

EFFECTS OF 8 WEEKS MODIFIED HIGH-INTENSITY CIRCUIT TRAINING USING BODYWEIGHT ON BODY WEIGHT, BODY CIRCUMFERENCE AND RESTING METABOLIC RATE IN SEDENTARY OBESE WOMAN

Amornpan AJJIMAPORN*, Chutimon KHEMTONG and Waree WIDJAJA

College of Sports Science and Technology, Mahidol University, Nakhon Pathom 73170

ABSTRACT

Objective: The present study was to investigate effects of 8-week modified high intensity circuit training using bodyweight (modified HICT_{BW}) on body weight (BW), Waist/Hip circumference ratio (WHR), body circumferences and resting metabolic rate in sedentary obese women.

Methods: Twenty-four sedentary female (aged between 20 and 40 years) who have body mass index between 25-29.9 kg/m² participated and were divided into untrained groups and trained groups. The trained group performed modified HICT_{BW} program for 8 weeks. All parameters were measured before and after the 8-week study period in both groups

Results: There was a significant increase in resting metabolic rate after 8 weeks of modified HICT_{BW} training ($p < 0.05$), however, there were no significant differences in BW, WHR and body circumference in trained group when compared before and after an eight-week training.

Discussion: An eight-week modified HICT_{BW} exerts the beneficial effects on an improvement of resting metabolic rate, but not body weight loss and changes in body circumference in sedentary obese people.

(Journal of Sports Science and Technology 2017; 17(2): 109-120)

Keywords: Exercise Position / Weight Loss / Bodyweight / Waist/Hip circumference Ratio

*Corresponding author: Amornpan AJJIMAPORN

College of Sports Science and Technology,

Mahidol University, Nakhon Pathom 73170

E-mail: amornpan.ajj@mahidol.edu

ผลของการฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูงแบบประยุกต์โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน ต่อโครงสร้างร่างกาย และอัตราการใช้พลังงานขณะพักของร่างกายในหญิงอ้วนที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง

อมรพันธ์ อัจจิมาพร* ชุติมณพณ์ เข้มทอง และวารี วิดจายา

วิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา จ.นครปฐม 73170

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูงแบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ต่อน้ำหนักตัว ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อรอบวงส่วนสะโพก เส้นรอบวงของส่วนต่างๆ ของร่างกาย และอัตราการใช้พลังงานขณะพักในหญิงอ้วนระดับที่ 1 ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง

วิธีการวิจัย อาสาสมัครหญิงจำนวน 24 คน ที่มีภาวะอ้วนระดับที่ 1 คือมีค่าดัชนีมวลกาย เท่ากับ 25.0-29.9 กิโลกรัม/เมตร² มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง อายุระหว่าง 30-40 ปี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยสุ่ม คือกลุ่มที่รับและไม่ได้รับการฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูงแบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน จำนวนกลุ่มละ 12 คน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ตัวแปรทั้งหมดถูกวัด ก่อนฝึกและหลังฝึก

ผลการศึกษา พบว่าการฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูงแบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ไม่สามารถลดน้ำหนักตัว รวมทั้งไม่สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเส้นรอบวงของส่วนต่างๆ ของร่างกาย อย่างไรก็ตาม การฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูงแบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ มีผลเพิ่มอัตราการใช้พลังงานขณะพักของอาสาสมัครกลุ่มฝึกได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุปผลการศึกษา การฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูงแบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้านเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นโปรแกรมที่สามารถเพิ่มอัตราการใช้พลังงานขณะพักได้ แต่ไม่มีผลของการลดน้ำหนักตัว รวมทั้งขนาดของส่วนต่างๆ ของร่างกาย ในหญิงอ้วนที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง

(Journal of Sports Science and Technology 2017; 17(2): 109-120)

คำสำคัญ: ท่าทางของการฝึก / การลดน้ำหนักตัว / อัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อรอบวงส่วนสะโพก

บทนำ

จากรายงานของสำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทย กล่าวว่า ในปี พ.ศ. 2552 กล่าวว่า ประชากรไทย ที่มีอายุมากกว่า 15 ปีขึ้นไป จำนวนมากกว่า 1 ใน 3 มีภาวะ “น้ำหนักเกิน” และจำนวนประมาณ 1 ใน 10 มีภาวะ “อ้วน” โดยในจำนวนนั้นประชากรเพศหญิงมีอัตราความอ้วนที่สูงกว่าเพศชายถึง 3 เท่า¹ สาเหตุเริ่มต้นของภาวะน้ำหนักเกิน และภาวะอ้วนนั้น เริ่มจากการใช้ชีวิตที่ไม่เหมาะสม รับประทานอาหารมากเกินไป โดยเฉพาะอาหารที่มีน้ำตาล และไขมันสูง ร่วมกับการมีพฤติกรรมเนือยนิ่ง² “พฤติกรรมเนือยนิ่ง” หรือ Sedentary Behavior หมายถึง การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ขณะที่นั่งหรือนอนเล่น (ไม่รวมการนอนหลับ) โดยใช้พลังงานน้อยกว่า 1.5 metabolic equivalents (METs: หน่วยที่ใช้ในการประมาณค่าของจำนวนออกซิเจนที่ถูกร่างกายใช้)³ หรืออาจกล่าวได้ว่า คือผู้ที่ทำเฉพาะกิจกรรมในชีวิตประจำวัน ที่ไม่มีกิจกรรมการออกกำลังกายตลอดทั้งสัปดาห์ จากการสำรวจพฤติกรรมคนไทย โดยสถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่า คนไทยมีการเคลื่อนไหวร่างกายน้อย หรือที่เรียกว่า “พฤติกรรมเนือยนิ่ง” ซึ่งไม่รวมการนอนหลับ เฉลี่ยถึง 13.42 ชั่วโมง กระดืบ กระเจงเพียง 1.57 ชั่วโมงในหนึ่งวัน⁴ ยิ่งไปกว่านั้น องค์การอนามัยโลก(WHO) พบว่า ประชากรโลกอายุตั้งแต่ 15 ปีขึ้นไป ร้อยละ 31 มีกิจกรรมทางกายที่ไม่เพียงพอ ซึ่งเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตของประชากรโลกร้อยละ 5.5 หรือประมาณ 3.2 ล้านคน ในแต่ละปี⁵

มาตรฐานการออกกำลังกายโดยวิทยาลัยแพทยเวชศาสตร์การกีฬาอเมริกัน (The American College of Sports Medicine :ACSM) แนะนำการออกกำลังกายในคนทั่วไปที่มีสุขภาพดี ว่าควรมีการออกกำลังกายแบบรูปแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic exercise) ระดับความหนักปานกลาง เป็นเวลาอย่างน้อย 30-60 นาทีต่อครั้ง เป็นเวลา 5 วันต่อสัปดาห์ หรือที่ระดับความหนักมาก เป็นเวลาอย่างน้อย 20-60 นาทีต่อครั้ง เป็นเวลา 3 วันต่อสัปดาห์ ส่วนการออกกำลังกายแบบใช้ความต้านทาน (Resistance exercise) นั้น ควรฝึกกล้ามเนื้อมัดใหญ่ โดยทำ 8-12 ครั้ง ต่อเซต 2-4 เซต ต่อการออกกำลังกายในแต่ละวัน เป็นเวลา 2-3 วันต่อสัปดาห์⁶ นอกจากนี้ ACSM ได้กล่าวถึง การผสมผสานระหว่างการออกกำลังกายหลายชนิดเข้าด้วยกันในการออกกำลังกายเพียงครั้งเดียว ที่เรียกว่า Combination exercises (9) ซึ่งการออกกำลังกายประเภทนี้ มีการผสมผสานรูปแบบและลำดับการออกกำลังกายหลายชนิดที่แตกต่างไปเช่น รูปแบบการออกกำลังกายแบบความหนักสูงสลับกับช่วงพัก (High-Intensity Interval Training; HIIT)⁷ การฝึกแบบวงจรด้วยความหนักต่ำ (Low-Intensity Circuit Training; LICT)⁸ และ การฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูง (High-Intensity Circuit Training; HICT)^{8,9} เป็นต้น

การฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูง เป็นการออกกำลังกายที่มีการผสมผสานกันระหว่างการออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน และแบบใช้แรงต้าน โดยมีช่วงเวลาพักที่จำกัด อีกทั้งการมีรูปแบบการออกกำลังกายที่แตกต่างกันในแต่ละสถานี ปกติการฝึก 1 รอบ (หรือ 1 วงจร) ประกอบด้วย 9-12 สถานี โดยจะใช้เวลาเพียง 7-10 นาที ต่อรอบ โดยสามารถทำได้ 2-3 รอบในแต่ละครั้งของการออกกำลังกาย¹⁰ ในปี ค.ศ. 2013 Paoli และคณะ⁹ ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบ การฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูง (HICT training), การฝึกแบบวงจรด้วยความหนักต่ำ และการฝึกความทนทาน เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ในผู้ชายวัยกลางคนที่มีความอ้วน น้ำหนักเกิน โดยดูผลของสัดส่วนของร่างกาย ประกอบด้วย น้ำหนักตัว มวลไขมัน ความดันโลหิต และผลการตรวจค่าบ่งชี้ภาวะไขมันในเลือด พบว่าการออกกำลังกายรูปแบบ HICT นั้นให้ผลดีที่สุดต่อการเปลี่ยนค่าตัวแปรต่าง ๆ เมื่อเทียบกับการออกกำลังกายรูปแบบอื่น ๆ

การออกกำลังกายแบบ HICT รูปแบบเดิมนั้น มีข้อจำกัดคือ สามารถทำได้เฉพาะในสถานที่ออกกำลังกายที่มีอุปกรณ์ในการออกกำลังกาย เช่น ดัมเบลล์ บาร์เบลล์ เป็นต้น จึงไม่สะดวกสำหรับสังคมยุคใหม่ที่เร่งรีบ ดังนั้น การนำ

รูปแบบ HICT มาประยุกต์โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน ($HICT_{BW}$) แทนการใช้เครื่องมือ จะสามารถทำให้นุคนคลทั่วไปได้เข้าถึงการออกกำลังกายแบบนี้ได้ง่ายขึ้น โดยสามารถออกกำลังกายได้ในทุก ๆ สถานที่ ปี 2015 Schmidt และคณะ¹¹ ได้ทำการศึกษาผลของฝึกรูปแบบ $HICT_{BW}$ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ต่อค่าสมรรถภาพทางกาย ในเด็กนักเรียนจำนวน 96 คน ผลการศึกษา พบว่ามีการพัฒนาของความทนทาน และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อรวมไปถึงสมรรถภาพของร่างกายในการนำเอาออกซิเจนไปใช้ดีขึ้น Wang¹² และคณะ ได้ทำการศึกษาหาผลของการฝึกรูปแบบ $HICT_{BW}$ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยดูผลไขมันในร่างกาย สมรรถภาพทางกายในการใช้ออกซิเจน และ ตัวบ่งชี้ภาวะอ่อนล้าลงพุง ในผู้ชายวัยกลางคนที่มีภาวะน้ำหนักตัวเกิน จำนวน 23 คน พบว่าค่าตัวแปรต่าง ๆ มีการพัฒนาไปในทางที่ดีขึ้นทั้งสัดส่วนของร่างกายและความสามารถในการนำเอาออกซิเจนไปใช้หลังจากการฝึก

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกกำลังกายรูปแบบ $HICT_{BW}$ นั้นมียังไม่มากนัก และเป็นการศึกษาในเพศชายเท่านั้น แต่จากสถิติคนอ้วนในประเทศไทย พบว่าเพศหญิงมีจำนวนมากกว่าเพศชาย และเพศหญิงยังมีพฤติกรรมเนือยนิ่งมากกว่าเพศชายอีกด้วย ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีจุดประสงค์คือ เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบผลของการฝึก $HICT_{BW}$ แบบประยุกต์ ก่อนและ หลังการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ต่อน้ำหนักตัว (Body weight: BW) ค่าอัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพก (Waist/Hip Ratio: WHR) ขนาดของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (body circumference) และอัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐานของร่างกาย (Basal metabolic rate: BMR) ในหญิงอ้วนระดับที่ 1 ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ คาดว่าจะได้รูปแบบการออกกำลังกายใหม่ที่มีประสิทธิภาพ และเหมาะสม ที่สามารถนำมาใช้เป็นแรงจูงใจให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมเนือยนิ่งไปสู่การมีกิจกรรมทางกายอย่างเพียงพอในประชากรไทยโดยเฉพาะผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน หรือมีภาวะอ้วน ที่มีแนวโน้มจะสูงขึ้นในประเทศไทยต่อไป

วิธีการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัย

การวิจัยนี้ใช้ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้หญิงสุขภาพดี มีค่าดัชนีมวลกาย (BMI) ระหว่าง 25.0-29.9 กิโลกรัม/เมตร² หรืออ้วนระดับที่ 1 ตามการแบ่งของ International Obesity Task Force (IOTF) ของกลุ่มคนในทวีปเอเชีย¹⁴ และเป็นผู้ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง หรือทำเฉพาะกิจกรรมในชีวิตประจำวันโดยไม่มีการออกกำลังกาย ตลอดสัปดาห์ ที่มีอายุ 30-40 ปี จำนวน 24 คน โดยทำการแบ่งกลุ่มผู้เข้าร่วมวิจัย ตามความสมัครใจ คือ กลุ่มที่ไม่ได้เข้ารับการฝึก Modified $HICT_{BW}$ จำนวน 12 คน และกลุ่มที่เข้ารับการฝึก Modified $HICT_{BW}$ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ จำนวน 12 คน โดยกลุ่มที่ไม่ได้เข้ารับการฝึก Modified $HICT_{BW}$ จะถูกขอให้ทำกิจวัตรประจำวันตามปกติตลอดช่วงเวลา 8 สัปดาห์ ก่อนทำการวิจัยผู้เข้าร่วมวิจัยทุกคนเซ็นเอกสารยินยอมการเข้าร่วมวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคนของมหาวิทยาลัยมหิดล เลขที่ MU-IRB 2016/199.2511

เครื่องมือวิจัย

แบบสอบถามประเมินความพร้อมในการทำกิจกรรมทางกาย (PAR-Q) จะถูกใช้ในการกรองผู้เข้าร่วมวิจัย แบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการรับประทานอาหารเช้า จะถูกบันทึกโดยผู้เข้าร่วมการวิจัย และนำมาส่งวันศุกร์ทุกสัปดาห์ จนกว่าการวิจัยสิ้นสุด ทั้งนี้ในระหว่างการวิจัย ผู้เข้าร่วมการวิจัยสามารถรับประทานอาหารได้ตามต้องการ ผลการบันทึกข้อมูลอาหารพบว่า ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่ได้มีพฤติกรรมรับประทานอาหารเช้าที่มากหรือน้อยไปจากปกติแต่อย่างใดตลอด

ช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของการวิจัย ผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มจะได้รับการทดสอบด้วยเครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ วัดอัตราการเต้นของหัวใจ ด้วยอุปกรณ์วัดชีพจร Polar (Polar RS800CX heart rate monitor, USA.) วัดความดันโลหิตด้วยเครื่องวัดความดัน วัดส่วนสูง ด้วยเครื่องวัดส่วนสูง (NAGATA S/N C112882, TAIWAN) ส่วนน้ำหนักตัว และสัดส่วนร่างกาย จะถูกวัดโดยใช้เครื่อง Inbody [®] (model ELx808IU, USA) และค่า BMR จะถูกวัดโดยใช้เครื่อง Oxycon [®] mobile (Germany) ตัวแปรทั้งหมดจะถูกวัดสองครั้ง คือเมื่อแรกเข้าโปรแกรม และ เมื่อผ่านกระบวนการการฝึก Modified HICT _{BW} ระยะเวลา 8 สัปดาห์

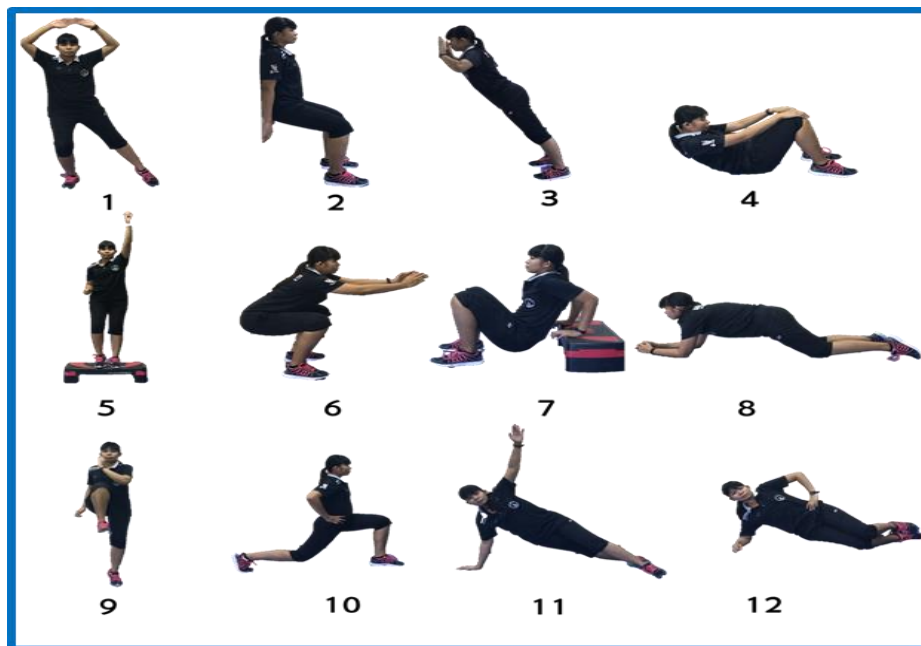
การวัดค่าอัตราการใช้พลังงานขณะพัก โดยใช้เครื่อง Oxycon [®] mobile

ผู้เข้าร่วมวิจัยมาถึงห้องปฏิบัติการเวลา 8 โมงเช้า หลังจากงดอาหารเป็นเวลา 12 ชั่วโมง และงดการทำกิจกรรมอย่างหนัก เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพักอย่างน้อย 10 นาที ติดสายคาดบริเวณอกเพื่อติดตามอัตราการเต้นของหัวใจ และสวมหน้ากากที่มีสายต่อเข้ากับเครื่อง Oxycon mobile เพื่อวิเคราะห์การหายใจและความเข้มข้นของแก๊สในลมหายใจเข้าออก โดยอุปกรณ์จะส่งสัญญาณเชื่อมต่อข้อมูลไปสู่คอมพิวเตอร์ ผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถหายใจเข้า-ออกได้ตามปกติผ่านหน้ากาก ในท่านั่งเอนที่ผ่อนคลาย (a comfortable sitting recumbent position) ข้อมูลจะเริ่มบันทึกเมื่ออัตราการเต้นของหัวใจของผู้เข้าร่วมวิจัยเข้าสู่การเต้นขณะพัก ซึ่งจะถูกรวบรวมก่อนการติดเครื่องมือ เพื่อประเมินอัตราการใช้พลังงานขณะพักของร่างกาย โดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยในหน่วย กิโลแคลอรี การเก็บข้อมูลใช้เวลาประมาณ 15 นาที

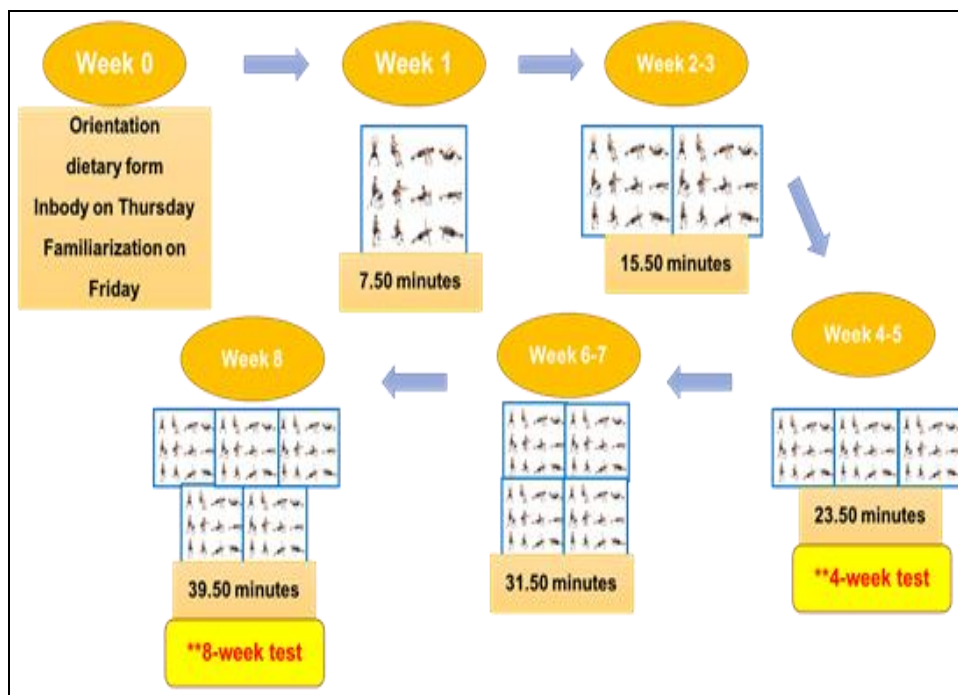
การวัดน้ำหนักตัว ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อรอบวงส่วนสะโพก และสัดส่วนร่างกาย โดยใช้เครื่อง Inbody [®] ก่อนทำการประเมิน ผู้เข้าร่วมวิจัยต้องปฏิบัติตามคำแนะนำเพื่อความปลอดภัยและความแม่นยำของข้อมูล ได้แก่ ผู้เข้าร่วมวิจัยไม่อยู่ในสภาวะขาดน้ำหรือมีความผิดปกติของน้ำในร่างกาย ทำการเปลี่ยนชุดให้เหมาะสมและนำเครื่องประดับต่าง ๆ ออกทั้งหมด ถอดถุงเท้าออก และยืนในท่าที่เหมาะสมโดยให้เท้าและมือทั้งสองข้างอยู่บนตัวนำไฟฟ้าของเครื่องตามคำแนะนำ จากนั้นให้ยืนนิ่ง ๆ เป็นเวลาประมาณ 30-45 วินาที เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

โปรแกรมการฝึกแบบ HICT แบบประยุกต์

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมวิจัยกลุ่มฝึกทุกคนจะต้องเป็นผู้ที่ไม่เคยมีประสบการณ์ในการฝึกออกกำลังกายด้วยแรงต้านมาก่อน โปรแกรมการฝึกแบบ HICT โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน (Modified HICT _{BW}) มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการออกกำลังกาย โดยประยุกต์มาจากการศึกษาของ Klika และคณะ ในปีค.ศ. 2013 ¹⁰ จากรูปที่ 1 แสดงภาพการฝึก 1 รอบ ประกอบด้วย 12 สถานี ซึ่งใช้เวลาการออกกำลังกาย สถานีละ 30 วินาทีและพัก 10 วินาที เพื่อเตรียมตัวออกกำลังกายในสถานีต่อไป ใช้เวลาทั้งสิ้น 7.5 นาที ต่อรอบ การฝึกจะทำ 3 วันต่อสัปดาห์ จากรูปที่ 2 แสดงโปรแกรมการฝึกโดยสัปดาห์แรกจะฝึกจำนวนหนึ่งรอบ จากนั้นจะเพิ่มจำนวนรอบไปเรื่อย ๆ จนครบ 5 รอบ ในสัปดาห์ที่ 8



รูปที่ 1: ท่าทางการออกกำลังกายแบบประยุต์ HICT โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน ตามลำดับในหนึ่งรอบ



รูปที่ 2: โปรแกรมการฝึก HICT โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้านแบบประยุต์สำหรับการศึกษานี้

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 20 ในการหาค่าทางสถิติของข้อมูล ใช้สถิติ Kolmogorov-Smirnov Test หรือ Shapiro-Wilk test เพื่อหาการแจกแจงปกติของข้อมูลว่าปกติหรือไม่ จากนั้น ใช้ Paired t-test เพื่อเปรียบเทียบผลการฝึกสัปดาห์ที่ 0 และสัปดาห์ที่ 8 และใช้ Student's t-test เพื่อทดสอบหาผลของการฝึกระหว่างกลุ่มฝึก Modified HICT_{BW} กับกลุ่มควบคุม ตั้งค่านัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.05$

ผลการวิจัย

จากแบบบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับการรับประทานอาหารประจำวัน พบว่าอาสาสมัครทั้งสองกลุ่ม ไม่มีพฤติกรรมการรับประทานอาหารที่แตกต่างไปจากปกติในช่วงเวลา 8 สัปดาห์ของการวิจัย อย่างไรก็ตามในการศึกษาครั้งนี้ ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่ได้ถูกขอให้จำกัดการรับประทานอาหาร และสามารถรับประทานอาหารได้ตามต้องการ

คุณลักษณะทั่วไปของอาสาสมัครผู้เข้าร่วมวิจัย แสดงตาม ตารางที่ 1 พบว่า ค่าคุณลักษณะทั่วไป ได้แก่ อายุ ส่วนสูง น้ำหนัก ค่าดัชนีมวลกาย และ ค่าอัตราการเต้นของชีพจรขณะพักโดยเฉลี่ย ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบลักษณะทั่วไปของกลุ่มควบคุม และกลุ่มอ้วนระดับ 1 ที่เข้าร่วมการฝึก (จำนวนประชากร กลุ่มละเท่ากับ 12 คน)

ค่าคุณลักษณะทั่วไป	กลุ่มควบคุม	กลุ่มฝึก
อายุ (ปี)	32±4	34±2
ส่วนสูง (ซ.ม.)	160±5	159±5
น้ำหนัก (กก.)	68.4±7.7	70.4±8.2
ค่าดัชนีมวลกาย (กก./ ม ²)	160±5	159±5
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	111±9	117±11
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	77±7	81±7
อัตราการเต้นของชีพจร ขณะพัก (ครั้ง/นาที)	78±7	76±4

ค่าย่อในตารางมีดังนี้ ซ.ม. = เซนติเมตร กก. = กิโลกรัม กก./ ม² = กิโลกรัม ต่อตารางเมตร มม.ปรอท = มิลลิเมตรปรอท
ค่าในตารางแสดง เป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.05$

จากตารางที่ 2 แสดงผลของการฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูงแบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน (Modified HICT_{BW}) เป็นเวลา 8 สัปดาห์ต่อน้ำหนักตัว ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อรอบวงส่วนสะโพก (WHR) ขนาดของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และอัตราการใช้พลังงานขณะพักที่เปลี่ยนไปในหญิงอ้วนระดับที่ 1 ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่ม พบว่า ไม่มีความแตกต่างของตัวแปรระหว่างสองกลุ่ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบที่ระยะเวลา 0 และ 8 สัปดาห์พบว่า กลุ่มควบคุม มีค่าเส้นรอบวงส่วนสะโพก ค่าเส้นรอบวงส่วน

ต้นขาข้างขวา และซ้ายที่เพิ่มขึ้น ที่ระยะเวลา 8 สัปดาห์ เมื่อเทียบกับสัปดาห์ที่ 0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แต่ไม่พบว่ามี ความแตกต่างของค่าอัตราการใช้พลังงานขณะพักในกลุ่มฝึก ไม่พบว่ามี ความแตกต่างของค่าเส้นรอบวงของสัดส่วนของร่างกาย ตามระยะเวลา 8 สัปดาห์ที่ฝึก แต่พบว่า มีค่าอัตราการใช้พลังงานขณะพักเพิ่มขึ้น ในสัปดาห์ที่ 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบ การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อรอบวงส่วนสะโพก สัดส่วนของร่างกาย และ อัตราการใช้พลังงานขณะพักในกลุ่มควบคุม และกลุ่มอ้วนระดับ 1 ที่เข้าร่วมการฝึกก่อน และหลังการฝึกรูปแบบ HICT แบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ (จำนวนประชากร กลุ่มละเท่ากับ 12 คน)

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม		กลุ่มฝึก	
	0 สัปดาห์	8 สัปดาห์	0 สัปดาห์	8 สัปดาห์
น้ำหนักตัว (ก.ก.)	68.0±2.2	68.8±2.3	70.4±2.4	70.0±2.2
ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อเส้นรอบวงส่วนสะโพก	0.87±0.05	0.87±0.05	0.89±0.05	0.88±0.05
ค่าเส้นรอบวงส่วนหน้าอก (ซ.ม.)	93.5±1.4	93.9±1.5	95.5±1.4	95.3±1.3
ค่าเส้นรอบวงส่วนท้อง (ซ.ม.)	87.5±2.1	87.6±2.3	90.3±2.3	89.3±2.4
ค่าเส้นรอบวงส่วนสะโพก (ซ.ม.)	100.0±1.3	100.5±1.4 *	101.2±1.3	100.8±1.3
ค่าเส้นรอบวงส่วนต้นขาข้างขวา (ซ.ม.)	55.0±1.3	55.6±1.3 *	54.9±0.9	55.3±0.9
ค่าเส้นรอบวงส่วนต้นขาข้างซ้าย (ซ.ม.)	54.3±1.1	54.9±1.2 *	54.4±0.9	54.6±0.8
อัตราการใช้พลังงานขณะพัก (กิโลแคลอรี)	1308±28	1315±29	1307±28	1325±25*

* เปรียบเทียบ 0 สัปดาห์ และ 8 สัปดาห์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$

ค่าย่อในตารางมีดังนี้ ซ.ม. = เซนติเมตร และ ก.ก. = กิโลกรัม ค่าในตารางแสดงเป็นค่าเฉลี่ย±ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ที่ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$

อภิปรายผลการศึกษา

ในการศึกษานี้ โปรแกรมการฝึกแบบ HICT แบบประยุกต์ มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการออกกำลังกายเพื่อความเหมาะสมโดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน (Modified HICT_{BW}) เพื่อช่วยลดการออกกำลังกายในหญิงอ้วนที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึก Modified HICT_{BW} เป็นเวลา 8 สัปดาห์ต่อน้ำหนักตัว ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อรอบวงส่วนสะโพก ขนาดของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และอัตราการใช้พลังงานขณะพักของร่างกายในหญิงอ้วนที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง โดยได้ผลการวิจัยดังต่อไปนี้

คุณลักษณะทั่วไปของผู้เข้าร่วมวิจัย

ค่าคุณลักษณะทั่วไป ได้แก่ อายุเฉลี่ย ของผู้เข้าร่วมวิจัย ทั้งสองกลุ่มอยู่ในเกณฑ์คัดเข้า (ระหว่าง 30-40 ปี) ส่วนสูงเฉลี่ย พบว่าอยู่ในเกณฑ์ปกติของกลุ่มช่วงอายุผู้หญิงไทย¹³ ส่วนค่าอัตราการเต้นของชีพจรขณะพัก และความดันโลหิตโดยเฉลี่ย พบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม และค่าเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์เป็นผู้สุขภาพดี น้ำหนักตัว เฉลี่ย เท่ากับ 70.6 ± 7.7 กก. ค่าเฉลี่ยดัชนีมวลกายเท่ากับ 27.7 ± 2.7 กก./ m^2 ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มที่มีภาวะอ้วนระดับที่ 1 ตามการแบ่งของ International Obesity Task Force (IOTF) ของกลุ่มคนในทวีปเอเชีย¹⁴ แสดงให้เห็นว่าการแบ่งกลุ่มตัวอย่างมีความถูกต้อง เหมาะสม และอยู่ในเกณฑ์การคัดเลือกที่งานวิจัยต้องการ

ผลของการฝึก Modified HICT_{BW} เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ต่อน้ำหนักตัว ค่าอัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพก ขนาดของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย และอัตราการใช้พลังงานขณะพัก

ค่าเส้นรอบวงของสัดส่วนของร่างกาย และค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อรอบวงส่วนสะโพก สามารถบ่งชี้ถึงขนาดของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย (Dimensions or size) ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ การศึกษาครั้งนี้ ไม่พบว่ามีผลแตกต่างของน้ำหนักตัว ค่าอัตราส่วนเส้นรอบวงส่วนเอวต่อรอบวงส่วนสะโพก และค่าเส้นรอบวงของสัดส่วนของร่างกาย ภายหลังการฝึกในอาสาสมัครกลุ่มฝึกได้ ผลที่ได้เป็นไปในทางเดียวกับการศึกษาของ Wang และคณะ ในปี ค.ศ. 2016¹² ซึ่งทำการศึกษาผลของการฝึกการออกกำลังกายแบบ HICT ในผู้ชายวัยกลางคนที่มีภาวะน้ำหนักตัวเกินจำนวน 23 คน โดยทำการฝึก 60 นาทีต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ พบว่า เพิ่มความสามารถของร่างกายในการนำออกซิเจนไปใช้ แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงในตัวบ่งชี้ของภาวะกลุ่มอาการอาการอ่อนลงพุง อย่างไรก็ตามจากการศึกษานี้ไม่พบว่ามีผลเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักตัว รวมทั้งค่าอัตราส่วนรอบเอวต่อรอบสะโพก เปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึกเช่นเดียวกัน ผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับหลายการศึกษาที่ผ่านมา^{9, 15, 16} พบว่าการลดลงที่ชัดเจนของค่าน้ำหนักตัว จะเห็นผลในโปรแกรมการฝึกการออกกำลังกาย HICT ที่ใช้เวลามากกว่า 8 สัปดาห์ อีกทั้งอาจเกิดจากการที่อาสาสมัครที่เข้าร่วมการศึกษานี้ ไม่ได้ถูกจำกัด หรือควบคุมการรับประทานอาหารใด ๆ ร่วมกับการมีพฤติกรรมเนือยนิ่ง จึงพบว่า กลุ่มควบคุมที่ไม่ได้เข้าร่วมโปรแกรม ฝึก Modified HICT_{BW} มีค่าเส้นรอบวงส่วนสะโพก ค่าเส้นรอบวงส่วนต้นขาข้างขวา และซ้ายที่เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการศึกษาของ Karastergiou และคณะ ในปี ค.ศ. 2012 รายงานว่า การสะสมของไขมันในผู้หญิงจะพบมีการสะสมที่บริเวณสะโพก และ ต้นขาทั้งสองขา ซึ่งทำให้หญิงอ้วนมักมีรูปร่างเป็นแบบลูกแพร์ (Pear-shaped)¹⁷ อย่างไรก็ตาม ในกลุ่มฝึกไม่พบการเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักตัว จึงกล่าวได้ว่า ผลของโปรแกรมการฝึก Modified HICT_{BW} เป็นเวลา 8 สัปดาห์ อาจช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของไขมันตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในหญิงอ้วนเพิ่มขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตาม จากการที่โปรแกรมการฝึกนี้มีระยะเวลาการฝึกที่สั้นเกินไป และ/หรือ การที่อาสาสมัครไม่ได้ควบคุมการรับประทานอาหารใด ๆ จึงทำให้ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว รวมทั้งการลดขนาดของส่วนต่าง ๆ ของร่างกายอาสาสมัครกลุ่มฝึกได้

อัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน คือ อัตราการใช้พลังงานขั้นต่ำของร่างกาย ที่ใช้ในการดำรงชีวิตในขณะพัก (ไม่รวมการนอนหลับ)¹⁸ ในการศึกษาครั้งนี้ อาสาสมัครจะถูกวัดในท่านั่งเอนตามสบาย เนื่องจากเป็นท่าที่อาสาสมัครไม่รู้สึกอึดอัดจากเครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้วัด ซึ่งอาจทำให้ค่าที่ได้สูงกว่าความเป็นจริงเล็กน้อย^{19, 20} จึงเป็นข้อจำกัดของงานวิจัยนี้ ในปี ค.ศ. 1979, Hoffmans และคณะ²¹ ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้พลังงานพื้นฐาน กับรูปร่างของหญิง จำนวน 28 คน อายุระหว่าง 20-30 ปี พบว่า อัตราการใช้พลังงานพื้นฐานในหญิงที่มีน้ำหนักเกิน และมีรูปร่างอ้วน จะมีค่าต่ำกว่า

หญิงที่มีน้ำหนัก และรูปร่างอยู่ในเกณฑ์ปกติ อย่างไรก็ตาม จากการทบทวนวรรณกรรม การศึกษาผลของการฝึก HICT_{BW} ต่อค่าการใช้พลังงานของร่างกายที่ผ่านมายังมีจำนวนไม่มากนัก มีเพียง 2 การศึกษาเท่านั้น ที่รายงานผลของการฝึก ต่อค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน โดยการศึกษาดังกล่าวได้แก่ ในปี ค.ศ. 2015, Schmidt และคณะ¹¹ ศึกษาผลของการฝึกแบบ HICT_{BW} เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ในนักเรียนที่มีสมรรถภาพดีปานกลาง ทั้งชายและหญิง จำนวน 96 คน พบว่า การพัฒนาด้านสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนที่ดีขึ้น หลังการฝึกในกลุ่มของอาสาสมัครที่เป็นเพศหญิง และในปีเดียวกัน Solanki และคณะ²² ศึกษาผลของการฝึกแบบ HICT_{BW} เป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในนักศึกษาระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 12 คน พบว่า ทั้งค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจน ดีขึ้นในกลุ่มที่ฝึก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นการศึกษานี้ จึงเป็นการศึกษาแรก ที่รายงานผลของการฝึก Modified HICT_{BW} ต่อ อัตราการใช้พลังงานพื้นฐานของร่างกายในหญิงอ้วน โดยพบว่า มีค่าอัตราการใช้พลังงานพื้นฐานที่เพิ่มขึ้นหลังการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ จึงอาจบ่งชี้ว่าโปรแกรมประยุกต์ที่ใช้ในการศึกษานี้สามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระบบเผาผลาญของร่างกายในหญิงอ้วนได้ อย่างไรก็ตามการแปลผลดังกล่าว อาจต้องการการยืนยันจากการศึกษาในครั้งต่อไป เนื่องจากการศึกษาค้างนี้ อาสาสมัครไม่ได้ถูกจำกัด หรือควบคุมการรับประทานอาหาร ดังนั้น การฝึกร่วมกับการควบคุมหรือจำกัดการรับประทานอาหาร เปรียบเทียบกับการฝึกอย่างเดียว จะทำให้สามารถสรุปผลดังกล่าวได้ชัดเจนขึ้น

สรุปผลการศึกษา

การฝึกรูปแบบ HICT แบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน มีผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อการใช้พลังงานร่างกาย โดยสามารถเพิ่มค่าอัตราการใช้พลังงานขณะพักได้ แต่ยังไม่สามารถลดน้ำหนัก หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ในหญิงอ้วนระดับที่ 1 ที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง หลังการฝึกเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำทางของการฝึกรูปแบบ HICT โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาค้างนี้ ถูกปรับเพื่อให้เหมาะสม โดยใช้แรงต้าน (Resistance training) จากน้ำหนักตัวเพียงอย่างเดียว อีกทั้งทำทางได้ถูกปรับเปลี่ยนให้มีความยากน้อยลง ลดแรงกระแทกที่เข้าที่อาจทำให้เกิดการบาดเจ็บจากการฝึก จึงเป็นโปรแกรมที่เหมาะสมที่สามารถแนะนำให้แก่หญิงที่ไม่ค่อยได้ออกกำลังกาย (Sedentary subject) และหญิงอ้วนได้ ยิ่งไปกว่านั้น ถ้าต้องการเห็นผลของการลดน้ำหนักตัว รวมทั้งขนาดของส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ดังนั้น จึงมีข้อเสนอแนะว่า การฝึกรูปแบบ Modified HICT_{BW} ควรร่วมกับการจำกัดการรับประทานอาหารด้วย จะให้ผลดีกว่าการออกกำลังกายเพียงอย่างเดียว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของ โครงการศึกษาผลของการฝึกแบบวงจรด้วยความหนักสูงแบบประยุกต์ โดยใช้น้ำหนักตัวเป็นแรงต้าน เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ต่อสัดส่วนของร่างกาย และสมรรถภาพทางกายที่เปลี่ยนแปลงในหญิงอ้วนที่มีพฤติกรรมเนือยนิ่ง ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก ศูนย์วิจัยกิจกรรมทางกายเพื่อสุขภาพ (Physical Activity Research Center-PARC) โดยการสนับสนุนของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ (สสส.) ประจำปีพ.ศ. 2560

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักงานสำรวจสุขภาพประชาชนไทย (NHESO). รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย ครั้งที่ 4 พ.ศ.2551-2552 [updated 2009; cited]; Available from: <http://www.hiso.or.th/hiso5/report/report1.php>.
2. The Sedentary Behaviour Research Network (SBRN). What is Sedentary Behavior?. 2017 [updated 2017; cited 2017 November 1st, 2017]; Available from: <http://www.sedentarybehaviour.org/what-is-sedentary-behaviour/>.
3. Tremblay MS, Aubert S, Barnes JD, Saunders TJ, Carson V, Latimer-Cheung AE, et al. Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project process and outcome. Int J Behav Nutr Phys Act. 2017;14(1):75.
4. รายงานผลการวิจัยโครงการพัฒนาระบบเฝ้าระวังติดตามพฤติกรรมด้านกิจกรรมทางกายของประชากรไทย มหาวิทยาลัยมหิดลพ.ศ. 2558. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล; 2558.
5. Organization WH. Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) Analysis Guide. World Health Organization; 2011 [updated 2011; cited]; Available from: http://www.who.int/chp/steps/resources/GPAQ_Analysis_Guide.pdf.
6. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc. 2011;43(7):1334-59.
7. Perry CG, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. Appl Physiol Nutr Metab. 2008;33(6):1112-23.
8. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. J Physiol. 2012 ;590(5):1077-84.
9. Paoli A, Pacelli QF, Moro T, Marcolin G, Neri M, Battaglia G, et al. Effects of high-intensity circuit training, low-intensity circuit training and endurance training on blood pressure and lipoproteins in middle-aged overweight men. Lipids Health Dis. 2013; 12:131.
10. Klika B, Jordan C. HIGH-INTENSITY CIRCUIT TRAINING USING BODY WEIGHT: Maximum Results With Minimal Investment. ACSM's Health & Fitness Journal. 2013;17(3):8-13.
11. Schmidt D, Anderson K, Graff M, Strutz V. The effect of high-intensity circuit training on physical fitness. J Sports Med Phys Fitness. 2016;56(5):534-40.

12. Wang T. Effects of high intensity circuit training on body composition, cardiopulmonary fitness and metabolic syndrome markers in middle aged male. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2016;48(55):988-9.
13. โครงการ SizeThailand. ผลการสำรวจรูปร่างทั่วประเทศ. ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ; 2000 [updated 2000; cited 2017 October 13th]; Available from http://www.sizethailand.org/region_all.html.
14. Weisell RC. Body mass index as an indicator of obesity. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*. 2002;11:S681-S4.
15. Miller MB, Pearcey GE, Cahill F, McCarthy H, Stratton SB, Nofall JC, et al. The effect of a short-term high-intensity circuit training program on work capacity, body composition, and blood profiles in sedentary obese men: a pilot study. *Biomed Res Int*. 2014;2014:191797.
16. Paoli A, Pacelli F, Bargossi AM, Marcolin G, Guzzinati S, Neri M, et al. Effects of three distinct protocols of fitness training on body composition, strength and blood lactate. *J Sports Med Phys Fitness*. 2010;50(1):43-5.
17. Karastergiou K, Fried SK, Xie H, Lee MJ, Divoux A, Rosencrantz MA, et al. Distinct developmental signatures of human abdominal and gluteal subcutaneous adipose tissue depots. *J Clin Endocrinol Metab*. 2013;98(1):362-71.
18. Henry CJ. Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutr*. 2005;8(7A):1133-52.
19. McCarthy RT. The metabolic cost of maintaining five fixed body positions. *Nurs Res*. 1968;17(6):539-44.
20. Levine JA, Schleusner SJ, Jensen MD. Energy expenditure of nonexercise activity. *Am J Clin Nutr*. 2000;72(6):1451-4.
21. Hoffmans M et al. Resting metabolic rate in obese and normal weight women. *Int J Obes*. 1979;3(2):111-8.
22. Solanki R, Bhise A, Shukla Y, Prabhakar M. Effects of high intensity circuit training using body weight on aerobic fitness and muscular endurance in college students. *Physiotherapy*. 2015;101(Supplement 1):eS1238–eS642.