและเตือนเมื่อแรงบีบไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม 2) ประสิทธิภาพของนวัตกรรมพบว่า นวัตกรรมสามารถวัดแรงบีบมือสูงสุด คำนวณค่าเฉลี่ยแรงบีบมือสูงสุด และจับเวลาในการบีบมือเกร็งค้างได้ถูกต้องร้อยละ 100 ผู้สูงอายุมีความพึงพอใจต่อการใช้งานในภาพรวมระดับมาก ($\bar{X}=3.48$, S.D.=0.56) โดยมีความพึงพอใจมากที่สุดในด้านนวัตกรรมช่วยส่งเสริมการออกกำลังกาย ($\bar{X}=3.58$, S.D.=0.50) 3) ประสิทธิภาพของนวัตกรรม พบว่า ภายหลังใช้นวัตกรรม กลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิกและไดแอสโตลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) นอกจากนี้ความดันโลหิตซิสโตลิกของกลุ่มทดลองลดลง 12.00 มิลลิเมตรปรอทแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.02$) แต่ความดันไดแอสโตลิกของทั้งสองกลุ่มลดลงไม่แตกต่างกัน ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสามารถลดความดันโลหิตในผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านได้ ดังนั้นการใช้นวัตกรรมนี้อาจนำไปใช้เส้นทางเลือกในการส่งเสริมสุขภาพเพื่อลดความดันโลหิตในผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านหรือผู้ที่มิชอบจำกัดในการเคลื่อนไหว

คำสำคัญ: การออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง โรคความดันโลหิตสูง ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน

Abstract

This research and innovation development aimed to design and evaluate the effectiveness and the outcomes of an isometric handgrip exercise innovation for homebound elderly with hypertension. A sample of 22 elderly with hypertension and a control group of 21 individuals were selected. The control group performed regular exercise, while the experimental group performed the isometric handgrip exercise at an intensity of 30% of their maximum grip strength for 2 minutes, followed by a 1-minute rest, repeated for 4 rounds, 3 times a week. The research tool used was the isometric handgrip exercise innovation developed by the researcher and the exercise program. The data was collected using an automatic blood pressure measuring device and a satisfaction assessment form. The satisfaction assessment form was tested for validity (CVI = 0.89) and reliability (Cronbach's alpha coefficient = .80). The data were analyzed by using descriptive statistics and the T-test. The research findings showed that:

1) The innovation of isometric handgrip exercise can be separated into control units with a display screen and sound signals. The grip handle was convenient to use, measured the maximum grip strength, and calculated the appropriate grip strength for each user. There were audio signals at each step and warnings when the grip strength was not within the appropriate range. 2) The effectiveness of the innovation found that the innovation could measure maximum grip strength, calculate the average maximum hand grip strength, and the time to hold the grip accurately at 100%. The elderly group was highly satisfied with the overall use

($\bar{X}$ =3.48, S.D.=0.56), especially with the innovation that promotes exercise ($\bar{X}$ =3.58, S.D.=0.50). 3) The effectiveness of the innovation found that the experimental group had significantly lower systolic and diastolic blood pressure after using the innovation ($p < .001$). Additionally, the mean systolic blood pressure of the elderly group who exercised with the innovation decreased by 12.00 millimeters of mercury, which was statistically significant compared to the mean blood pressure of the elderly group who exercised normally ($p = 0.02$). However, the groups had no significant difference in diastolic blood pressure between the groups. The research results show that isometric handgrip exercise innovation can reduce blood pressure in homebound elderly with hypertension. Therefore, this innovation may be an alternative way to promote health and lower blood pressure in elderly people who are homebound or have limited mobility.

Keywords: Isometric Handgrip Exercise, Hypertension, Homebound Elderly

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคความดันโลหิตสูงเป็นโรคทางระบบหัวใจและหลอดเลือดที่พบได้บ่อยในประชากรหลายล้านคนทั่วโลก ในขณะที่ประเทศไทยพบผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง 13 ล้านคน ในปี พ.ศ. 2557 และเพิ่มขึ้นเกือบ 6 ล้านคนในปี พ.ศ. 2561 มีค่าใช้จ่ายในการรักษาผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงถึง 8,000 ล้านบาทต่อจำนวนประชากร 10 ล้านคน ความชุกต่ำสุดในกลุ่มอายุ 15- 24 ปี ร้อยละ 0.7 จากนั้นความชุกจะเพิ่มขึ้น ในกลุ่มอายุ 45-54 ปี คิดเป็นร้อยละ 15.8 กลุ่มอายุ 55- 64 ปี คิดเป็นร้อยละ 28.7 และกลุ่มอายุ 65-74 ปี คิดเป็นร้อยละ 39.0 โดยความชุกสูงสุดในกลุ่มอายุ 75-79 ปี คิดเป็นร้อยละ 44.1 (Kanchanapibulwong, Khamwangsa-nga, & Kaewtha, 2020) การรักษาและการควบคุมโรคความดันโลหิตสูง โดยการใช้ยาควบคู่ไปกับการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม ได้แก่ การลดน้ำหนัก การบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ การจำกัดปริมาณเกลือและโซเดียมในอาหาร การจำกัดหรืองดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ เลิกสูบบุหรี่ การจัดการกับความเครียด และการออกกำลังกายอย่างสม่ำเสมอ (Thai Hypertension Society, 2019) อย่างไรก็ตามผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านซึ่งมีปัญหาด้านความ

เสื่อมถอยของร่างกาย ส่งผลให้มีความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันลดลง จากความยากลำบากในการเคลื่อนไหว อาจไม่สามารถมีกิจกรรมทางกายหรือการออกกำลังกายได้ จำเป็นต้องมีการออกกำลังกายอื่นเพื่อใช้เป็นทางเลือก

แนวทางในการป้องกัน การประเมิน และการจัดการภาวะความดันโลหิตสูงของสมาคมหัวใจและวิทยาลัยแพทย์โรคหัวใจอเมริกัน กล่าวว่า การออกกำลังกายชนิดแบบการบีบมือเกร็งค้าง โดยออกแรงบีบมือด้วยแรงขนาดร้อยละ 30-40 ของแรงบีบมือสูงสุด แล้วเกร็งค้างไว้เป็นเวลา 2 นาที สลับกับการพัก 1 นาที ทำซ้ำ 4 รอบ อย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 8-10 สัปดาห์ สามารถลดระดับความดันโลหิตได้ 5 มิลลิเมตรปรอท (Arnett et al., 2019; Wu, Panza, Taylor, & Pescatello, 2019) การออกกำลังกายตามหลักการของ FITTE (American College of Sports Medicine, 2000) เป็นการเคลื่อนไหวร่างกายที่มีการกำหนดรูปแบบชัดเจน โดยกระทำซ้ำๆ ในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อเสริมสร้างหรือคงไว้ซึ่งสมรรถภาพทางกาย การออกกำลังกายแบบการบีบมือเกร็งค้างจึงเหมาะสมในผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีความดันโลหิตสูงเพื่อให้เกิดผล

ในการลดความดันโลหิตสามารถลดแรงต้านทานของหลอดเลือดส่วนปลาย ลดระดับของสารเรนินนอร์อิพิเนพริน และลดไขมันในกระแสเลือด ส่งผลดีในการลดความดันโลหิต (Hartog, Bolignano, Sijbrands, Pucci, & Mattace-Raso, 2018; Silva, Meneses, Parmenter, Ritti-Dias, & Farah, 2021; Yoon, Choo, Kim, & Jae, 2019) อีกทั้งยังเป็นวิธีการที่ง่าย สะดวก และประหยัด

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า การออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างที่ให้ผลในการลดความดันโลหิตและมักมีการใช้อุปกรณ์ช่วยในการออกกำลังกาย จึงทำให้ยังพบอุปสรรคต่าง ๆ เช่น การวัดแรงบีบมือการคำนวณแรงบีบมือที่เหมาะสม การแสดงผลผ่านหน้าจอแสดงผลเพื่อให้ผู้ป่วยสามารถควบคุมแรงบีบให้คงที่ เช่น การใช้ Jamar dynamometer เป็นเครื่องมือที่สามารถวัดแรงการบีบมือมีหน้าจอแสดงผล ปรับระยะของการกำมือตามขนาดมือ คำนวณหาแรงบีบที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยแต่ผู้ป่วยจะไม่เห็นหน้าจอแสดงผลและไม่สามารถปรับแรงบีบให้คงที่ได้ (Hamilton, McDonald, & Chenier, 1992; Piikmann & Reisberg, 2018) การใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ Nintendo Wii ต่อพ่วงเข้ากับคอมพิวเตอร์ และ โปรแกรมควบคุมแรงบีบโดย FysioMeter (Bronderslev, Denmark) เครื่องจะคำนวณแรงที่ร้อยละ 30 ให้แสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้ป่วยออกแรงบีบตามที่กำหนด แต่อุปกรณ์มีความซับซ้อนผู้ป่วยต้องไปทำที่ศูนย์ให้บริการ (Jorgensen, Ryg, Danielsen, Madeleine, & Andersen, 2018) นอกจากนี้บริษัทอุปกรณ์การแพทย์ได้พัฒนาเครื่อง Zona plus ให้มีขนาดเล็กสามารถวัดและคำนวณแรงบีบมือได้และมีหน้าจอแสดงผล มีแบตเตอรี่สำหรับพกพาได้สะดวก แต่ราคาค่อนข้างสูง (Zona plus user manual, 2020) ส่วนในประเทศไทยได้ศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง โดยใช้เครื่องวัดแรงบีบมือแบบเข็ม Takei T.K.K. 5001 ซึ่งที่มีหน้าจอแสดงผลแรงบีบมือ แต่ไม่สามารถแสดงค่าคำนวณแรงบีบอัตโนมัติที่ร้อยละ 30 ได้อาจเป็นอุปสรรคต่อผู้สูงอายุที่มีข้อจำกัดในการคำนวณ (Worachet & Nakmareong, 2017) จะเห็นได้ว่านวัตกรรมส่วนใหญ่มีข้อจำกัดในการใช้งาน ได้แก่ การคำนวณแรงบีบที่เหมาะสม

ขนาดใหญ่ ไม่มีหน้าจอแสดงผล ความซับซ้อนในการใช้งาน และราคาแพง

ผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการส่งเสริมผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านให้ออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างเพื่อให้ผลในการลดความดันโลหิต จึงได้นำข้อจำกัดจากเครื่องออกกำลังกายที่มีอยู่เดิมร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมมาพัฒนาต่อยอดเพื่อให้เครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ช่วยให้การออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างมีประสิทธิภาพ โดยออกแบบให้นวัตกรรมมีจุดเด่น คือ มีการแยกส่วนระหว่างส่วนแสดงผล และด้ามบีบ โดยมีสายเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ทั้ง 2 ชิ้น เพื่อให้สะดวกในการใช้งาน ด้ามบีบสามารถปรับให้เหมาะสมกับขนาดมือของผู้ใช้งาน ส่วนแสดงผล มีปุ่มเปิด-ปิด และปุ่มควบคุม มีระบบพลังงานสำรอง การแสดงผลด้วยสี และเสียง โดยหน้าจอแสดงผล แสดงค่าแรงบีบ แสดงช่วงของแรงบีบที่เหมาะสมสำหรับแต่ละคน แสดงระยะเวลาในแต่ละรอบของการบีบ แสดงผลด้วยเสียงโดยมีเสียงบอกขั้นตอนในการปฏิบัติ แจ้งกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการออกกำลังกาย และมีเสียงสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อแรงบีบมือไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม รวมถึงออกแบบให้มีความสามารถในการคำนวณหาร้อยละของแรงบีบมือที่เหมาะสมแบบอัตโนมัติ รวมถึงมีราคาที่เหมาะสม เพื่อช่วยให้ผู้สูงอายุออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างอย่างมีประสิทธิภาพเป็นอุปกรณ์ที่เพิ่มทางเลือกในการออกกำลังกายสำหรับผู้สูงอายุที่ติดบ้าน และลดระดับความดันโลหิตได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนานวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพด้านความแม่นยำและความพึงพอใจของผู้ใช้งานของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง

3. เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการใช้นานวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างต่อการลดค่าเฉลี่ยความดันโลหิตในผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูงครั้งนี้เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and Development: R&D) ร่วมกับการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องโดยใช้หลักการออกกำลังกายของวิทยาลัยเวชศาสตร์การกีฬาแห่งสหรัฐอเมริกา (The American College of Sports Medicine, [ACSM]) คือ หลักการ “FITTE” มีองค์ประกอบของการออกกำลังกาย (American College of Sports Medicine, 2000) ดังนี้ (1) Frequency (F) คือ ความถี่ของการออกกำลังกาย สำหรับการเพิ่มสมรรถภาพทางกาย ความถี่ที่แนะนำคือ 3-5 ครั้ง/สัปดาห์ (2) Intensity (I) คือ ความหนักหรือความแรงของการออกกำลังกายขึ้นอยู่กับความสามารถของแต่ละบุคคล (3) Time (T) คือ ระยะเวลาในการออกกำลังกาย (4) Type (T) คือ ประเภทของการออกกำลังกาย (5) Enjoyment (E) คือ ในการออกกำลังกายควรมีความสนุกสนาน

ในการศึกษาครั้งนี้ การออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง (T) ความถี่ในการออกกำลังกาย (F) 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ความหนักของการออกกำลังกาย (I) ในระดับปานกลาง ด้วยน้ำหนักร้อยละ 30 ของแรงบีบมือสูงสุด โดยให้กลุ่มตัวอย่างออกกำลังกายครั้งละ 11 นาที (T) ประกอบด้วยระยะบีบมือเกร็งมือค้าง 2 นาที และระยะพัก 1 นาที ถือเป็น 1 รอบ ทำซ้ำทั้งหมด 4 รอบ ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ส่งเสริมความสนุกสนาน (E) โดยเปิดโอกาสให้ผู้ดูแลมีบทบาทในการกระตุ้นให้ผู้สูงอายุออกกำลังกาย และเครื่องสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับเกี่ยวกับแรงบีบมือที่เพิ่มในแต่ละครั้ง เพื่อสร้างเป้าหมายในการออกกำลังกายครั้งต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนานวัตกรรม ประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง มีการดำเนินการ 3 ระยะ รายละเอียดการวิจัยดังนี้

ระยะที่ 1 ขั้นตอนในการพัฒนานวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง

1. ขั้นตอนการวิเคราะห์ โดยผู้วิจัยศึกษาองค์ความรู้หรือเนื้อหาการพัฒนา นวัตกรรมด้วยการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม และผู้วิจัยได้นำเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างที่ออกแบบโดยผู้วิจัยซึ่งเป็นเครื่องต้นแบบจากการประกวดโครงการ “Thailand New Gen Inventors Award ใน Thailand inventors’ day 2020” (National Research Council of Thailand, 2020) ในระดับอุดมศึกษา โดยสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ และผ่านเกณฑ์การพิจารณารางวัลเหรียญทอง ไปขอความเห็นจากผู้สูงอายุโรคความดันโลหิตสูงภายหลังทดลองการใช้งานเพื่อประเมินความต้องการเกี่ยวกับเครื่องออกกำลังกาย พบว่าผู้ใช้งานมีความต้องการให้เครื่องออกกำลังกายสามารถคำนวณแรงบีบมือที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ จับเวลาการออกกำลังกาย มีหน้าจอแสดงผล และมีขนาดเล็กพกพาสะดวก

2. ขั้นตอนการออกแบบ ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาองค์ความรู้ และความต้องการที่จำเป็นจากกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์ มาเขียนเป็นร่างต้นแบบนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง แล้วนำแนวคิดต้นแบบปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกล และผู้เชี่ยวชาญด้านการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ ตรวจสอบและประเมินความเหมาะสมของแนวคิดต้นแบบนวัตกรรม จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแนวคิด ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และออกแบบผังการทำงาน กำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับรูปร่าง การทำงานของนวัตกรรม และการออกแบบการแสดงผลให้มีการแสดงผลทั้งภาพ แสง สี และเสียง

ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ให้มีคุณสมบัติที่ดี โดยมีส่วนควบคุมที่มีหน้าจอแสดงผลที่มีสีสันทันที่ผู้สูงอายุสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน แสดงค่าแรงบีบจริงในขณะที่ออกแรงบีบและช่วงของแรงบีบที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมแรงบีบมือให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ มีปุ่มกดเพื่อควบคุมการทำงานของเครื่อง มีเสียงอธิบายขั้นตอนในการทำงาน และเสียงสัญญาณเตือนเมื่อแรงบีบไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสม และมีระบบพลังงานสำรอง ส่วนที่เป็นค้ำมือที่สามารถปรับระยะของการกำมือตามขนาดมือของผู้ใช้งานได้ มีสายเชื่อมต่อระหว่างส่วนควบคุมและส่วนค้ำมือเพื่อให้สะดวกในการใช้งานในแต่ละอริยาบถ หลังจากนั้น พัฒนาค้นแบบนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็ง ค้างตามร่างค้นแบบ

3. ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) แบบประเมินนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายสำหรับผู้เชี่ยวชาญ 2) แบบประเมินเครื่องออกกำลังกายสำหรับผู้ใช้งาน (Try out) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยทั้งสองแบบประเมินมีลักษณะของคำตอบแบบลิเคิร์ต (Likert scale) ประกอบด้วย เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วย ประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมดจำนวน 11 ข้อ ได้แก่ ด้านหลักการทำงานของนวัตกรรมจำนวน 3 ข้อ ด้านโครงสร้างและการออกแบบของนวัตกรรมจำนวน 6 ข้อ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานของนวัตกรรมจำนวน 1 ข้อ และด้านประสิทธิภาพของนวัตกรรมจำนวน 1 ข้อ ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content validity)

โดยวิธีหา Index of item Objective Congruence (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลตรวจสอบความเหมาะสมของค้นแบบนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายโดยให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกล จำนวน 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ จำนวน 2 ท่าน และทดลองใช้กับผู้ใช้งานที่มีลักษณะคล้ายกับงานวิจัยในครั้งนี้จำนวน 5 ท่าน

ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ ด้านโครงสร้างและการออกแบบแนะนำให้เพิ่มความยาวสายที่เชื่อมต่อระหว่างค้ำมือกับตัวเครื่อง และด้านความปลอดภัยแนะนำให้ตัวต่อ (Adaptor) ระหว่างสายเชื่อมกับตัวเครื่องใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงมากขึ้น

ข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน ด้านโครงสร้างและการออกแบบของนวัตกรรม ได้แก่ เพิ่มความยาวของสายที่เชื่อมต่อระหว่างค้ำมือกับตัวเครื่อง และการแสดงผลหน้าจอเป็นภาษาไทยและเพิ่มขนาดตัวอักษรให้เหมาะสมกับผู้สูงอายุ ด้านความปลอดภัยในการใช้งานของนวัตกรรม ได้แก่ เพิ่มคู่มือการใช้งานและคำแนะนำวิธีการใช้งาน นวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างเพื่อให้สามารถใช้งานได้ถูกต้อง

4. ปรับปรุงค้นแบบนวัตกรรมให้มีความสมบูรณ์และเหมาะสมที่จะนำไปใช้ ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทดลองใช้และผู้ทรงคุณวุฒิ ภายใต้การกำกับควบคุมโดยวิชาวศสาขาคีเล็ทรอนิกส์ ที่มีใบประกอบวิชาชีพ และผลิตในห้องปฏิบัติการที่มีมาตรฐาน ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงนวัตกรรมค้นแบบ

ระยะที่ 2 นำนวัตกรรมการระยะที่ 1 มาศึกษาประสิทธิภาพของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง

2.1 ประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำ ได้แก่ (1) มาตรฐานการวัดแรงบีบมือสูงสุดเทียบประเมินเครื่องวัดแรงกดเครื่องมือมาตรฐาน (2) ความถูกต้องในการวัดคำนวณแรงบีบมือเกร็งค้ำที่เหมาะสมคือร้อยละ 30 ของแรงบีบมือสูงสุด (3) ความถูกต้องในการจับเวลาขณะบีบมือเกร็งค้ำที่ 2 นาทีและการพัก 1 นาที ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้ต้นแบบนวัตกรรมทุกเครื่องต้องมีประสิทธิภาพที่ร้อยละ 95 ขึ้นไป หากต่ำกว่าร้อยละ 95 จะต้องทำการปรับปรุงนวัตกรรมก่อนนำไปใช้

ประสิทธิภาพการทำงานของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำ พบว่า

(1) ด้านความสามารถในการวัดแรงบีบมือสูงสุดเมื่อประเมินโดยการเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดแรงกดมาตรฐาน พบว่า ค่าแรงบีบมือที่ได้จากนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำที่พัฒนาขึ้น จะต้องคูณด้วยค่าคงที่ 0.4538 เพื่อให้วัดแรงบีบมือถูกต้องตามเครื่องมือมาตรฐาน

(2) ด้านความสามารถในการวัดคำนวณแรงบีบมือเกร็งค้ำที่เหมาะสม (ร้อยละ 30 ของแรงบีบมือสูงสุด) ตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณ เปรียบเทียบความถูกต้องของค่าเฉลี่ยแรงบีบมือสูงสุดจากนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำกับ ค่าเฉลี่ยแรงบีบมือสูงสุดจากการคำนวณด้วยทศนิยม 1 ตำแหน่ง พบว่า การวัดค่าแรงบีบมือสูงสุดทั้งหมดจำนวน 10 รอบ มีความถูกต้องทั้งหมด 10 รอบ คิดเป็นร้อยละ 100

(3) ด้านความสามารถในการจับเวลาในการบีบมือเกร็งค้ำ ที่ 2 นาทีและการพัก 1 นาทีตรวจสอบความถูกต้องของความสามารถในการจับเวลา โดยเป็นการบีบค้ำ 2 นาที จำนวน 4 ครั้ง กับ ปลดและพัก 1 นาที จำนวน 3 ครั้ง ตรวจสอบความถูกต้องด้วยเครื่องจับเวลา ทั้งหมดจำนวน 10 รอบ มีความถูกต้องทั้งหมด 10 รอบ คิดเป็น

ร้อยละ 100

2.2 ประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งาน นำต้นแบบนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำสำหรับผู้สูงอายุติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูงที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพไปทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุที่มีโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 30 ราย โดยประเมินใน 5 ด้าน ได้แก่ 1) ความสะดวกในการใช้งาน 2) ความทนทานของเครื่องมือ 3) ความง่ายในการใช้งาน 4) ความคุ้มค่าและคุ้มทุน 5) ความสามารถนำมาใช้ปฏิบัติได้จริง เพื่อประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจ เป็นแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 9 ข้อ ลักษณะของคำตอบเป็นมาตรวัดประมาณค่า 4 ระดับ (มากที่สุด มาก ปานกลาง และน้อย) แปลผลระดับค่าเฉลี่ยความพึงพอใจคะแนนเฉลี่ย 1.00 - 1.99 แสดงว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 2.00 - 2.99 แสดงว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 3.00 - 4.00 แสดงว่าความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ตรวจสอบความตรงตามเนื้อหาโดยหาค่าดัชนีความตรงตามเนื้อหาทั้งฉบับ (Content Validity Index, CVI) จากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้ค่า CVI เท่ากับ 0.89 ทดลองใช้กับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูงที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ต่างตำบล มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จำนวน 30 ราย หาค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) ได้เท่ากับ 0.80

ประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจในการใช้งานนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำ พบว่า ผู้สูงอายุมีความพึงพอใจในภาพรวมระดับมาก ($\bar{X}$ =3.48, S.D.=0.56) โดยผู้สูงอายุมีความพึงพอใจต่อนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้ำมากที่สุดในด้านช่วยส่งเสริมการออกกำลังกาย ($\bar{X}$ =3.58, S.D.=0.50) ความพึงพอใจอันดับรองลงมาเท่ากัน 3 ลำดับ คือด้านความปลอดภัยในการใช้งาน เครื่องออกกำลังกายสามารถเก็บ

รักษาทำความสะอาดได้ง่าย และเครื่องออกกำลังกายสามารถนำมาปฏิบัติใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน ($\bar{X}=3.54$, S.D.=0.51)

2.3 ภายหลังทดสอบประสิทธิภาพด้านการทำงานของนวัตกรรมและด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานมีข้อเสนอแนะควรใส่ก้านจับบริเวณตัวเครื่องเพื่อให้สะดวกในการพกพา มาปรับปรุงปรุงตามข้อเสนอแนะ และผลิตเพิ่มจำนวน 5 เครื่อง

ระยะที่ 3 การประเมินประสิทธิผลของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างต่อระดับความดันโลหิตในผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง

ขั้นตอนการศึกษาประสิทธิผลของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างต่อระดับความดันโลหิตในผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านติดเตียง โดยการทำวิจัยกึ่งทดลองเปรียบเทียบ 2 กลุ่ม (Quasi-experimental design) ระหว่างกลุ่มควบคุมออกกำลังกายตามปกติและกลุ่มทดลองออกกำลังกายตามปกติร่วมกับใช้นวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง

ประชากร เป็นผู้มีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป ทั้งเพศชายและเพศหญิง ที่ได้รับการวินิจฉัยเป็นโรคความดันโลหิตสูงที่อาศัยอยู่ในตำบลป่าอ้อคอนชัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

กลุ่มตัวอย่าง ผู้ที่มีอายุ 60 ปีขึ้นไป และได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง ได้มาโดยการกำหนดเกณฑ์การคัดเข้า (Inclusion criteria) ได้แก่ 1) สามารถสื่อสารภาษาไทยได้ 2) ความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันจากการประเมินความสามารถในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวัน (Barthel Index for Activities of Daily Living: ADL) ได้คะแนนระหว่าง 9-11 คะแนน จากคะแนนเต็ม 20 คะแนน (กลุ่มติดบ้าน) 3) ไม่ได้ออกกำลังกายหรือออกกำลังกายไม่เพียงพอ คือการออกกำลังกายด้วยวิธีอื่นที่มีความหนักระดับปานกลางน้อยกว่า 150 นาทีต่อสัปดาห์ หรือที่มีความหนักระดับหนักน้อยกว่า 90 นาทีต่อสัปดาห์

เกณฑ์การคัดออก (Exclusion criteria) ได้แก่ 1) เจ็บป่วยด้วยโรคที่ไม่สามารถออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็ง

ค้างได้ ได้แก่ โรคอัมพฤกษ์จากโรคหลอดเลือดสมองตีบหรือแตก หัวใจล้มเหลว ภาวะหัวใจเต้นผิดจังหวะ โรคหลอดเลือดส่วนปลาย เป็นต้น 2) มีความผิดปกติของข้อมือ มีการบาดเจ็บหรือปวดบริเวณมือ แขน ที่ไม่สามารถออกแรงบีบมือเกร็งค้างได้ 3) ไม่สามารถปฏิบัติตามการออกกำลังกายด้วยเครื่องออกกำลังกายได้ครบ 8 สัปดาห์

เกณฑ์การพิจารณากลุ่มตัวอย่างผู้เข้าร่วมวิจัย ระหว่างเข้าร่วมการศึกษามีระดับความดันโลหิตสูงเกินกว่า 180/110 mmHg ซึ่งอาจได้รับอันตรายจากการออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง

ขนาดกลุ่มตัวอย่าง คำนวณโดยกำหนดอำนาจทดสอบ (Power of test) ที่ 0.80 กำหนดความเชื่อมั่นที่ 0.05 และค่าขนาดอิทธิพล (Effect size) เท่ากับ 0.50 ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยทางการแพทย์ที่กำหนดขนาดความสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีขนาดปานกลาง (Burn & Grove, 2005) ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 44 ราย และเพื่อป้องกันการสูญหายระหว่างการเก็บข้อมูลจากการออกจากการทดลอง (Drop out) จึงเพิ่มขนาดของกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 20 (Grove, Burn, & Gray, 2013) การวิจัยครั้งนี้ใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 52 ราย และป้องกันตัวแปรแทรกซ้อนจึงจัดให้กลุ่มตัวอย่างมีลักษณะคล้ายกัน (Matched pair) ด้านช่วงอายุ ระดับความดันโลหิต และใช้ควบคุมความดันโลหิตในกลุ่มเดียวกันหลังจากนั้นจึงเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองด้วยการสุ่ม (Random assignment) โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มอย่างง่าย (Simple random sampling)

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิผลของนวัตกรรม

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แบบบันทึกข้อมูลส่วนบุคคลเป็นแบบเลือกตอบ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา น้ำหนัก ส่วนสูง ประวัติการสูบบุหรี่ การดื่มกาแฟ การดื่มแอลกอฮอล์ ระดับความดันโลหิตในปัจจุบัน ระยะเวลาที่เป็นโรคความดันโลหิตสูง ชนิดและความถี่ของการออกกำลังกายที่ทำเป็นประจำและข้อมูลเกี่ยวกับยาควบคุมความดันโลหิตที่ได้รับในปัจจุบัน ได้แก่ ชื่อยา กลุ่มยา ขนาดและวิธีการใช้ยา 2) แบบบันทึก

ค่าความดันโลหิต โดยบันทึกค่าความดันโลหิตก่อนการออกกำลังกายแต่ละครั้ง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ 1) เครื่องวัดความดันโลหิตอัตโนมัติ Yuwell รุ่น YE660E Thai Voice L Cuff ซึ่งทำการตั้งค่ามาตรฐานของเครื่อง (Calibration) จากหน่วยสอบเทียบเครื่องมือแพทย์ก่อนเก็บข้อมูลการวิจัย 2) นวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง และคู่มือการใช้งาน ซึ่งเนื้อหาประกอบด้วย ส่วนประกอบ วิธีการใช้งานและการบำรุงรักษา ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน 5 เรื่อง และมีประสิทธิภาพตามที่กำหนด 3) โปรแกรมการออกกำลังกายด้วยเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างด้วยความถี่ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ แต่ละครั้งใช้ระยะเวลา 11 นาที ต่อเนื่องกันเป็นเวลาทั้งหมด 8 สัปดาห์สำหรับผู้สูงอายุโรคความดันโลหิตสูงที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งเนื้อหา ประกอบด้วยวิธีการปฏิบัติตัวในการออกกำลังกายแต่ละครั้งรวมถึงการสังเกตอาการผิดปกติ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นแพทย์เฉพาะด้านระบบหัวใจและหลอดเลือดจำนวน 1 ท่าน และอาจารย์พยาบาลเชี่ยวชาญด้านการพยาบาลผู้สูงอายุจำนวน 2 ท่าน เพื่อให้มีความเหมาะสม ปลอดภัยสำหรับผู้สูงอายุโรคความดันโลหิตสูงที่ติดบ้าน ผลการประเมินมีข้อเสนอแนะให้ปรับภาษาเพื่อให้ผู้สูงอายุเข้าใจง่าย แล้วนำไปใช้กับผู้ที่มีความดันโลหิตสูง จำนวน 3 รายซึ่งไม่เคยใช้เครื่องออกกำลังกายนี้มาก่อน พบว่าสามารถใช้โปรแกรมได้อย่างถูกต้อง ก่อนนำโปรแกรมไปใช้จริง

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง

โครงการวิจัยผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์จากสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย เอกสารรับรองการพิจารณาจริยธรรมโครงการวิจัย CRPPH0 No. 92/2563 วันที่ 30 ธันวาคม 2563 ผู้วิจัยได้ชี้แจงวัตถุประสงค์ รายละเอียดขั้นตอน การเก็บรวบรวมข้อมูล และเปิดโอกาสให้กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมโครงการด้วยความสมัครใจ สามารถบอกเลิกเข้าร่วมในโครงการวิจัยเมื่อใดก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องแจ้งเหตุผล และการบอกเลิกการเข้าร่วมโครงการ จะไม่มีผลต่อการรักษาโรคหรือสิทธิอื่น ๆ นำเสนอข้อมูล

เป็นภาพรวมไม่เฉพาะในส่วนผู้เข้าร่วมโครงการ

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

สัปดาห์ที่ 1 ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนบุคคล นำข้อมูลที่ได้มาจับคู่ให้กลุ่มตัวอย่างมีลักษณะคล้ายกัน ก่อนการสุ่มเข้ากลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง และจัดอบรมสาธิตวิธีการใช้งานและให้กลุ่มตัวอย่างสาธิตย้อนกลับจนสามารถใช้งานได้ถูกต้อง กลุ่มทดลองได้รับการสอนสาธิตการใช้งานและลองปฏิบัติจนกว่าจะสามารถใช้งานเครื่องได้

สัปดาห์ที่ 2-9

กลุ่มทดลอง ผู้วิจัยนำนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง พร้อมทั้งโปรแกรมไปให้ผู้สูงอายุใช้ออกกำลังกายที่บ้าน จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และติดตามวัดความดันโลหิตก่อนและหลังออกกำลังกายทุกครั้ง

กลุ่มควบคุม ดำเนินชีวิตตามปกติ ผู้วิจัยมีการติดตามระดับความดันโลหิตและแรงบีบมือสูงสุดของกลุ่มตัวอย่าง ก่อนและหลังการทดลองในสัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 9

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลส่วนบุคคลใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตก่อนและหลังการทดลอง โดยใช้สถิติ Paired t-test และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยความดันโลหิตระหว่างกลุ่มโดยใช้สถิติ Independent t-test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติไว้ที่ระดับ .05

ผลการทดสอบประสิทธิผลของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายชนิดแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง

การศึกษาในครั้งนี้เลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 43 ราย ที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เป็นกลุ่มควบคุม 21 ราย และกลุ่มทดลอง 22 ราย ซึ่งเป็นจำนวนที่เพียงพอเนื่องจากผู้วิจัยได้มีการคำนวณการสูญหายของกลุ่มตัวอย่างไว้แล้ว เนื่องจากระหว่างการศึกษามีการระบาดของโรคโควิด 19

ทำให้ผู้ป่วยติดเชื่อและผู้ที่มีสัมผัสใกล้ชิดจำเป็นต้องเข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลหรือกักตัวตามมาตรการการป้องกันโรค ส่งผลให้ไม่สามารถเข้าร่วมออกกำลังกายครบตามโปรแกรมได้ กลุ่มทดลองมีการยุติการเข้าร่วมในระหว่างการศึกษา (Drop out) จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 20 และกลุ่มควบคุม 5 ราย คิดเป็นร้อยละ 25

คุณลักษณะทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม ก่อนการออกกำลังกายด้วยนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง ได้แก่ อายุ การใช้ยาควบคุมความดันโลหิตในกลุ่มเดียวกัน และค่าความดันโลหิตมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p > .05$) ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม โดยใช้สถิติ Independent t-test (n=43)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=21)		กลุ่มทดลอง (n=22)		t	p-value
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
อายุ (ปี)	79.95	10.40	80.59	8.77	-.218	.829
ความดันโลหิตซิสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท)	134	15.68	137.59	10.26	-.893	.377
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก (มิลลิเมตรปรอท)	72.05	11.33	68.64	9.89	1.053	.298
จำนวนกลุ่มยาควบคุมความดันโลหิต	1.71	0.72	1.81	0.73	-.470	.641

นอกจากนี้ กลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองที่ไม่ได้ออกกำลังกายคิดเป็นร้อยละ 33.33 และร้อยละ 40.91 ตามลำดับ ออกกำลังกายด้วยการเดินคิดเป็นร้อยละ 23.81 และร้อยละ 22.73 ตามลำดับ ออกกำลังกายด้วยการแกว่งแขนคิดเป็นร้อยละ 19.05 และร้อยละ 9.09 ตามลำดับ ออกกำลังกายด้วยการยืดเหยียดแขน-ขาคิดเป็นร้อยละ 23.81 และร้อยละ 27.27 ตามลำดับ ซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่มีความหนักระดับปานกลางน้อยกว่า 150 นาทีต่อสัปดาห์ ดังนั้น กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดร้อยละ 100 ไม่มีการออกกำลังกาย

หรือออกกำลังกายที่ไม่เพียงพอ

3.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตทั้งซิสโตลิกและไดแอสโตลิกก่อนและหลังการออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง พบว่าค่าเฉลี่ยความดันโลหิตทั้งซิสโตลิกและไดแอสโตลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ในขณะที่ค่าเฉลี่ยความดันโลหิตของกลุ่มควบคุม พบว่าทั้งค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิกและไดแอสโตลิกจะก่อนและหลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิก และไดแอสโตลิกของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังการทดลอง สัปดาห์ที่ 2 และสัปดาห์ที่ 9 โดยใช้สถิติ Paired t-test (n=43)

ค่าเฉลี่ย (มิลลิเมตรปรอท)	ก่อนการทดลอง		หลังการทดลอง		t	p-value
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
ความดันโลหิตซิสโตลิก						
กลุ่มควบคุม (n=21)	132.38	17.83	129.14	18.83	0.866	.200
กลุ่มทดลอง (n=22)	133.73	12.60	121.77	7.91	4.620	< .001
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก						
กลุ่มควบคุม (n=21)	73.14	11.92	72.10	11.05	0.383	.350
กลุ่มทดลอง (n=22)	73.64	10.63	68.05	9.59	4.373	< .001

3.2 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิกและไดแอสโตลิกภายหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าความดันโลหิตซิสโตลิกของกลุ่มทดลองลดลง 12.00 มิลลิเมตรปรอทแตกต่างจากกลุ่ม

ควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.02$) แต่ความดันไดแอสโตลิกของทั้งสองกลุ่มลดลงไม่มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิกและไดแอสโตลิกภายหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติ Independent t-test ($n=43$)

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง	Mean difference	t	p-value
	$\bar{X}$ (S.D.)	$\bar{X}$ (S.D.)			
ความดันโลหิตซิสโตลิก					
กลุ่มควบคุม ($n=21$)	132.38 (17.83)	129.14 (18.83)	3.24	1.94	.029
กลุ่มทดลอง ($n=22$)	133.73 (12.60)	121.77 (7.91)	12.00		
ความดันโลหิตไดแอสโตลิก					
กลุ่มควบคุม ($n=21$)	73.14 (11.92)	72.10 (11.05)	1.05	1.52	.071
กลุ่มทดลอง ($n=22$)	73.64 (10.63)	68.05 (9.59)	5.55		

การอภิปรายผล

การพัฒนานวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาจากการศึกษาองค์ความรู้เกี่ยวกับการออกกำลังกายที่ให้ผลในการลดความดันโลหิต ความต้องการของกลุ่มผู้ใช้ประโยชน์และปรับปรุงเพิ่มจากนวัตกรรมที่มีอยู่เดิม โดยต้องการให้นวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสามารถคำนวณแรงบีบมือที่เหมาะสมโดยอัตโนมัติ จับเวลาการออกกำลังกาย มีหน้าจอแสดงผล อุปกรณ์มีขนาดเล็กพกพาสะดวก ลดความซับซ้อนในการใช้งาน และราคาเหมาะสม ร่วมกับปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมและผู้เชี่ยวชาญด้านการพยาบาลผู้ใหญ่และผู้สูงอายุเพื่อให้ทำงานได้ถูกต้องตามหลักการออกกำลังกาย และเหมาะสมกับผู้ใช้งานที่เป็นผู้สูงอายุ ทำให้นวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างมีจุดเด่น คือ สะดวกในการใช้งาน เนื่องจากสามารถวัดแรงบีบมือสูงสุดได้ คำนวณหาค่าแรงบีบมือที่เหมาะสมสำหรับผู้ใช้งานแต่ละคนได้อัตโนมัติ และยังออกแบบส่วนควบคุมและส่วนคำนวณที่มีสายเชื่อมต่อกัน ทำให้ในแต่ละอริยาบทที่ออกกำลังกายสามารถมองเห็นหน้า

จอแสดงผลที่มีสีสันที่ผู้สูงอายุสามารถมองเห็นได้ชัดเจน และหน้าจอแสดงผลสามารถแสดงแรงบีบจริงในขณะที่ออกแรงบีบและช่วงของแรงบีบที่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถควบคุมแรงบีบมือให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมได้ เสียงสัญญาณเตือนเมื่อแรงบีบไม่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมและมีเสียงอธิบายขั้นตอนในการทำงานในกรณีที่ผู้สูงอายุมีความบกพร่องด้านการมองเห็นหรือไม่สามารถอ่านได้ สามารถจับเวลาในการบีบเกร็งมือค้างที่ 2 นาที และเวลาคลายมือ 1 นาที ทั้งหมดจำนวน 4 รอบ มีระบบพลังงานสำรอง และสายเชื่อมต่อสามารถถอดเก็บได้ให้มีขนาดลดลง สามารถนำออกไปใช้นอกสถานที่ได้

การศึกษาประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูงมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานการทำงานในด้านความสามารถในการวัดแรงบีบมือสูงสุด คำนวณแรงบีบเกร็งมือค้างที่เหมาะสม ความถูกต้องของค่าเฉลี่ยแรงบีบมือสูงสุด ความถูกต้องของการจับเวลา เนื่องจากการเขียนชุดคำสั่งลงไปในไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้บอร์ด Arduino ซึ่งสามารถคำนวณ

แรงบีบและจับเวลาได้ถูกต้อง แม่นยำมีความคลาดเคลื่อนน้อย (Buachoom, Wuttiptom, & Sujarittham, 2020) นอกจากนี้การศึกษาประสิทธิภาพด้านความพึงพอใจของผู้ใช้งานนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างสำหรับผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูงเนื่องจากออกแบบให้สามารถใช้งานได้ง่าย อีกทั้งยังใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายแต่ละครั้งเพียง 11 นาที ไม่ต้องใช้พื้นที่มากในการออกกำลังกาย สามารถออกกำลังกายได้ทุกเมื่อที่ต้องการ ซึ่งผู้สูงอายุนอกจากปัจจัยทางด้านร่างกายและการมีโรคประจำตัวที่ส่งผลต่อการมีกิจกรรมทางกายแล้ว ผู้สูงอายุบางคนยังมีภาระหน้าที่รับผิดชอบ เช่น การดูแลทำงานบ้าน การเลี้ยงหลาน เป็นต้น อีกทั้งปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวย บริเวณที่พักอาศัยมีพื้นที่จำกัด หรือไม่ปลอดภัยในการออกกำลังกาย เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ การจัดสิ่งแวดล้อมที่เอื้ออำนวยความสะดวกและปลอดภัย จะช่วยส่งเสริมการออกกำลังกายมากยิ่งขึ้น (Chantakeeree, Sormunen, Jullamate, & Turunen, 2021) จึงทำให้ผู้สูงอายุมีความพึงพอใจในด้านนวัตกรรมช่วยส่งเสริมการออกกำลังกายมากที่สุด สอดคล้องกับผลการสำรวจความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างพบว่านวัตกรรมสามารถใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะนวัตกรรมช่วยส่งเสริมการออกกำลังกายที่สามารถทำได้ทุกเมื่อ ส่งเสริมให้ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงได้ออกกำลังกายโดยไม่ต้องเคลื่อนไหวร่างกายมากจนเกินไป

การศึกษาประสิทธิผลของการใช้งานนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างต่อการลดค่าเฉลี่ยความดันโลหิตในผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้านที่มีโรคความดันโลหิตสูง พบว่า ค่าเฉลี่ยความดันทั้งซิสโตลิกและไดแอสโตลิกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$) และเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความดันโลหิตซิสโตลิกและไดแอสโตลิกภายหลังการทดลอง ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าความดันโลหิตซิสโตลิกของกลุ่มทดลองลดลง 12.00 มิลลิเมตรปรอทแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.02$) แต่ความดันไดแอสโตลิกของทั้งสองกลุ่มลดลงไม่มีความแตกต่างกัน ($p = .07$) การออกกำลังกาย

แบบบีบมือเกร็งค้างสามารถลดระดับความดันซิสโตลิกผ่านกระบวนการปรับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ โดยลดการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกส่งผลทำให้หัวใจ บีบตัวทำงานลดลงและความดันโลหิตลดลง (Murugan & SK, 2018) และการปรับปรุงการทำงานของหลอดเลือดด้วยการกระตุ้นให้เยื่อผนังหลอดเลือดหลังเอนไซม์เพื่อให้มีการสังเคราะห์ไนตริกออกไซด์ที่มีบทบาทสำคัญในการลดความตึงตัวของหลอดเลือดลดแรงต้านทานรวมส่วนปลาย รวมถึงลดการเกิดภาวะความแข็งตัวของหลอดเลือดแดง ส่งผลให้ความดันโลหิตลดลงได้ (Hartog et al., 2018; Silva et al., 2021; Yoon et al., 2019) การลดภาวะเครียดออกซิเดชั่น หลอดเลือดถูกทำลายลดลง ส่งผลทำให้ความดันโลหิตลดลงได้ (Olier et al., 2019) และสอดคล้องกับการศึกษาของคุษฎี ก้อนอาทร และ พรณี ไชยวงศ์ (Konartorn & Chaiwong, 2022) พบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างแบบเครื่องแฮนด์กริป พบว่าการออกกำลังกายชนิดนี้ให้ผลลัพธ์ที่ชัดเจนที่สุดต่อการขยายขนาดของหลอดเลือด

นอกจากนี้การพัฒนาเครื่องออกกำลังกายใช้หลักการออกกำลังกายของ FITTE เป็นกรอบแนวคิด โดยเป็นการออกกำลังกายชนิดมีแรงต้านแบบบีบมือเกร็งค้าง (Type) ที่ระดับความหนักปานกลาง (Intensity) ใช้ระยะเวลาในการออกกำลังกายครั้งละ 11 นาที ประกอบด้วยระยะพัก 1 นาที และระยะบีบมือเกร็งค้าง 2 นาที ถือเป็น 1 รอบ ทำซ้ำทั้งหมด 4 รอบ (Time) จำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ (Frequency) ต่อเนื่องกันเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ประกอบกับการทดลองใช้แต่ละครั้งจะมีผู้วิจัยนำเครื่องออกกำลังกายไปให้ทดลองใช้มีการให้ข้อมูลเกี่ยวกับการออกกำลังกาย อีกทั้งมีผู้ดูแลเป็นบุคลากรที่รักอยู่ใกล้ชิด ดูแล เป็นกำลังใจให้ระหว่างที่ผู้สูงอายุออกกำลังกาย ซึ่งการได้รับการสนับสนุนจากครอบครัว บุคลากรทางการแพทย์ เจ้าหน้าที่สาธารณสุขและเจ้าหน้าที่ชมรมผู้สูงอายุมีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการออกกำลังกายของผู้สูงอายุ (Khunsaard, 2020) สนับสนุนให้ผู้สูงอายุพึงพอใจด้านนวัตกรรมช่วยส่งเสริมการออกกำลังกาย เกิดเป็นการทำ

กิจกรรมร่วมกันระหว่างผู้สูงอายุและผู้ดูแลสร้างความสนุกสนานให้กับผู้สูงอายุได้อีกด้วย (Enjoyment) ทำให้การออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างมีประสิทธิภาพในการลดความดันโลหิต แต่ผลการศึกษายังพบอีกว่าการลดลงของค่าเฉลี่ยความดันโลหิตเฉลี่ยทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน อาจเนื่องจากผู้สูงอายุที่ทั้ง 2 กลุ่มมีการรับประทานยาลดความดันโลหิตที่มีผลต่อหลอดเลือดส่วนปลาย อาจทำให้การออกกำลังกายส่งผลต่อความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวน้อยกว่าความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว จนไม่สามารถเห็นความแตกต่างในการลดระดับความดันโลหิตได้ (Almeida et al., 2021)

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

การทดลองครั้งนี้ทำให้เห็นผลอย่างชัดเจนว่าการออกกำลังกายด้วยนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้าง สามารถลดความดันโลหิตในผู้สูงอายุโดยเฉพาะกลุ่มติดบ้านได้ จึงควรนำไปส่งเสริมให้ผู้สูงอายุกลุ่มติดบ้าน ติดเตียงและผู้มีข้อจำกัดในการเคลื่อนไหว ให้ออกกำลังกายด้วยนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างนี้ ซึ่งออกแบบใช้งานได้ง่าย ใช้เวลาสั้นเพียง 11 นาที สะดวกในการออกกำลังกายอยู่ที่บ้าน ทำให้เกิดความร่วมมือในการออกกำลังกาย ให้ผลในการลดความดันโลหิต และมีราคาเหมาะสมเมื่อเทียบกับประโยชน์ที่ได้รับ

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ศึกษาประสิทธิภาพของนวัตกรรมเครื่องออกกำลังกายแบบบีบมือเกร็งค้างในผู้สูงอายุโรคความดันโลหิตกลุ่มติดบ้าน ติดเตียง ในพื้นที่อื่น ๆ โดยมีการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้นและเพิ่มระยะเวลาในการศึกษาเนื่องจากการศึกษาในครั้งนี้อาจมีข้อจำกัดของการศึกษาเกี่ยวกับจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ด้วยสถานการณ์การระบาดของโรคโควิด 19 ส่งผลให้ภายหลังจากการยุติการเข้าร่วมในระหว่างการศึกษาเหลือจำนวนกลุ่มควบคุม 21 คน ซึ่งน้อยกว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่คำนวณไว้ที่ 22 คน เพื่อยืนยันผลในการลดระดับความดันโลหิต

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเครือข่ายบริหารการวิจัยภาคเหนือตอนบน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้การสนับสนุนทุนการวิจัยและขอขอบพระคุณโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบลป่าอ้อดอนชัย อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

เอกสารอ้างอิง

- Almeida, J.P.A.D.S., Bessa, M., Lopes, L.T.P., Goncalves, A., Roevers, L., & Zanetti, H.R. (2021). Isometric handgrip exercise training reduces resting systolic blood pressure but does not interfere with diastolic blood pressure and heart rate variability in hypertensive subjects: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Hypertension research*, 44(9), 1205-1212.
- American College of Sports Medicine. (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (6th ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilking.
- Arnett, D.K., Blumenthal, R.S., Albert, M.A., Buroker, A.B., Goldberger, Z.D., Hahn, E.J., ... Michos, E.D. (2019). 2019 ACC/AHA guideline on the primary prevention of cardiovascular disease: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines. *Circulation*, 140(11), e596-e646.
- Buachoom, A., Wuttirom, S., & Sujarittham, T. (2020). Applying arduino platform for physics measurement instruments. *Journal of Science & Science Education*, 3(1), 98-104.
- Burns, N., & Grove, S.K. (2005). *The practice of nursing research: Conduct, critique and utilization* (5th ed.). Missouri: Elsevier Saunders.
- Chantakeeree, C., Sormunen, M., Jullamate, P., & Turunen, H. (2021). Health-promoting behaviors among urban and rural older Thai adults with hypertension: A cross-sectional study. *Pacific Rim Int J Nurs Res*, 25(2), 242-254.
- Grove, S.K., Burns, N., & Gray, J.R. (2013). *The practice of nursing research appraisal, synthesis, and generation of evidence* (7th ed.). St. Louis: Elsevier Saunders.
- Hamilton, G.F., McDonald, C., & Chenier, T.C. (1992). Measurement of grip strength: Validity and reliability of the sphygmomanometer and jamar grip dynamometer. *Research study*, 16(5), 215-219.
- Hartog, R., Bolignano, D., Sijbrands, E., Pucci, G., & Mattace-Raso, F. (2018). Short-term vascular hemodynamic responses to isometric exercise in young adults and in the elderly. *Clinical interventions in aging*, 13, 509-514.
- Jorgensen, M.G., Ryg, J., Danielsen, M.B., Madeleine, P., & Andersen, S. (2018). Twenty weeks of isometric handgrip home training to lower blood pressure in hypertensive older adults: A study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 19(1), 1-7.
- Kanchanapibulwong, A., Khamwangsang, P., & Kaewtha, S. (2020). *Situation report on NCDs, diabetes, hypertension high blood pressure and associated risk factors, 2019*. Bangkok: Graphic and design publishing house. [In Thai].
- Khunsaard, P. (2020). Factors affecting the physical exercise behavior in the elderly of Ban Huai San Phlapphla health promotion hospital, Pongphrae subdistrict, Maelao district, Chiangrai province. *Academic Journal Utraratit Rajabhat University Science and Technology (For local development)*, 15(1), 33-50. [In Thai].
- Konartorn, D., & Chaiwong, P. (2022). Resistance of arm exercise patterns on maturation of vascular access among persons receiving hemodialysis: A systematic review. *Nursing Journal*, 49(1), 252-265. [In Thai].
- Murugan, S., & SK, S. (2018). Impact of isotonic handgrip exercise on blood pressure and sympathetic response in prehypertensives. *Fiziologia-Physiology*, 28(1), 21-30.

- National Research Council of Thailand. (2020). *Thailand inventors' day 2020*. Bangkok: Ministry of Higher Education, Science, Research and Innovation. [In Thai].
- Olher, R.R., Rosa, T.S., Souza, L.H.R., Oliveira, J.F., Soares, B.R.A., Ribeiro, T.B.A., ... Marchetti, P.H. (2019). *Isometric exercise improves redox balance and blood pressure in hypertensive adults*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. doi: 10.1249/MSS.0000000000002223.
- Piikmann, S., & Reisberg, K. (2018). The effect of isometric handgrip training on blood pressure. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 24, 109–120.
- Silva, J.K.T.N.F., Meneses, A.L., Parmenter, B.J., Ritti-Dias, R.M., & Farah, B.Q. (2021). Effect of resistance training on endothelial function: A systematic review and meta-analysis. *Atherosclerosis*, 333, 91-99.
- Thai Hypertension Society. (2019). *2019 Thai guidelines on the treatment of hypertension 1st*. Chiangmai: Trick Think. [In Thai].
- Worachet, S., & Nakmareong, S. (2017). Effect of isometric handgrip exercise on blood pressure in pre-hypertensive women. *Journal of Associated Medical Sciences*, 50(2), 197-207. [In Thai].
- Wu, Y., Panza, G.A., Taylor, B.A., & Pescatello, L.S. (2019). Healthy aging and exercise: Treating disease and disability. In P.P. Coll (Eds), *Healthy aging* (pp. 241-261). Swizerland: Springer Nature Swizerland.
- Yoon, E.S., Choo, J., Kim, J.Y., & Jae, S.Y. (2019). Effects of isometric handgrip exercise versus aerobic exercise on arterial stiffness and brachial artery flow-mediated dilation in older hypertensive patients. *The Korean Journal of Sports Medicine*, 37(4), 162-170.
- Zona plus user manual. (2020). *Zona plus quick start guide 2020*. Retrieved 8 March 2023 from <https://manuals.plus/wp-content/uploads/2020/10/Zona-Plus-User-Manual.pdf>