ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

สรวิศ ลาภธนชัย และวรรณพร ทองตะโก

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Received: 17 December 2562 / Revised: 16 March 2563 / Accepted: 29 March 2564

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือผู้มีภาวะอ้วนที่เป็นนิสิตหรือบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งเพศชายและเพศหญิง อายุ 18 – 45 ปี จำนวน 31 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง จำนวน 15 คน ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบา 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุม จำนวน 16 คน ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ เก็บข้อมูลตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด และตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ก่อนและหลังการทดลอง วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรก่อนและหลังการทดลองของแต่ละกลุ่มและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-T test) และการทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent –T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบามีน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุดเพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบามีน้ำหนักตัว อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และแรงดันการหายใจออกสูงสุดเพิ่มขึ้นแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย การฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์มีประสิทธิภาพสามารถช่วยพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วนได้

คำสำคัญ : การฝึกแบบหนักสลับเบา/องค์ประกอบของร่างกาย/สมรรถภาพปอด/ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ/ภาวะอ้วน

Corresponding Author: ดร.วรรณพร ทองตะโก คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

E-Mail: Wannaporn.T@chula.ac.th

EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON BODY COMPOSITION, PULMONARY FUNCTION AND RESPIRATORY MUSCLES STRENGTH IN SEDENTARY ADULTS WITH OBESITY

Sorawit Lapthanachai and Wannaporn Tongtako

Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University

Received: 17 December 2019 / Revised: 16 March 2020 / Accepted: 29 March 2021

Abstract

Purpose: The purpose of this study was to investigate the effects of high-intensity interval training (HIIT) on body composition, pulmonary function, and respiratory muscles strength in sedentary adults with obesity.

Methods: Thirty-one physically inactive adults with obesity (male and female), aged between 18-45 years, were recruited from Chulalongkorn University and were randomized into 2 groups: high-intensity interval training group (n=15) and control group (n=16). The experimental group performed a high-intensity interval training (HIIT), 3 days a week for a period of 12-weeks, while the control group remained their normal activities of daily living. Physical characteristics, body compositions, pulmonary functions, and respiratory muscle strength were measured before and after 12 weeks of training. Data were analyzed using paired t-test and independent t-test with a level of statistical significant at $p<.05$.

Results: Following a 12-week training, the HIIT group displayed significant improvements in body weight, body mass index, resting heart rate, systolic and diastolic pressures, %body fat, lean body mass, maximum oxygen uptake (VO2max), forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 sec (FEV1), peak expiratory flow rate (PEF), maximum voluntary ventilation (MVV), maximal inspiratory pressure (MIP), and maximal expiratory pressure (MEP) compared to prior training (all $p<.05$). In addition, the HIIT showed better improvements in body weight, resting heart rate, % body fat, VO2max, PEF, MIP, and MEP compared to the control (all $p<.05$).

Conclusion: A 12-week of HIIT in the present study is effective in improving in body composition, pulmonary function, and respiratory muscles strength in sedentary adults with obesity.

Keywords: High intensity interval training/Body composition/Pulmonary Function/Respiratory muscles Strength/Obesity

Corresponding Author : Wannaporn Tongtako, Ph.D., Faculty of Sports Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand; E-mail: wannaporn.t@chula.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาวะอ้วน (Obesity) หมายถึง การมีเนื้อเยื่อไขมันและการสะสมของไขมันมากที่มากเกินไปซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ และยังเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการเกิดโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคเบาหวานโรค โรคหลอดเลือดหัวใจและโรคมะเร็ง เป็นต้น ซึ่งอาจเกิดจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ทำให้ได้รับพลังงานมากกว่าความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน รวมถึงการขาดพฤติกรรมการออกกำลังกาย โดยภาวะอ้วนนั้นเป็นปัญหาสาธารณสุขทั่วโลกและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในประเทศที่พัฒนาและกำลังพัฒนา (World Health Organization, 2018) โดยองค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) รายงานว่าในปี ค.ศ. 2016 ประชากรที่มีอายุ 18 ขึ้นไป มีภาวะน้ำหนักเกินถึง 1.9 พันล้านคน และในกลุ่มนี้เป็นโรคอ้วนถึง 650 ล้านคน เมื่อเปรียบเทียบกับปี 1975 พบว่ามีผู้เป็นโรคอ้วนมากขึ้นเกือบ 3 เท่า (WHO, 2018) โดยภาวะอ้วนสามารถประเมินได้จากค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index; BMI) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนัก (กิโลกรัม) และส่วนสูง (เมตร) โดยค่าดัชนีมวลกายที่ถือว่าอยู่ในภาวะอ้วนคือมีค่า 25 กิโลกรัม/เมตร^2 ขึ้นไป สำหรับประชากรเอเชีย (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2561) นอกจากผลกระทบของภาวะอ้วนที่เกี่ยวกับระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดแล้ว ภาวะอ้วนยังส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบหายใจด้วย มีอัตราการหายใจ (Respiratory rate) ที่สูงขึ้นและปริมาตรการหายใจเข้าออกปกติ (Tidal volume) ลดลง รวมถึงส่งผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ (Littleton, 2011) โดย Chlif และคณะ (2009) ได้ศึกษาพบว่าผู้มีภาวะอ้วนมีค่าแรงดันในการหายใจเข้า (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าสมรรถภาพปอด ได้แก่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) และค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) ต่ำกว่าในผู้ที่มีน้ำหนักปกติ ทั้งนี้การลดลงของสมรรถภาพปอดของผู้มีภาวะอ้วนยังเป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหยุดหายใจขณะหลับ (Obstructive Sleep Apnea Syndrome; OSAS) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary Disease; COPD) โรคหืด (Asthma) และโรคลิ่มเลือดอุดกั้นในหลอดเลือดปอดเฉียบพลัน (Pulmonary embolism) เป็นต้น (Christopher et al., 2010)

อย่างไรก็ตามปัญหาดังกล่าวสามารถป้องกันได้ด้วยการออกกำลังกาย โดยเฉพาะการฝึกออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา (High Intensity Interval Training; HITT) ซึ่งมีความนิยมในปัจจุบัน การฝึกหนักสลับเบาเป็นการฝึกแบบมีช่วงความหนักเป็นระยะเวลาสั้นๆ สลับกับช่วงพัก (Len Kravitz, 2014) อาจมีการกำหนดความหนักด้วยอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximum heart rate) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ($VO2_{Max}$) หรือกำลังสูงสุด (Peak power output) ก็ได้ จากงานวิจัยของ Dunham และ Harms (Dunham and Harms, 2012) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อสมรรถภาพปอด กลุ่มตัวอย่างเป็น

ผู้มีสุขภาพดี 15 คน เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความทนทาน (Endurance training; ET) จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบา (High intensity interval training; HIIT) จำนวน 8 คน โดยกลุ่มฝึกแบบหนักสลับเบาทำการฝึกด้วยจักรยานที่ความหนัก 90% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2max) เป็นเวลา 1 นาที สลับกับช่วงเบาเป็นเวลา 3 นาที ทั้งหมด 5 เซต ขณะที่กลุ่มฝึกความทนทานทำการฝึกที่ความหนัก 60 – 70% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 45 นาทีอย่างต่อเนื่อง ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าแรงดันในการหายใจเข้าเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบามีค่าแรงดันการหายใจเข้ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบทนทานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการที่จะศึกษาถึงผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วนได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

สมมติฐานของการวิจัย

การฝึกแบบหนักสลับเบาส่งผลดีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ที่มีภาวะอ้วน

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคม 2562

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้มีภาวะอ้วนที่เป็นนิสิตหรือบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชายและหญิง อายุระหว่าง 18 – 45 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) ใช้ข้อมูลของ Dunham และ Harms (Dunham and Harms, 2012) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test; β) ที่ 0.8 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Probable Error; α) ที่ 0.05 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 14 คน เพื่อป้องกันการสูญหาย (Drop out) ของกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มละ 16 คน รวมทั้งสิ้น 32 คน แต่ระหว่างการเก็บข้อมูลได้มีกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มทดลองออกจากการวิจัย จำนวน 1 คน จึงทำให้กลุ่มทดลองมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น จำนวน 15 คน

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม

ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) จากนั้นใช้การสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีจับฉลาก (Simple random sampling) เพื่อเลือกเข้ากลุ่มทดลอง และมีความเท่าเทียมกันของทั้งสองกลุ่ม โดยรายละเอียดการสุ่มมีดังนี้

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบแบ่งชั้นคัดเลือกโดยตัวบ่งชี้ 2 ตัว ดังนี้

1. เพศ (Gender) แบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง

2. อายุ (Age) แบ่งเป็นวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (Young adults) อายุระหว่าง 18 – 35 ปี และวัยผู้ใหญ่วัยกลางคน (Middle-aged adult) อายุระหว่าง 36 – 45 ปี (Petry, 2002)

การแบ่งชั้นตามตัวบ่งชี้ที่กำหนดจะได้ 4 ลำดับขั้น ดังข้อมูลต่อไปนี้

1. A = เพศชาย อายุ 18 – 35 ปี
2. B = เพศชาย อายุ 36 – 45 ปี
3. C = เพศหญิง อายุ 18 – 35 ปี
4. D = เพศหญิง อายุ 36 – 45 ปี

จากนั้น เมื่อกลุ่มตัวอย่างผ่านการคัดเลือกเข้ามาในกลุ่มชั้นแต่ละชั้นแล้ว กลุ่มตัวอย่างที่เข้ามาในกลุ่มชั้นลำดับที่เป็นเลขคี่ เช่น ลำดับที่ 1, 3, 5, 7 และ 9 เป็นต้น จะต้องจับฉลากเลือกเข้ากลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มตัวอย่างที่เข้ามาในกลุ่มชั้นลำดับเลขคู่ลำดับถัดไปจะได้เข้าไปอยู่ในกลุ่มที่เหลือโดยอัตโนมัติ

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี)

1. เป็นผู้มีภาวะอ้วนเพศชายและหญิง (ค่า BMI ≥ 25 – 29.9) อายุ 18 - 45 ปี
2. ต้องไม่ได้เข้าร่วมในการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายอย่างเป็นระบบในช่วง 6 เดือนก่อนการทำวิจัย ถ้ามีการออกกำลังกาย ต้องไม่มากกว่า 20 นาที ต่อครั้ง และไม่ออกกำลังกายเกินจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์
3. ไม่เป็นโรคหัวใจและไม่เป็นโรคระบบทางเดินหายใจ ได้แก่ โรคหอบหืด โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เป็นต้น แต่หากเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่น ๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง โรคเกี่ยวกับกระดูกและข้อต่อจะต้องอยู่ในภาวะที่สามารถควบคุมอาการของโรคได้
4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมวิจัยออกจากการวิจัย

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการเจ็บป่วยหรือการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุในช่วงทำการทดลองจนไม่สามารถทำการทดลองต่อได้ เป็นต้น
2. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลองต่อ
3. ทำการฝึกไม่ถึงร้อยละ 80 (ฝึกไม่ถึง 29 ครั้ง จาก 36 ครั้ง)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างโปรแกรมการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบาในผู้มีภาวะอ้วน
3. นำรูปแบบการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบาในผู้มีภาวะอ้วน ไปพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญ

จำนวน 5 ท่าน เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (IOC) ได้ค่าเท่ากับ 0.86

4. ดำเนินการติดต่อทำหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อขอความร่วมมือจากห้องทดสอบสรรถภาพของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และทำหนังสือขอยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

5. ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้า โดยกลุ่มตัวอย่างต้องลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมในงานวิจัย และผู้วิจัยจะชี้แจงการเตรียมตัวก่อนมาทดสอบ และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่งกายด้วยชุดกีฬา สวมรองเท้าผ้าใบมาในวันทดสอบและวันออกกำลังกาย

6. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามขั้นตอน โดยการทดสอบจะเริ่มต้นจากตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย จากนั้นทำการวัดตัวแปรทางด้านสมรรถภาพปอดและตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจตามลำดับ รายละเอียดดังนี้

6.1 ตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ประกอบด้วย

6.1.1 น้ำหนักตัว (Body weight) น้ำหนักของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass), มวลไขมัน (Fat mass) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass) และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Percent of body fat) และส่วนสูง (Height) ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน (Body composition analyzer) ยี่ห้ออินบอดี้ (In body) ประเทศเกาหลีใต้ ให้กลุ่มตัวอย่างถอดรองเท้าและถุงเท้า โดยขณะทำการชั่งน้ำหนักให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง

6.1.2 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (Resting heart rate) และความดันโลหิต (Blood pressure) โดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิต (Digital blood pressure) ยี่ห้อออมรอน (Omron) ประเทศญี่ปุ่น ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงวัดท่านั่งด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ

6.1.3 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake; VO_2max) โดยใช้โปรแกรม Ramp Test ให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยาน (Bicycle ergometer) ปั่นด้วยการไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที (Warm up) หลังจากนั้นเริ่มทำการทดสอบด้วยการเพิ่มน้ำหนักนาทีละ 0.5 กิโลปอนด์ (Kilopond) ความเร็วในการปั่นให้อยู่ที่ 55 – 60 รอบต่อนาที จนผู้ถูกทดสอบไม่สามารถทำการปั่นต่อไปได้ จากนั้นผ่อนคลาย (Cool down) ด้วยการปั่นแบบไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที ใช้เครื่องวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Gas Analyzer) ยี่ห้อคอร์เทค (Cortex) ประเทศเยอรมัน

6.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด โดยใช้เครื่องวัดความจุปอด (Spirometer) ยี่ห้อสไปโรแบงค์ (Spirobank) ประเทศสหรัฐอเมริกา ประกอบด้วย

6.2.1 ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) มีหน่วยเป็นลิตร (Liters) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรง

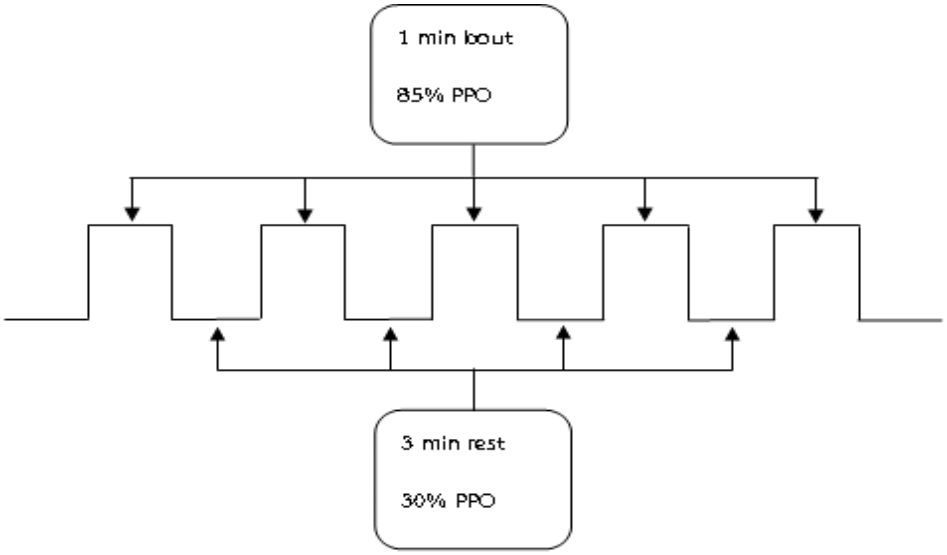
เต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ต่อค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1/FVC) โดยการให้กลุ่มตัวอย่างอมหลอดเป่าซึ่งต่อกับเครื่องวัดความจุปอด จากนั้นหายใจเข้าออกปกติจำนวน 2 – 3 ครั้ง และหลังจากนั้นทำการหายใจเข้าเต็มที่แล้วเป่าออกมาอย่างแรงและเร็วจนลมออกจนหมด

6.2.2 ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) โดยการให้กลุ่มตัวอย่างอมหลอดเป่าซึ่งต่อกับเครื่องวัดความจุปอด จากนั้นหายใจเข้าและออกอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ภายในระยะเวลา 15–20 วินาที

6.3 ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยใช้เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ยี่ห้อไมโคเมดดิคอล (Micro medical) ประเทศอังกฤษ ประกอบด้วยค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (Maximal expiratory pressure; MEP) โดยให้กลุ่มตัวอย่างหายใจเข้าและหายใจออกผ่านเครื่องวัดความแข็งแรงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

7. หลังจากเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง กลุ่มควบคุมใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ โดยไม่ได้รับโปรแกรมการออกกำลังกายใดๆ ส่วนกลุ่มทดลองจะได้รับการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบา ทำการฝึกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา โดยมีขั้นตอนการฝึกดังนี้

7.1 อบอุ่นร่างกาย (Warm-up) เป็นระยะเวลา 5 นาที โดยยืดเหยียดค้างไว้ท่าละประมาณ 15 - 20 วินาที ประกอบด้วยการยืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ การยืดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว การยืด



รูปที่ 1 แสดงโปรแกรมการฝึกแบบหนักสลับเบา

กล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า การยืดกล้ามเนื้อขาล่างด้านหลัง การยืดเอ็นร้อยหวาย การยืดกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง การยืดกล้ามเนื้อสะโพกด้านหลัง การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง และการยืดกล้ามเนื้อกาง-หุบขา

7.2 การฝึกแบบหนักสลับเบา ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายกับจักรยานด้วยการปั่นด้วยความหนัก 20 วัตต์ (Watt) ด้วยความเร็ว 50 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเพิ่มความหนักและควบคุมให้อยู่ที่ 85% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด (Peak power output; PPO) เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมการปั่นให้อยู่ในช่วง 60 - 100 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเป็นช่วงพักโดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นด้วยความหนัก 30% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด (Peak power output) เป็นเวลา 3 นาที และปฏิบัติซ้ำจนครบ 8 เซต รวม 32 นาที หลังจากนั้นทำการผ่อนคลาย (Cool down) ด้วยการปั่นจักรยานแบบไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อเหมือนกับช่วงอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที รวมเวลาทั้งสิ้น 52 นาที (Dunham and Harms, 2012; Chuensiri, Suksom and Tanaka, 2018) ดังรูปที่ 1

8. หลังจากฝึกครบ 12 สัปดาห์ ทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่าง ๆ ตามขั้นตอนเหมือนการทดสอบก่อนการทดลอง

9. เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเขียนรายงานผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired T- test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

2. วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยการทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent T- test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย

หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบา มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมัน และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบามีน้ำหนักตัว อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มขึ้นแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ระหว่างก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=16)		กลุ่มทดลอง (n=15)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
Weight (kg)	77.7±10.75	78.5±10.41	78.5±16.61	75.9±14.85*
Height (cm)	165.8±8.83	165.8±8.84	167.4±6.29	167.4±6.18
BMI (kg/m^2)	28.21±2.51	28.46±2.39	27.86±4.97	26.97±4.40*
Resting HR (beat/min)	76±8.25	77.75±9.10	79.53±9.97	71.13±7.19*†
Systolic BP (mmHg)	120.7±11.13	120±9.46	126.8±10.5	119.4±9.13*
Diastolic BP (mmHg)	73.±7.85	73.9±11.21	76.8±7.37	71.8±10.32*
Lean Body Mass (kg)	53.06±9.28	53.36±8.94	53.39±8.98	54.78±8.37*
Fat Mass (kg)	24.6±4.27	25.1±4.11	24.7±10.38	21.2±9.33*
Muscle Mass (kg)	48.19±9.14	48.47±8.82	49.02±8.17	50.42±7.70*
Percent Body Fat (%)	31.93±4.90	32.18±4.56	30.76±6.31	27.22±6.65*†
VO2 max (mi/kg/min)	28.48±7.35	26.88±6.48	26.09±8.32	32.22±7.98*†

* $p<0.05$ แตกต่างกับก่อนการทดลอง, † $p<0.05$ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจก่อนและหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=16)		กลุ่มทดลอง (n=15)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
FVC (L)	3.63±1.03	3.57±0.95	3.70±0.68	3.88±0.66*
FEV1 (L)	3.10±0.78	3.08±0.78	3.34±0.52	3.40±0.53
FEV1%	89.48±4.00	88.74±3.44	91.39±5.65	89.29±5.19
MVV (L/min)	110.3±29.16	107.4±29.45	109.8±31.82	124.5±21.75*
MIP (cmH_2O)	90.50±18.00	88.19±18.04	89.93±17.61	113.5±29.05*†
MEP (cmH_2O)	91.63±10.30	91.69±10.28	86.47±21.61	109.6±27.32*†

* $p<0.05$ แตกต่างกับก่อนการทดลอง, † $p<0.05$ แตกต่างกับกลุ่มควบคุม

หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบามีน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ยปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุดเพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบามีค่าเฉลี่ย แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และแรงดันการหายใจออกสูงสุดเพิ่มขึ้นแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

จากสมมติฐานการวิจัยที่ตั้งไว้ว่าการฝึกแบบหนักสลับเบาส่งผลดีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ที่มีภาวะอ้วนซึ่งจากผลการวิจัยที่พบสามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย

จากผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีองค์ประกอบของร่างกายเปลี่ยนแปลงโดยมีน้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ลดลงจาก มวลไขมัน และเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง และมีน้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยดังกล่าวนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Panissa และคณะ (2016) ได้ศึกษาผลระยะสั้นของการฝึกหนักสลับกับการลดลงของไขมันโดยผู้เข้าร่วมวิจัยเพศหญิงจำนวน 23 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม เพื่อทำการฝึกหนักสลับเบาโดยช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ช่วงเบา 30 วินาทีที่ 60% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และฝึกแบบต่อเนื่องที่ความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น มีมวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันและผลรวมของไขมันใต้ผิวหนังลดลงโดยกลุ่มที่ทำการฝึกหนักสลับเบามีค่าเฉลี่ยของไขมันใต้ผิวหนังลดลงมากกว่ากลุ่มที่ทำการฝึกแบบต่อเนื่อง Mader และคณะ (2001)ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบต่อเนื่องกับการฝึกแบบช่วงที่มีผลต่อไขมันใต้ผิวหนังและสารชีวเคมีในเลือดในผู้มีน้ำหนักเกินโดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเพศชาย จำนวน 24 คนถูกแบ่งเป็นสองกลุ่มเพื่อทำการฝึกแบบช่วงและฝึกแบบต่อเนื่อง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าการฝึกทั้งสองรูปแบบช่วยลดไขมันใต้ผิวหนังและไขมันในเลือดได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sijie และคณะ (2012) ได้ทำการศึกษาการฝึกหนักสลับเบาในหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน เพื่อที่จะประเมินผลมีต่อองค์ประกอบร่างกาย (Body Composition), หน้าที่การทำงานของหัวใจ (Cardiac function) และความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Aerobic capacity) ในวัยรุ่นหญิงที่มีน้ำหนักเกิน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเพศหญิง จำนวน 60 คน อายุ 19 – 20 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่ม เพื่อฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา (High intensity interval training; HIIT) ,กลุ่มโปรแกรมฝึกต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลาง (Moderate Intensity continuous training; MICT) และกลุ่มควบคุม กลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา (HIIT) และกลุ่มฝึกต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลาง (MICT) ทำการฝึก 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สำหรับโปรแกรมหนักสลับเบา ในช่วง

หนักจะอยู่ที่ 85% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2max) และช่วงเบา 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ขณะที่กลุ่มฝึกต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลาง ทำการเดิน (Walking) หรือวิ่งเหยาะ (Jogging) ที่ความหนัก 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองกลุ่มที่ทำการออกกำลังกาย (HIIT และ MICT) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับองค์ประกอบของร่างกาย, การทำงานของหัวใจห้องล่างซ้าย, อัตราการเต้นหัวใจขณะพักและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อย่างไรก็ตามกลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบามีการเปลี่ยนแปลงที่ดีกว่ากลุ่มฝึกต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลางและกลุ่มควบคุมไม่พบการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นแล้วโปรแกรมการฝึกหนักสลับเบาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันและสมรรถภาพทางกายอื่นๆ ในหญิงที่มีน้ำหนักเกินได้ และสอดคล้องกับ Trapp และคณะ (Trapp et al., 2008) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อการลดลงของไขมันและระดับอินซูลินของวัยรุ่นหญิง ผู้เข้าร่วมวิจัย 45 คนถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ทำการฝึกหนักสลับเบา ฝึกแบบต่อเนื่องทั้งสองกลุ่ม ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึก ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบาและฝึกแบบต่อเนื่องมีการพัฒนาระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด โดยมีเพียงกลุ่มที่ทำการฝึกหนักสลับเบามีน้ำหนักตัว มวลไขมัน ไขมันบริเวณลำตัวและระดับอินซูลินในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขณะที่มวลไขมันที่ขาลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับแขนสำหรับกลุ่มฝึกหนักสลับเบา และการเพิ่มขึ้นของความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับการลดลงของน้ำหนักตัว ดังนั้นแล้วจึงสรุปได้ว่าการฝึกหนักสลับเบา 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ช่วยลดมวลไขมันและระดับอินซูลินในเลือดได้

ผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้พบว่า มีการเพิ่มขึ้นของมวลร่างกายที่ปราศจากไขมันมาจากการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลให้กำลังสูงสุดที่ทำได้เพิ่มสูงขึ้น โดยงานวิจัยของ Herbert และคณะ (2017) ศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อกำลังของกล้ามเนื้อในนักกีฬาเพศชาย ด้วยการปั่นจักรยาน 30 วินาที ด้วยความหนัก 40%ของกำลังสูงสุด (Peak power output) สลับกับช่วงพัก 3 นาที จำนวน 6 เซท เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ากำลังสูงสุดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับ Petersen และคณะ (2016) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการปั่นจักรยานหนักสลับเบาที่ช่วยพัฒนาสมรรถภาพทางกายในวัยผู้ใหญ่ โดยผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นจักรยานโปรแกรมหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 30 นาทีเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าความดันโลหิตขณะพัก ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด สารชีวิเคมีในเลือด องค์ประกอบร่างกายและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการเพิ่มขึ้นของความแข็งแรงกล้ามเนื้อในงานวิจัยนี้โดยอาจเกิดจากการปั่นโดยการให้น้ำหนักที่มาก มีลักษณะคล้ายกับการฝึกด้วยแรงต้าน จึงส่งผลให้ระบบประสาทมีการเพิ่มจำนวนในการกระตุ้นกล้ามเนื้อมากขึ้น (Motor unit recruitment) จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทที่สั่งการกล้ามเนื้อให้รับแรงมากขึ้นได้ (Karabulut et al., 2009) จากการศึกษาในผู้มีสุขภาพดี เพศชายด้วยการปั่นจักรยานที่ความหนักของงานสูงสุด (Peak Workload) เป็นระยะเวลา 60 วินาที สลับกับช่วงพักด้วยความหนัก 30 วัตต์ เป็นระยะเวลา 75 วินาที จำนวน 8-12 เซท 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า การออกกำลังกายช่วงที่ความหนักสูง จะช่วยเพิ่มปฏิกิริยาของไมโตคอน

เดรีย (Mitochondria biogenesis) ในกล้ามเนื้อลาย และพัฒนาสมรรถภาพการเผาผลาญพลังงานได้ (Little et al., 2011) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของระบบเผาผลาญภายพลังงาน (Energy Expenditure) ในร่างกายนี้ ทำให้กลุ่มผู้ออกกำลังกายที่ความหนักมาก ใช้พลังงานขณะพักเพิ่มสูงขึ้นด้วย และเนื่องด้วยกลไกการเผาผลาญไขมัน ใช้พลังงานในการเผาผลาญ ระยะเวลาการเผาผลาญ และต้องการออกซิเจนมากกว่าคาร์โบไฮเดรต จึงทำให้การใช้พลังงานหลังกานออกกำลังกายนานยิ่งขึ้น (Wilmore and Costill, 2004) และมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษา การปั่นจักรยานที่ความหนัก 90% ของความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2peak) เป็นระยะเวลา 4 นาที สลับกับช่วงพัก 2 นาที จำนวน 10 เซท ทำการฝึก 7 วันภายใน 2 สัปดาห์ พบว่า สามารถเพิ่มไมโตรคอนเดรียในกล้ามเนื้อลาย ซึ่งทำให้อัตราการเผาผลาญเพิ่มสูงขึ้น (Talanian et al., 2007) ด้วยการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยานี้จึงทำให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด การใช้พลังงานในการออกกำลังกาย รวมถึงการใช้พลังงานในขณะพักเพิ่มมากขึ้นด้วย และทำให้มวลไขมันในร่างกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน และดัชนีมวลกายลดน้อยลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในงานวิจัยนี้

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังพบว่าการฝึกหนักสลับเบายังทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากการทำงานของหัวใจและหลอดเลือดดีขึ้น โดยจากการศึกษาการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170% VO2peak ด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็ว 90 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 วินาที สลับกับช่วงพัก 10 วินาที จำนวน 8 เซท ร่วมกับการปั่นจักรยานที่ความหนัก 50% VO2peak เป็นเวลา 10 นาที ช่วยพัฒนาหน้าที่การทำงานของหลอดเลือด ซึ่ง Cheunsiri และคณะ (2018) ได้กล่าวว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมากน่าจะเป็นการออกกำลังกายที่ทำให้มีอัตราการไหลเวียนสูง ซึ่งเกิดจากแรงเค้นหรือแรงที่เลือดกระทำกับผนังหลอดเลือดชั้นใน (Shear stress) ที่เพิ่มสูงขึ้นจากการไหลของเลือด (Suksom et al., 2014) ซึ่งกลไกนี้ทำให้เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดหลั่งไนตริกออกไซด์เพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้การขยายตัวของหลอดเลือดดีมากยิ่งขึ้น โดยการลดลงของความดันเลือดในขณะพักนั้นน่าจะมาจากการเกิดความยืดหยุ่นของหลอดเลือดที่เพิ่มขึ้น

2. ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

หลังการฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ามีปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด ของกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสอดคล้องกับ Dunham และ Harms (2012) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อสมรรถภาพปอด โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้มีสุขภาพดี 15 คน ถูกแบ่งกลุ่มด้วยการสุ่มเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความทนทาน (Endurance training; ET) จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบา (High intensity interval training; HIIT) จำนวน 8 คน โดยกลุ่มหนักสลับเบาทำการฝึกด้วยจักรยานที่ความหนัก 90% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2Max) เป็นเวลา 1 นาที สลับกับช่วงเบาเป็นเวลา 3 นาที ทั้งหมด 5 เซต ขณะที่กลุ่มโปรแกรมความทนทานทำการฝึกที่ความหนัก 60 – 70% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็น

เวลา 45 นาทีอย่างต่อเนื่อง ทั้งสองกลุ่มปฏิบัติ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าแรงดันในการหายใจเข้าเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบามีค่าแรงดันการหายใจเข้ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบทนทานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าโปรแกรมฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ และยังสอดคล้องกับ Azad และคณะ (2011) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกที่มีต่อสมรรถภาพปอดในนักเรียนที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน จากกลุ่มตัวอย่าง 30 คนที่มีภาวะอ้วนหรือน้ำหนักเกินที่ไม่เคยได้รับการฝึก ทำการสุ่มเพื่อแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ กลุ่มทดลองได้รับการฝึกด้วยการวิ่งบนลู่วิ่ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมดำเนินกิจวัตรประจำวันตามปกติ จากการทดลองพบว่าสมรรถภาพปอดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มทดลองจากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในกลุ่มวัยรุ่นที่มีน้ำหนักเกินและอ้วนได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Khalili และ Elkins (2009) ได้ทำการศึกษาเรื่องการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ช่วยพัฒนาสมรรถภาพปอดในเด็กที่บกพร่องทางสติปัญญา โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเด็กอายุ 12 ปี ที่เป็นดาวน์ซินโดรม (Down Syndrome) หรือมีความบกพร่องทางสติปัญญา (Intellectual disability) จำนวน 44 คน ซึ่งมีไอคิวเฉลี่ย 42 ถูกแบ่งเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มทดลอง ทำการออกกำลังกายแบบแอโรบิก 30 นาที ด้วยการเดิน, วิ่ง และปั่นจักรยานด้วยความหนักปานกลาง 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ ผลจากการทดลองพบว่าค่า ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV1) เพิ่มขึ้น 160 มิลลิลิตรและค่า ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) เพิ่มขึ้น 330 มิลลิตรในกลุ่มทดลองซึ่งมากกว่าในกลุ่มควบคุม จึงสรุปได้ว่าการฝึกในรูปแบบแอโรบิกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ช่วยเพิ่มสมรรถภาพปอดในเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Amira และคณะ (2018) ที่ทำการศึกษาผลของการฝึกความทนทานของขาที่มีต่อภาวะการหายใจลำบากและสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยปอดอุดกั้นเรื้อรัง ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการฝึกปั่นจักรยาน 2 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยแต่ละครั้งของการฝึกเริ่มต้นที่ 5 นาทีไปจนถึง 20 นาที ผลของการฝึกพบว่าค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในส่วนของกลไกการเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันการหายใจอาจมาจากการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาที่มีการกระตุ้นให้มีอัตราการหายใจและแรงดันอากาศเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle training) (Dunham and Harms., 2012) โดยปกติแล้วการฝึกกล้ามเนื้อหายใจจะถูกใช้กับผู้ที่เป็นโรคหอบหืด (Asthma) หลอดลมอักเสบ (Bronchitis) ถุงลมโป่งพอง (Emphysema) และปอดอุดกั้นเรื้อรัง (COPD) หรือแม้กระทั่งในปัจจุบันที่การฝึกกล้ามเนื้อหายใจถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนากล้ามเนื้อหายใจในนักกีฬา (McConnell, 2013) มีรายงานการวิจัยระบุว่า

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจจะเพิ่มมากขึ้นก็ต่อเมื่อความดันของการหายใจอยู่ที่ 60-80% ของความดันการหายใจสูงสุด ซึ่งสามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้ถึง 41% (Enright et al., 2006) ขณะที่งานวิจัยอื่นๆที่ทำการศึกษาการฝึกกล้ามเนื้อหายใจด้วยความดันที่น้อยลง (50% PIMax) พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มขึ้นเพียง 7-17% (Downey et al., 2007) การทดลองดังกล่าวมีการกระตุ้นกล้ามเนื้อการหายใจให้มีการทำงานหนักขึ้นคล้ายกับการฝึกหนักสลับเบา ผู้วิจัยจึงคาดว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจที่เพิ่มมากขึ้นอาจจะเกิดจากกลไกนี้ การวิจัยก่อนหน้าของ Dunham และ Harms (2012)ได้ศึกษาผลของอัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด (Peak expiratory flow rate) จากการฝึกหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความเปลี่ยนแปลงเมื่อเมื่อเทียบก่อนและหลังการฝึก

ซึ่งผลที่ได้อาจมาจากระยะเวลาของการฝึก ที่ยังไม่ยาวนานเพียงพอที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลของอากาศหายใจออก (Expiratory flow rate) (Dunham and Harms., 2012) แต่มีงานวิจัยรายงานว่าการที่หลอดลมมีการถูกกระตุ้นให้ยืดขยายอาจจะทำให้แรงต้านของทางเดินหายใจลดลงซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการไหลออกของอากาศได้ (Scichilone et al., 2005).

สรุปผลการวิจัย

การฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ช่วยพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย โดยทำให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว มวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมัน ลดลง น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณงานสูงสุดและกำลังสูงสุดเพิ่มมากขึ้น และพัฒนาสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจโดยเพิ่มปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด ในผู้มีภาวะอ้วนได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

การฝึกหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ช่วยพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้ ดังนั้น จึงสามารถนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้กับประชากรกลุ่มอื่นๆได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในตัวแปรอื่นๆ เช่นสารชีวเคมีในเลือด หรือการขยายตัวของหลอดเลือดที่เป็นผลมาจากการฝึกหนักสลับเบา

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาและบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมทุกท่านที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

Amira P. T., Pandiaman P., Erna M., Andika P., Ella R., Efriyandi E. (2018). Impact of Lower-Limb Endurance Training on Dyspnea and Lung Functions in Patients with COPD. *Open Access Maced Journal of Medical Science,* 6(12): 2354–2358.

Azad A., Gharakhanlou R., Niknam A. and Ghanbari A. (2011). Effects of aerobic exercise on lung function in overweight and obese students. *Tanaffos,* 10(3): 24-31.

Enright S. J., Unnithan V. B., Heward C., Withnall L., Davies D. H. (2006). Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Physical Therapy,* 86(3):345–354.

Chlif M., Keochkerian D., Choquet D., Vaidie A., and Ahmaidi S. (2009). Effects of obesity on breathing pattern, ventilatory neural drive and mechanics. *Respiratory Physiology and Neurobiology,* 168: 198–202.

Christopher Z., Helen L., Ian M. and Himender M. (2010). Obesity and respiratory diseases. *International Journal of General Medicine,* 2010; 3: 335–343.

Chuensiri N., Suksom D., and Tanaka H. (2018). Effects of high-intensity intermittent training on vascular function in obese preadolescent boys. *Childhood Obesity,* 14(1):41-49.

Department of Health: Ministry of Public Health. (2561). Body mass index by self-evaluation [Online]. Available from: http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/files/HLworkingage.pdf [2018, April 24]]

Dunham C. and Harms C. A. (2012). Effects of high-intensity interval training on pulmonary function. *European Journal of Applied Physiology,* 112(8): 3061-8.

Len Kravitz. (2014). ACSM Information On HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING.[Online].Availablfrom:https://www.bgifitness.com/merchant/118/files/ACSM_HIIT.pdf [September 25, 2018].

Herbert P., Hayes L. D., Sculthorpe N. F. and Grace F. M. (2017). HIIT produces increases in muscle power and free testosterone in male masters athletes. *Endocrine Connections* 6(7): 430–436.

Littleton S. W. (2012). Impact of obesity on respiratory function. *Respirology : official journal of the Asian Pacific Society of Respirology,* 17(1):43-9.

Mäder U., Roth P., Furrer R., Brêchet J. P. and Boutellier U. (2001). Influence of continuous and discontinuous training protocols on subcutaneous adipose tissue and plasma substrates. *International Journal of Sports Medicine,* 22: 344–9.

McConnell A. (2013). Inspiratory muscle training: history and putative mechanisms. Frontiers in Sport and Exercise Science and Medicine Seminar on inspiratory muscle training, *Centre for Sports Medicine and Human Performance*, Brunel University.

Peterson B. A., Hastings B., Gottschall. (2016). High Intensity Interval Cycling Improves Physical Fitness in Trained Adults. *Journal of Fitness Research* 5 (1).

Scichilone N., Morici G., Marchese R., Bonanno A., Profita M., Togias A., Bonsignore M. R. (2005.) Reduced airway responsiveness in non elite runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise,* 37(12): 2019–2025.

Sijie T., Hainai Y., Fengying Y. and Jianxiong W. (2012). High intensity interval training exercise training in overweight young women. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness,* 52(3): 255-62.

Trapp E. G., Chisholm D. J., Freund J. And Boutcher S. H. (2008). The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *International Journal of Obesity,* 32: 684–91.

World Health Organization (2018). *Obesity and Overweight* (Online). Retrieved April 24, 2018, from WHO Website: http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight