ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

นายสรวิศ ลาภธนชัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา ไม่สังกัดภาควิชา/เทียบเท่า
คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Effects of high-intensity interval training on body composition, pulmonary function and respiratory muscles strength in obesity

Mr. Sorawit Lapthanachai

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Sports Science
Common Course
Faculty of Sports Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน
โดย	นายสรวิศ ลาภธนชัย
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธา พงษ์พิบูลย์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.วรรณพร ทองตะโก)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โค้งประเสริฐ)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทิต มิตรานันท์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรวิศ ลาภธนชัย : ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน. (Effects of high-intensity interval training on body composition, pulmonary function and respiratory muscles strength in obesity) อ.ที่ปรึกษาหลัก : อ. ดร.วรรณพร ทองตะโก

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

วิธีดำเนินการวิจัย กลุ่มตัวอย่างคือผู้มีภาวะอ้วนที่เป็นนิสิตหรือบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชายและหญิง 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 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลองและหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-T test) และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดย การทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent –T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

ผลการวิจัย หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบามีน้ำหนักตัว มีค่าเฉลี่ย น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย เปอร์เซ็นต์ไขมัน มวลไขมัน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว เพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนั้นกลุ่มฝึกหนักสลับเบา มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลกล้ามเนื้อ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุดเพิ่มขึ้นแตกต่างกับก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบามีน้ำหนักตัว อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และแรงดันการหายใจออกสูงสุดเพิ่มขึ้นแตกต่างกับกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปผลการวิจัย การฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ช่วยพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วนได้

สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การกีฬา	ลายมือชื่อนิสิต ....
ปีการศึกษา	2562	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก ....

6078321039 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORD: High intensity interval training, Body composition, Pulmonary Function, Respiratory muscles Strength, Obesity

Sorawit Lapthanachai : Effects of high-intensity interval training on body composition, pulmonary function and respiratory muscles strength in obesity. Advisor: WANNAPORN TONGTAKO, Ph.D.

The purpose of this study was to investigate the effects of high-intensity interval training on body composition, pulmonary function and respiratory muscles strength in obesity.

Thirty-one aged 18-45 years were randomized into 2 groups: high-intensity interval training group (HIIT; n=15) and control group (CON; n=16). The experimental group was administered high-intensity interval training (HIIT), 3 days a week for a period of 12-weeks while normal activities of daily living for control group. Physiological, body composition, lung function, and respiratory muscle strength variables were analyzed during pre-test and post-test. The dependent variables between pre-test and post-test were analyzed by a paired t-test. The dependent variables between groups were analyzed by independent t-test. Differences were considered to be significant at $p < .05$.

The results showed that after 12 weeks body weight, body mass index, fat mass, percent body fat, resting heart rate, systolic blood pressure, and diastolic blood pressure in HIIT group were decreased significantly when compared with pre-test ($p < .05$). Moreover, lean body mass, muscle mass, VO2peak, FVC, FEV1, MVV, MIP, and MEP in HIIT group were increased significantly when compared with pre-test ($p < .05$). In addition, after 12 weeks, the HITT group had significantly lower in body weight, resting heart rate, and percent body fat and had significantly higher in VO2peak, MIP, and MEP when compare with CON group ($p < .05$).

In conclusion, the present findings demonstrated that twelve weeks of HIIT resulted in improvements in body composition measures, pulmonary function and respiratory muscles strength.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Field of Study:	Sports Science	Student's Signature	
Academic Year:	2019	Advisor's Signature	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร. วรรณพร ทองตะโก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่เป็นมากกว่าอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ความเมตตา แนวคิดและคำปรึกษา รวมทั้งแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ ให้กำลังใจ ให้แรงผลักดันแก่ผู้วิจัยไม่ให้ย่อท้อต่ออุปสรรคเมื่อเจอปัญหา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ดรุณวรรณ สุขสม ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรสา โค้งประเสริฐ และผู้ช่วยศาสตรจารย์ ดร.วิทิต มิตรานันท์ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้ข้อคิด คำแนะนำ ปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับบนี้มีความสมบูรณ์และถูกต้อง ตลอดจนคณาจารย์คณะวิทยาศาสตร์การกีฬาทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ตลอดจนให้ความรู้แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ขอขอบคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลวิจัยอันส่งผลให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จ

ขอขอบคุณผู้เข้าร่วมงานวิจัย บุคลากรและนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือและความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆพี่ ๆ น้อง ๆ นิสิตบัณฑิตศึกษา สำหรับความช่วยเหลือ สนับสนุน ให้กำลังใจ และให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยเสมอมา

คุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบให้แด่คุณปู่ชาญณรงค์ - คุณย่าประดับ ลาภธนชัย ผู้เป็นที่รักยิ่งของข้าพเจ้า คุณพ่อ คุณแม่ และทุกๆคนในครอบครัวที่คอยให้กำลังใจ อบรมสั่งสอนเลี้ยงดู ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรวิศ ลาภธนชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง
กิตติกรรมประกาศ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญรูปภาพ ..... ฎ
สารบัญแผนภูมิ 1
บทที่ 1 1
บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
สมมุติฐานของการวิจัย 5
ขอบเขตของการวิจัย 5
คำจำกัดความของการวิจัย 6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 8
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
ภาวะอ้วน 9
ความหมายและคำจำกัดความของภาวะอ้วน 9
สาเหตุของภาวะอ้วน 9
ปัญหาหรือผลที่เกิดจากความอ้วน 11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรีรวิทยาการหายใจของผู้มีภาวะอ้วน 14
การออกกำลังกายในผู้มีภาวะอ้วน 16
ระบบหายใจ 17
โครงสร้างของระบบหายใจ 18
กลศาสตร์ของการหายใจ 19
ปริมาตรและความจุปอด 24
สมรรถภาพปอด 26
สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบหายใจ 27
การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา 31
ความหมายของการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา 31
หลักการออกกำลังกายรูปแบบหนักสลับเบา 31
การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาในผู้มีภาวะอ้วน 31
การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบากับระบบหายใจ 34
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 35
งานวิจัยในประเทศ 35
งานวิจัยต่างประเทศ 38
บทที่ 3 41
วิธีการดำเนินการวิจัย 41
ประชากร 41
กลุ่มตัวอย่าง 41
เกณฑ์ในการคัดเข้า 42
เกณฑ์การคัดออก 42
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 43
ขั้นตอนที่ 1 การสร้างโปรแกรมการฝึกหนักสลับเบา 43

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนที่ 2 ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ 46

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 51

การวิเคราะห์ข้อมูล 51

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 52

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย 53

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ 60

บทที่ 5 68

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ 68

สรุปผลการวิจัย 68

อภิปรายผลการวิจัย 69

สรุปผลการวิจัย 78

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย 78

ข้อจำกัดในการวิจัย 78

ภาคผนวก 79

ภาคผนวก ก 80

ภาคผนวก ข 81

ภาคผนวก ค 82

ภาคผนวก ง 83

ภาคผนวก จ 84

ภาคผนวก ฉ 89

บรรณานุกรม 99

ประวัติผู้เขียน 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 การตอบสนองของระบบหายใจต่อการออกกำลังกายทันทีระดับปานกลางและเต็มที่..... 30

ตารางที่ 2 ผลตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย.. 44

ตารางที่ 3 ผลตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ 44

ตารางที่ 4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะปั่นจักรยานด้วยโปรแกรมหนักสลับเบา 45

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรด้านทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม 53

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง... 54

ตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 55

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 56

ตารางที่ 9 ผลสรุปการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง...................................... 57

ตารางที่ 10 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรด้านสรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม.. 60

ตารางที่ 11 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรด้านสรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง... 61

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง.. 62

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 63

ตารางที่ 14 ผลสรุปการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบหายใจ 19

รูปที่ 2 ลักษณะของปอด 20

รูปที่ 3 กล้ามเนื้อหายใจ 21

รูปที่ 4 การหายใจเข้า – ออก 23

รูปที่ 5 ปริมาตรปอดและความจุปอด (Lung volume and Lung capacity) 24

รูปที่ 6 เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer) 26

รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศ 28

รูปที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย 40

รูปที่ 9 แสดงโปรแกรมฝึกแบบหนักสลับเบา 49

รูปที่ 10 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 58

แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เปอร์เซ็นต์ไขมัน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 58

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 59

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) กำลังสูงสุดที่ทำได้ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 59

แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 65

แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 65

แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 66

แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 66

แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แรงดันการหายใจออกสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ภาวะอ้วน (Obesity) หมายถึง การมีเนื้อเยื่อไขมันและการสะสมของไขมันมากที่มากเกินไป ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพ และยังเป็นปัจจัยเสี่ยงที่สำคัญในการเกิดโรคเรื้อรังหลายชนิด เช่น โรคเบาหวานโรค โรคหลอดเลือดหัวใจ และโรคมะเร็ง เป็นต้น ซึ่งเกิดจากพฤติกรรมการบริโภคอาหารที่ทำให้ได้รับพลังงานมากกว่าความต้องการของร่างกายในแต่ละวัน รวมถึงการขาดพฤติกรรมการออกกำลังกาย โดยภาวะอ้วนนั้นเป็นปัญหาสาธารณสุขทั่วโลกและมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในประเทศที่พัฒนาและกำลังพัฒนา (WHO, 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) สำหรับรายงานสถานการณ์โรคอ้วนในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2557 พบว่ามีผู้เป็นโรคอ้วนจำนวน 16 ล้านคน โดยเป็นเพศชายจำนวน 4.7 ล้านคน และเพศหญิงจำนวน 11.3 ล้านคน ซึ่งเป็นอันดับที่สองในประเทศภูมิภาคอาเซียนรองจากมาเลเซียซึ่งประชากรมีภาวะอ้วนมากกว่า 40 เปอร์เซ็นของประชากรทั้งหมด โดยมีการศึกษาพบว่าประเทศในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก มีค่าใช้จ่ายที่เกิดจากปัญหาโรคอ้วนของประชาชนรวมกันกว่า 166 หมื่นล้านเหรียญดอลลาร์สหรัฐ (ประมาณ 5.19 ล้านล้านบาท) ต่อปี (สำนักข่าวไทยรัฐ, 2560) โรคอ้วนทำให้เกิดอุบัติการณ์ของการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable Diseases) เช่น โรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน และโรคมะเร็ง เป็นต้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญในการเสียชีวิตของประชากรไทยในปัจจุบัน โดยภาวะอ้วนสามารถประเมินได้จากค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index; BMI) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างน้ำหนัก (กิโลกรัม) และส่วนสูง (เมตร) โดยค่าดัชนีมวลกายที่ถือว่าอยู่ในภาวะอ้วนคือมีค่า 30 กิโลกรัม /เมตร^2 (Kg /m^2) ขึ้นไปสำหรับประชากรในอเมริกาและยุโรป (WHO, 2018) และค่าดัชนีมวลกาย 25 กิโลกรัม/เมตร^2 ขึ้นไป สำหรับประชากรเอเชีย (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

เนื่องจากผู้ที่มีภาวะอ้วนจะมีการสะสมของปริมาณไขมันตามร่างกายเป็นจำนวนมาก จึงส่งผลเสียต่อระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิต มีการรับน้ำหนักของข้อต่อเพิ่มมากขึ้น (King, March, & Anandacoomarasamy, 2013) และเกิดโรคแทรกซ้อนจำพวกโรคไม่ติดต่อเรื่องรังตามมา (Sunyer, 2009) นอกจากนั้นภาวะอ้วนยังส่งผลกระทบต่อระบบหายใจ โดยภาวะอ้วนมีแนวโน้มในการส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของอัตราการหายใจ (Respiratory rate) และทำให้ปริมาตรการหายใจเข้าออกปกติ (Tidal volume) ลดลง รวมถึงส่งผลกระทบต่อการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจ (Littleton, 2012)

โดยในปี ค.ศ. 2009 Chlif และคณะ (Chlif et al., 2009) ศึกษาพบว่าผู้มีภาวะอ้วนมีค่าแรงดันในการหายใจเข้า (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าสมรรถภาพปอด ได้แก่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) และค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) ต่ำกว่าในผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และผู้มีภาวะอ้วนมีอัตราการหายใจขณะพักมากกว่าผู้มีน้ำหนักปกติ โดยงานวิจัยสรุปว่าผู้มีภาวะอ้วนจะมีความผิดปกติของรูปแบบการหายใจ (Breathing pattern) และกลไกการหายใจ (Respiratory mechanism) ซึ่งในผู้มีภาวะอ้วนจะหายใจตื้นและเร็วกว่าในคนทั่วไป อาจนำไปสู่ภาวะการหายใจล้มเหลว (Ventilatory failure) ได้ นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาพบว่าผู้มีภาวะอ้วนจะมีแรงต้านทางเดินหายใจ (Airway resistance) เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเสี่ยงต่อภาวะการหายใจออกที่ถูกจำกัดและทางเดินหายใจปิดกั้นจากการหดตัวของหลอดลม (Bronchoconstriction) จากภาวะอ้วน (Salome, King, & Berend, 2009) ทั้งนี้การลดลงของสมรรถภาพปอดของผู้มีภาวะอ้วนยังเป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้เกิดโรคแทรกซ้อนเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ เช่น โรคหยุดหายใจขณะหลับ (Obstructive Sleep Apnea Syndrome; OSAS) โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง (Chronic Obstructive Pulmonary Disease; COPD) โรคหืด (Asthma) และโรคลิ่มเลือดอุดกั้นในหลอดเลือดปอดเฉียบพลัน (Pulmonary embolism) เป็นต้น (Zammit et al., 2010) จะเห็นได้ว่าภาวะอ้วนนั้นส่งผลกระทบต่อระบบหายใจอย่างมาก

ที่ผ่านมามีการศึกษาพบว่าการฝึกออกกำลังกายส่งผลดีต่อผู้มีภาวะอ้วน โดยเพิ่มการเผาผลาญซึ่งส่งผลต่อการลดลงของน้ำหนักและมวลไขมันในร่างกาย เพิ่มความอดทนของระบบไหลเวียนโลหิตโดยการเพิ่มขึ้นของค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen consumption; VO_2Peak) และมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มขึ้น เป็นต้น (Lee, 2016; Miller et al., 2013; Wycherley et al., 2010) และสำหรับการฝึกออกกำลังกายกับระบบหายใจและสมรรถภาพปอดในผู้มีภาวะอ้วน ในปี ค.ศ. 2011 Ahmad และคณะ (Azad et al., 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีต่อสมรรถภาพปอดในนักเรียนที่มีภาวะน้ำหนักเกินและอ้วน จำนวน 30 คน ทำการฝึกวิ่งบนลู่วิ่ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 24 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมซึ่งดำเนินกิจวัตรประจำวันตามปกติ ผลการทดลองพบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในกลุ่มวัยรุ่นที่มีน้ำหนักเกินและอ้วนได้ และ Khalili และ Elkins (Khalili & Elkins, 2009) ได้ทำการศึกษาพบว่าการฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิก 30 นาที ด้วยการเดิน วิ่ง และปั่นจักรยานด้วยความหนักระดับปานกลาง 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ ทำให้ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) เพิ่มขึ้น 160 มิลลิลิตร และค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) เพิ่มขึ้น 330 มิลลิตร นอกจากนั้น Heba และ Ashraf (Heba & Ashraf, 2013)

ได้ทำการศึกษาพบว่าผู้ป่วยโรคหืดที่ฝึกออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานครั้งละ 40 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ มีการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1)

การฝึกออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา (High Intensity Interval Training; HITT) เป็นการออกกำลังกายชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นการฝึกแบบมีช่วงความหนักเป็นระยะเวลาสั้นๆ (อาจอยู่ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 5 วินาทีถึง 8 นาที) ด้วยอัตราการเต้นหัวใจ (Heart rate) 80% - 95% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal Heart Rate; HR_{max}) สลับกับช่วงพักด้วยการออกกำลังกายที่ความหนักระดับเบาประมาณ 40% - 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดหรืออาจหยุดพัก โดยมีการกำหนดระยะเวลาของการฝึกเป็นอัตราส่วนของช่วงหนักและช่วงเบา เช่น 1:1 หมายถึง การออกกำลังกายช่วงหนักและช่วงเบาเป็นระยะเวลาที่เท่ากัน ดังนั้นถ้ากำหนดช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ช่วงของการออกกำลังกายแบบเบาจะมีระยะเวลา 1 นาทีเช่นเดียวกัน หรือ 1:2 หมายถึง ออกกำลังกายช่วงเบาเป็นระยะเวลาสองเท่าของช่วงหนัก ดังนั้นถ้ากำหนดช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ช่วงของการออกกำลังกายแบบเบาจะมีระยะเวลา 2 นาที (Len Kravitz, 2014) ที่ผ่านมามีการศึกษาพบว่าการฝึกแบบหนักสลับเบาช่วยส่งผลดีต่อภาวะอ้วนได้เช่นเดียวกัน โดยในปี ค.ศ. 2012 Sijie และคณะ (Sijie et al., 2012) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาในผู้ที่มีภาวะน้ำหนักเกิน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเพศหญิง จำนวน 60 คน อายุ 19 – 20 ปี มีดัชนีมวลกาย ≥ 25 และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย ≥ 30% แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มฝึกหนักสลับเบา กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยความหนักปานกลาง (Moderate Intensity continuous training) และกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบาและกลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยความหนักปานกลาง ทำการฝึก 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สำหรับโปรแกรมหนักสลับเบา ในช่วงหนักจะอยู่ที่ 85% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และช่วงเบา 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ขณะที่กลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยความหนักปานกลางออกกำลังกายที่ความหนัก 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองกลุ่มที่ฝึกออกกำลังกายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหัวใจห้องล่างซ้าย อัตราการเต้นหัวใจขณะพักและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อย่างไรก็ตาม กลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบามีการเปลี่ยนแปลงที่ดีกว่ากลุ่มฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิกด้วยความหนักปานกลาง นอกจากนั้น Fisher และคณะ (Fisher et al., 2015) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่ระดับปานกลางเพื่อพัฒนาความผิดปกติของระบบเผาผลาญในผู้มีน้ำหนักเกินหรือผู้มีภาวะอ้วนเพศชาย โดยศึกษาตัวแปรองค์ประกอบร่างกาย ความไวต่ออินซูลิน ความดันโลหิต ไขมันในเลือด และสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือด เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าการฝึกรูปแบบหนักสลับเบา

ช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เพิ่มความไวต่ออินซูลิน ลดความดันโลหิตขณะพัก และเพิ่มสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือดได้ และในปี ค.ศ. 2018 นภัสกร ชื่นศิริ ดรุณวรรณ สุขสม และ Tanaka (Chuensiri, Suksom, & Tanaka, 2018) ทำการศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อการทำงานของหลอดเลือดในเด็กชายที่มีภาวะอ้วน 48 คน อายุ 8-12 ปี เพศชาย แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบา (HIIT) โดยได้รับโปรแกรมฝึก 8*2 นาทีที่ความหนัก 90% ของกำลังสูงสุด และกลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูง (Supra-HIIT) ได้รับโปรแกรมฝึก 8*20 วินาทีที่ความหนัก 170% ของกำลังสูงสุด กลุ่มฝึกหนักสลับเบาทั้งสองกลุ่มที่ทำการปั่นจักรยาน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบาและกลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูงมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น และทั้งสองกลุ่มยังเพิ่มอัตราการเผาผลาญในขณะพัก และหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดที่ดีขึ้น

แต่อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาอย่างแพร่หลายในเรื่องของการฝึกหนักสลับเบาที่ส่งผลต่อสมรรถภาพปอดและกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งผู้วิจัยพบการศึกษาเพียงเรื่องเดียวที่มีการศึกษาถึงการฝึกแบบหนักสลับเบาที่ส่งผลต่อสมรรถภาพปอด โดย Dunham และ Harms (Dunham & Harms, 2012) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อสมรรถภาพปอด โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้มีสุขภาพดี 15 คน เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความทนทาน (Endurance training; ET) จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบา (High intensity interval training; HIIT) จำนวน 8 คน โดยกลุ่มฝึกแบบหนักสลับเบาทำการฝึกด้วยจักรยานที่ความหนัก 90% ของกำลังสูงสุด (Peak power output; PPO) เป็นเวลา 1 นาที สลับกับช่วงเบาเป็นเวลา 3 นาที ทั้งหมด 5 เซต ขณะที่กลุ่มฝึกความทนทานทำการฝึกที่ความหนัก 60 – 70% ของกำลังสูงสุด (PPO) เป็นเวลา 45 นาทีอย่างต่อเนื่อง ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าแรงดันในการหายใจเข้าเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบามีค่าแรงดันการหายใจเข้ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบทนทานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากที่ได้กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าการฝึกแบบหนักสลับเบาส่งผลดีต่อผู้มีภาวะอ้วน อีกทั้งโปรแกรมการฝึกหนักสลับเบายังมีข้อดีในส่วนของระยะเวลาในการฝึกที่น้อยกว่าการฝึกแบบต่อเนื่อง จึงเป็นที่น่าสนใจในการที่จะศึกษาถึงผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน ซึ่งผู้วิจัยคาดหวังว่าความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยจะสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการฝึกเพื่อพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วนได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

สมมุติฐานของการวิจัย

การฝึกแบบหนักสลับเบาส่งผลดีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้ที่มีภาวะอ้วน

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ เป็นผู้ที่มีภาวะอ้วนเพศชายและหญิง อายุ 18 – 45 ปี (Prajapati, Patel, & Raninga, 2014) ดัชนีมวลกาย BMI ≥ 25 – 29.9 (กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2561)
2. ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย

    2.1 ตัวแปรต้น คือ โปรแกรมการฝึกแบบหนักสลับเบา

    2.2 ตัวแปรตาม ประกอบด้วย

2.2.1 ตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย (Physiological and body composition variables) ได้แก่ น้ำหนักตัว (Body weight) ส่วนสูง (Height) ดัชนีมวลกาย (Body mass index; BMI) อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (Resting heart rate; HR_{rest}) ความดันโลหิต (Blood pressure) เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Percent Body Fat) น้ำหนักของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass) มวลไขมัน (Fat mass) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass) และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake; VO_2Peak)

2.2.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด (Lung function variables) ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1) อัตราส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ต่อค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1/FVC) ค่าอัตราการไหลออกสูงสุด (PEF) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV)

2.2.3 ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle strength variables) ได้แก่ ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (Maximal expiratory pressure; MEP)

คำจำกัดความของการวิจัย

ผู้มีภาวะอ้วน (Obesity) หมายถึง ผู้ที่มีดัชนีมวลกายมากกว่าหรือเท่ากับ 25 - 29.9 ถือเป็นภาวะอ้วนระดับ 1 ตามเกณฑ์ของกรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข เพศชายและหญิง อายุ 18 – 45 ปี

การฝึกแบบหนักสลับเบา (High Intensity Interval Training; HIIT) หมายถึง การฝึกออกกำลังกายแบบมีช่วงความหนักระดับสูงเป็นระยะเวลาสั้นๆ สลับกับช่วงพักด้วยความหนักระดับเบา โดยงานวิจัยนี้ใช้การฝึกปั่นจักรยาน โดยมีช่วงความหนักเป็นระยะเวลาสั้นๆ ด้วยความหนัก 85% ของกำลังสูงสุด สลับกับช่วงพักด้วยการออกกำลังกายแบบเบาที่ความหนัก 30% ของกำลังสูงสุด มีการกำหนดระยะเวลาของการฝึกเป็นอัตราส่วนของช่วงหนักและช่วงเบาเป็นอัตราส่วน 1:3 โดยช่วงหนักมีระยะเวลา 1 นาที และช่วงเบามีระยะเวลา 3 นาที ทั้งหมด 8 เซต

ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle strength) หมายถึง แรงดันอากาศที่เกิดขึ้นภายในทางเดินอากาศจากการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งใช้เป็นดัชนีบ่งบอกถึงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยงานวิจัยนี้ใช้เครื่องวัดกำลังกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory pressure meter) โดยแสดงค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (Maximal expiratory pressure; MEP)

สมรรถภาพปอด (Pulmonary function) หมายถึง การตรวจสมรรถภาพของปอด โดยการวัดค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV1) อัตราส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ต่อค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1/FVC) ค่าอัตราการไหลออกสูงสุด (Peak expiratory flow ; PEF) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV)

ดัชนีมวลกาย (Body Mass Index) หมายถึง ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักตัวและส่วนสูง เป็นตัวชี้วัดสภาวะของร่างกายว่ามีความสมดุลของน้ำหนักตัวต่อส่วนสูงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมหรือไม่ ค่าดัชนีมวลกายสามารถคำนวณได้โดยนำน้ำหนักตัว (หน่วยเป็นกิโลกรัม) หารด้วยส่วนสูง^2 (หน่วยเป็นเมตร)

องค์ประกอบร่างกาย (Body Composition) หมายถึง ลักษณะทางสรีรวิทยาที่ส่งผลต่อการปฏิบัติกิจกรรมในชีวิตประจำวันประกอบด้วย เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Percent Body Fat) น้ำหนักของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass) มวลไขมัน (Fat mass) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass)

เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Percent Body Fat) หมายถึง ร้อยละของปริมาณไขมันในร่างกายซึ่งในงานวิจัยนี้ทำการวัดด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบของร่างกาย (Bioelectrical Impedance Analysis)

น้ำหนักของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass) หมายถึง ส่วนประกอบของร่างกายซึ่งเป็นน้ำหนักของกระดูก กล้ามเนื้อ เลือด ผิวหนัง และอื่นๆ ที่ไม่ใช่ส่วนของไขมัน

มวลไขมัน (Fat mass) หมายถึง ส่วนประกอบของร่างกายที่เป็นไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย (Essential fat) และไขมันที่ไม่จำเป็นต่อร่างกาย (Non-essential fat)

มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass) หมายถึง ส่วนประกอบของร่างกายที่เป็นกล้ามเนื้อรวมทั้งกล้ามเนื้อเรียบ (Smooth muscles) และกล้ามเนื้อลาย (Skeletal muscles)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อได้ทราบถึงผลของการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน
2. ได้งานวิจัยที่เป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบาเพื่อพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วนเพื่อศึกษาต่อยอดให้มีรูปแบบที่แปลกใหม่ต่อไป
3. เป็นแนวทางให้ผู้ที่สนใจในการศึกษาค้นคว้างานวิจัยและการทดลองเกี่ยวกับการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบาในรูปแบบใหม่และกลุ่มประชากรอื่นๆ ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลต่างๆ จากหนังสือ วารสาร เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในประเทศและต่างประเทศโดยนำเสนอตามหัวข้อ ดังต่อไปนี้

1. ภาวะอ้วน
    - 1.1 ความหมายและคำจำกัดความของภาวะอ้วน
    - 1.2 สาเหตุของภาวะอ้วน
    - 1.3 ปัญหาหรือผลที่เกิดจากความอ้วน
    - 1.4 สรีรวิทยาการหายใจของคนอ้วน
    - 1.5 การออกกำลังกายในผู้มีภาวะอ้วน
2. ระบบหายใจ
    - 2.1 โครงสร้างของระบบหายใจ
    - 2.2 กลศาสตร์ของการหายใจ
    - 2.3 ปริมาตรและความจุปอด
    - 2.4 สมรรถภาพปอด
    - 2.5 สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบหายใจ
3. การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา
    - 3.1 ความหมายของการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา
    - 3.2 หลักการออกกำลังกายรูปแบบหนักสลับเบา
    - 3.3 การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบากับผู้มีภาวะอ้วน
    - 3.4 การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบากับระบบหายใจ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
    - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ
5. กรอบแนวคิดงานวิจัย

ภาวะอ้วน

ความหมายและคำจำกัดความของภาวะอ้วน

ความอ้วนเป็นสภาพอย่างหนึ่งของร่างกาย ซึ่งตรงกับคำในภาษาอังกฤษว่า “Obesity” และมาจากภาษาละตินว่า “Obesus” หมายถึงสภาพของร่างกายที่มีการเปลี่ยนแปลงไปโดยการสะสมของไขมันจนมีปริมาณมากเกินพอดี (เอมอร สถิตธำมรงค์, 2547) ภาวะอ้วนรวมถึงภาวะน้ำหนักเกินจากการนิยามขององค์การอนามัยโลก หมายถึงการสะสมของไขมันมากเกินกว่าปกติซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพ นอกจากนั้นภาวะอ้วนนั้นเป็นปัจจัยเสี่ยงหลักต่อการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ ทั้งโรคเบาหวาน, โรคหัวใจและหลอดเลือดและโรคมะเร็งในอดีตภาวะอ้วนเป็นปัญหาของประเทศที่มีรายได้ของประชากรอยู่ในระดับสูง (High income countries) แต่ในปัจจุบันภาวะอ้วนมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นเช่นกันในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ปานกลางและรายได้ต่ำโดยเฉพาะกลุ่มประชากรที่อาศัยในเมือง (WHO, 2018) การที่จะบ่งบอกได้ว่าบุคคลใดมีภาวะอ้วนนั้นสามารถตรวจสอบจากการวัดค่าดัชนีมวลกาย (Body Mass Index) ซึ่งคำนวนโดยนำน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) หารด้วยส่วนสูง (เมตร) ยกกำลังสองซึ่งกรมอนามัยกระทรวงสาธารณสุขได้กำหนดช่วงของดัชนีมวลกายสำหรับประชากรเอเชียไว้ดังนี้

ค่าดัชนีมวลกาย (BMI)	< 18.5	หมายถึง	ผอม
	= 18.5 - 22.9	,,	ปกติ
	= 23 - 24.9	,,	น้ำหนักเกิน
	= 25 - 29.9	,,	อ้วนระดับ 1
	≥ 30	,,	อ้วนระดับ 2

(กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, 2561)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สาเหตุของภาวะอ้วน

สาเหตุของการเกิดภาวะอ้วนมักมีอิทธิพลจากหลายปัจจัยร่วมกัน ดังนี้

พันธุกรรม

ความผิดปกติของยีน (Gene) อาจนำไปสู่ความอ้วนได้ จากการศึกษาพบว่า ถ้าบิดาหรือมารดาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งอ้วน ลูกมีโอกาสอ้วนร้อยละ 40 – 50 แต่ถ้าทั้งบิดาและมารดามีภาวะอ้วนลูกจะมีโอกาสอ้วนถึงร้อยละ 70 – 80 ในขณะที่บุตรที่มีบิดาและมารดาน้ำหนักตัวปกติจะมีโอกาสอ้วนร้อยละ 9 (Lewis, 1986) สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่องความรู้เกี่ยวกับภาวะอ้วน แบบแผนการบริโภค กิจกรรมที่ปฏิบัติและปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับภาวะอ้วนในกลุ่มมัธยมศึกษาปีที่ 1 – 6 อำเภอเมืองฯ จังหวัดจันทบุรีที่มีภาวะอ้วนและภาวะโภชนาการปกติพบว่า ภาวะอ้วนในบิดามารดา พี่น้องพ่อแม่เดียวกันและเครือญาติ มีความสัมพันธ์กับภาวะอ้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (สุภาพรณ์ เชิดชัยภูมิ, 2542)

ความผิดปกติของระบบร่างกาย

ความบกพร่องของศูนย์การควบคุมความหิวและความอิ่มของสมองส่วนไฮโปทาลามัส ซึ่งความหิวจะทำงานเมื่อสารอาหารในร่างกายต่ำโดยเฉพาะน้ำตาลกลูโคสในเลือดและเมื่อร่างกายมีน้ำตาลในเลือดอยู่ในระดับปกติจะทำให้อิ่มและอยากอาหารลดลง หากเกิดความผิดปกติขึ้นจะทำให้รู้สึกหิวอาหารทั้งๆ ที่ร่างกายได้รับสารอาหารพอเพียงหรือการรับประทานอาหารไม่รู้จักอิ่มหรือการทำงานที่ผิดปกติของต่อมไทรอยด์ที่สร้างฮอร์โมนออกมาน้อย ทำให้ร่างกายใช้พลังงานเพื่อเมตาบอลิซึมน้อยลง มีการสะสมพลังงานในรูปแบบของไขมันมากขึ้น (อารี วัลยะเสวี และ วันดี วราวิทย์, 2525)

จิตใจและอารมณ์

บางคนที่มีปัญหาทางด้านจิตใจ หงุดหงิด วิตกกังวล เครียด จะชดเชยด้วยการรับประทานอาหารมากกว่าปกติซึ่งทำให้เกิดภาวะอ้วนได้ จากการศึกษาของมอร์เลย์ (Morley, 1988) พบว่าความเครียดมีผลทำให้บริโภคอาหารเพิ่มขึ้น ในเพศชายพบถึงร้อยละ 47 ในเพศหญิงพบร้อยละ 37 และความเบื่อหน่ายก็พบว่าทำให้บริโภคอาหารเพิ่มมากขึ้นเช่นกันโดยพบในเพศชายร้อยละ 68 และเพศหญิงร้อยละ 40

สิ่งแวดล้อมและรูปแบบการดำรงชีวิต

สิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้องได้แก่ วัฒนธรรม ขนบธรรมเนียมประเพณี ในอดีตที่ผ่านมามีความเชื่อว่าภาวะอ้วนเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงความสมบูรณ์แข็งแรง ความมีบุญ มีอำนาจของบุคคล ทำให้เกิดการเลี้ยงดูสมาชิกในครอบครัวให้มีภาวะอ้วน นอกจากนี้สภาพแวดล้อมในครอบครัวนับเป็นอีกสาเหตุหนึ่งโดยเฉพาะครอบครัวที่อยู่ด้วยกัน จะมีการรับประทานอาหารพร้อมกัน หากพ่อและแม่ชอบรับประทานอาหารที่มีไขมันสูงลูกก็มีแนวโน้มที่จะชอบอาหารที่มีไขมันด้วย เนื่องจากมีการสร้างนิสัยการกินถ่ายทอดกันมาทำให้เด็กมีพฤติกรรมการกินคล้ายคลึงกันกับพ่อและแม่ (นิตยา ตั้งชูรัตน์, 2526) รวมทั้งวัฒนธรรมในการกินของแต่ละพื้นที่ เช่น ตื่นนอนมีอาหารเช้า สายมีกาแฟ กลางวันมีอาหารเที่ยง บ่ายมีกาแฟ เย็นมีอาหารเย็น หรือมีของหวานหลังมื้ออาหารหลัก โอกาสที่จะอ้วนจึงมีมากกว่าในท้องถิ่นที่มีวัฒนธรรมการบริโภคอาหารตามมื้อปกติโดยไม่มีอาหารว่าง (พรสวรรค์ จองถวัลย์, 2546)

การออกกำลังกายหรือการมีกิจกรรมทางกาย

ปกติร่างกายจะนำพลังงานที่ได้จากการดูดซึมอาหารไปใช้ เรียกว่าการใช้พลังงานทั้งหมดในแต่ละวัน (Total Daily Energy Expenditure) ซึ่งมีองค์ประกอบ 3 ปัจจัย ได้แก่

1) อัตราการเผาผลาญพลังงานพื้นฐาน (Basal Metabolic Rate) เช่น การเต้นของหัวใจเพื่อสูบฉีดเลือด, การผลิตฮอร์โมนรวมถึงการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย ใช้พลังงาน 60 – 80 % ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดในแต่ละวัน

2) พลังงานที่ใช้ในการย่อยอาหาร (Thermic Effect of Food) 10% ของการใช้พลังงานทั้งหมดในแต่ละวัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) การใช้พลังงานในการมีกิจกรรมทางกายหรือออกกำลังกาย 15 – 30 % ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดในแต่ละวัน ซึ่งหากมีการใช้พลังงานในส่วนนี้น้อยจะทำให้มีการสะสมของพลังงานตามส่วนต่างๆ ของร่างกายในรูปแบบของไขมัน (Juliane Heydenreich et al., 2017) ซึ่งในแต่ละบุคคลจะใช้พลังงานแต่ละวันไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของกิจกรรม เพศ วัย และองค์ประกอบของร่างกายโดยการที่มีกิจกรรมทางกายมากขึ้นจะใช้พลังงานมากขึ้น และเพศชายใช้พลังงานมากกว่าเพศหญิง เนื่องจากมีมวลกล้ามเนื้อที่มากกว่า (Kazunori Ohkawara et al., 2012)

พฤติกรรมการบริโภคอาหาร

การบริโภคอาหารเกินความต้องการของร่างกายเป็นปัจจัยส่งเสริมให้มีภาวะอ้วน เช่นการบริโภคอาหารที่มีปริมาณน้ำตาลสูงและให้พลังงานมาก (Fast Food) และมีความถี่ของการบริโภคอาหารมากกว่า 3 มื้อ ซึ่งมักพบในเด็กที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดี การบริโภคอาหารที่มากเกินไปบ่อยครั้งจะทำให้ศูนย์การควบคุมความอิ่มปรับสภาพให้ร่างกายสามารถรับประทานอาหารในปริมาณที่มากขึ้นได้ และทำให้การควบคุมของร่างกายดังกล่าวเสียไปในที่สุด (Rosenheck, 2008) จากการศึกษาเรื่องความถี่ในการบริโภคอาหารระหว่างมื้อก่อนนอนทั้งช่วงปิดเรียนและเปิดเรียนและความถี่ในการบริโภคอาหารมื้อเช้าและมื้อกลางวันช่วงเปิดเรียนมีความสัมพันธ์กับภาวะอ้วนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการรับประทานอาหารโดยมีการรับประทานอาหารจานด่วนหรือฟาสต์ฟู้ดแบบตะวันตกมากยิ่งขึ้น ซึ่งอาหารเหล่านี้เป็นอาหารที่ให้พลังงานเกินความต้องการของร่างกายโดยเฉพาะพลังงานจากไขมัน (สุภาพรณ์ เชิดชัยภูมิ, 2542)

ปัจจัยอื่นๆ

การได้รับยาบางชนิด เช่น ยาพวกคอร์ติโคสเตียรอยด์ ยาแก้แพ้เพอริแอคตินที่ทำให้เกิดความอยากอาหารและยาในกลุ่มฮอร์โมน เช่น ยาคุมกำเนิด ก็เป็นสาเหตุอีกอย่างหนึ่งที่ทำให้อ้วนได้ (พรสวรรค์ จองถวัลย์, 2546) หรือปัญหาของการมีฮอร์โมนบางชนิดผิดปกติหรือขาดสมดุล

ปัญหาหรือผลที่เกิดจากความอ้วน

จากสถิติรวบรวมในหลายประเทศพบว่า คนอ้วนจะมีอายุสั้นกว่าคนปกติทั่วไปและโรคอ้วนเป็นสาเหตุทั้งทางตรงและทางอ้อมของปัญหาสุขภาพต่างๆ ได้แก่

ปัญหาทางด้านร่างกาย

จากสถิติพบว่าการมีภาวะอ้วนเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ ทั้งเรื้อรังและไม่เรื้อรัง โรคที่เกิดขึ้น มีดังนี้

<u>โรคหัวใจและหลอดเลือด</u> ภาวะอ้วนมีความเสี่ยงในการเกิดโรคหัวใจมากกว่าคนปกติถึง 4 เท่า ทั้งหัวใจขาดเลือด กล้ามเนื้อหัวใจตาย โรคหัวใจวาย และการเสียชีวิตอย่างเฉียบพลัน (กมลพรรธน์ เมฆวรวุฒิ และ อัมพร ชัยศิริรัตน์, 2544) จากการศึกษาของ ฟางและคณะ (Fang et al.,

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2004) ที่ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุระหว่าง 25 – 47 ปี จำนวน 9,790 คน พบว่า 3,183 คนที่เสียชีวิตมีถึง 1,531 คนที่เสียชีวิตจากโรคหัวใจและหลอดเลือดถึงอัตรา 9.11 ต่อหนึ่งพันคนต่อปี ซึ่งอัตรานี้พบในผู้ที่มีน้ำหนักเกิน (ค่าดัชนีมวลกายอยู่ระหว่าง 25 – 29.9 กิโลกรัม / เมตร^2) ทำให้เห็นความสัมพันธ์ของอัตราการตายจากโรคหัวใจและหลอดเลือดเกี่ยวโยงกับภาวะน้ำหนักเกิน

โรคความดันโลหิตสูง จากการสำรวจภาวะสุขภาพประชากรไทยในปี 2534 – 2535 พบว่าผู้ที่มีภาวะอ้วนมีอัตราการเกิดโรคความดันโลหิตสูงร้อยละ 18.4 ในขณะที่ผู้มีน้ำหนักปกติมีอัตราการเกิดโรคความดันโลหิตสูงเพียงร้อยละ 4.6 ดังนั้นผู้ที่มีน้ำหนักตัวเพิ่มมากขึ้นเท่าใด อัตราการเกิดโรคความดันโลหิตสูงก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน แต่ถ้าได้รับการควบคุมน้ำหนัก ความดันเลือดจะต่ำลง (จันทร์เพ็ญ ชูประภาวรรณ, 2539)

โรคทางเดินหายใจ ระบบการหายใจผิดปกติที่เรียกว่าอาการพิกวิคเคียน (Pickwickian Syndrome) อาการที่ปรากฏคือ ง่วงซึม หลับง่าย หายใจบ่อยครั้งกว่าคนน้ำหนักปกติ รวมถึงอาการหายใจผิดปกติขณะหลับ (Sleep disordered Breathing) มีได้ตั้งแต่การยุบของทางเดินหายใจบางส่วน ความต้านทานของช่องทางเดินหายใจบางส่วนเพิ่มขึ้นจนถึงอาการหยุดหายใจขณะหลับ (Sleep Apnea) เป็นภาวะคุกคามชีวิตและต้องรักษาอย่างเต็มที่ด้วยการกำจัดปัจจัยแทรกซ้อนโดยทำให้ทางเดินหายใจเป็นบวกต่อเนื่องผ่านจมูกเวลาหลับรวมไปถึงการลดน้ำหนักตัว (วิชัย ตันไพจิตร, 2530)

ข้อต่อ เมื่อแบ่งการกระจายตัวของน้ำหนักเป็นร้อยละ พบว่าผู้ที่มีน้ำหนักตัวอยู่ในช่วงมากกว่าร้อยละ 20 มีอัตราเสี่ยงต่อการเกิดโรคข้อเข่าเสื่อม 7 – 10 เท่าของผู้ที่มีน้ำหนักปกติ และพบว่า การลดน้ำหนักในคนอ้วนช่วยป้องกันอาการเริ่มต้นของโรคข้อเสื่อมและบรรเทาอาการในผู้ที่เป็นโรคข้อเข่าเสื่อม (ศศิธร อุตสาหกิจ, 2551)

นิ่วถุงน้ำดี จากการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดนิ่วในถุงน้ำดี ในหญิงที่มีดัชนีมวลกายมากกว่า 32 กิโลกรัมต่อตารางเมตรเปรียบเทียบกับหยิงที่มีดัชนีมวลกายต่ำกว่า 20 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พบว่าในหยิงที่มีดัชนีมวลกายมากกว่า 32 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีภาวะเสี่ยงของการเกิดนิ่วในถุงน้ำดีสูงกว่า (สามารถ ใจเตี้ย, 2551)

โรคไตและระบบขับถ่ายปัสสาวะ บุคคลที่เป็นโรคอ้วนจะมีการเพิ่มแรงดันของเส้ยเลือดทำให้เส้นเลือดทีไตขยายใหญ่ขึ้น การกรองและการดูดซึมกลับของโซเดียมเพิ่มมากขึ้นจนไม่สามารถต้านทานได้ ทำให้ไตเกิดการสูญเสียโครงสร้างและหน้าที่ นอกจากนั้นยังเพิ่มความเสี่ยงของการกลั้นปัสสาวะไม่อยู่ คาดว่าเกิดจากการที่น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นอาจเป็นสาเหตุของการเพิ่มแรงดันในช่องท้องทำให้เกิดแรงดันในกระเพาะปัสสาวะเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมีผลต่อการกลั้นปัสสาวะไม่อยู่จากแรงดันในช่องท้องสูงได้ (สามารถ ใจเตี้ย, 2551)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

<u>โรคผิวหนัง</u> ในบุคคลที่อ้วนมากๆ ผิวหนังจพับเข้าหากัน เกิดความชื้นตามมาด้วยอาการคันและติดเชื้อในที่สุด (พรสวรรค์ จองถวัลย์, 2546)

<u>เบาหวานชนิดที่ 1 และชนิดที่ 2</u> จากงานวิจัยที่ผ่านมาได้ศึกษาเกี่ยวกับกลไกที่มีความสัมพันธ์กันระหว่างโรคอ้วนและการเกิดเบาหวานชนิดที่ 2 และแต่ไม่มีความสัมพันธ์กับการเกิดเบาหวานชนิดที่ 1 ซึ่งโรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus; DM) เกิดจากความผิดปกติกระบวนการเผาผลาญพลังงานที่มาจากการไม่หลั่งอินซูลินรวมถึงความผิดปกติของเบต้าเซลล์ไอส์เลตออฟแลงเกอร์ฮาน (β – Langerghans islet cells) ที่ทำหน้าที่ในการหลั่งอินซูลินและมีจำนวนมากถึง 70% ของจำนวนเซลล์ทั้งหมดในตับอ่อน (Pancrease) หรืออาจเกิดจากความบกพร่องของเนื้อเยื่อที่ดื้อต่ออินซูลิน ในเบาหวานชนิดที่สองกับโรคอ้วนนั้นมีความสัมพันธ์กันโดยมีการต้านทานอินซูลิน ซึ่งทั้งสองโรคล้วนเป็นปัญหาเรื่องจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มสูงขึ้นทั่วโลก และพบว่าดัชนีมวลกายที่มากขึ้นมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการเกิดโรคเบาหวานและการต้านทานอินซูลินที่สูงขึ้น (Goblan, Alfi and Khan, 2014)

<u>มะเร็ง</u> ในหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกินจะพบอุบัติการณ์ของการเกิดมะเร็งในถุงน้ำดี มะเร็งเต้านม มะเร็งปากมดลูก มะเร็งเยื่อบุมดลูก มะเร็งมดลูก และมะเร็งรังไข่ สูงกว่าเพศหญิงวัยเดียวกันที่มีน้ำหนักปกติ (Kaplan et al., 1993) ในปี 2002 องค์กรระหว่างประเทศเพื่อการวิจัยโรคมะเร็ง ได้สรุปว่ามีหลักฐานที่เพียงพอของความสัมพันธ์ระหว่างภาวะอ้วนกับการเกิดโรคมะเร็งต่างๆ ซึ่งผู้ที่มีภาวะอ้วนเป็นมะเร็งลำไส้ 11% ,มะเร็งเต้านมหลังหมดประจำเดือน 9%, มะเร็งเยื่อบุมดลูก 39%, มะเร็งไต 25% และมะเร็งหลอดอาหาร 37% (Vainio and Bianchini, 2002) และในปี 2007 เรเนฮานและคณะ (Renehan et al., 2008) ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโรคอ้วนและอุบัติการณ์การเกิดมะเร็งพบว่า ในเพศชายที่มีดัชนีมวลกายที่สูงขึ้นจะมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับการเกิดมะเร็งหลอดอาหาร (Esophageal adenocarcinoma), , มะเร็งไทรอยด์ (Thyroid cancer), มะเร็งไต (Kidney cancer) และมะเร็งลำไส้ (Colon cancer) ในเพศหญิงพบว่าความสัมพันธ์ของดัชนีมวลกายที่สูงขึ้นไปในทิศทางเดียวกันกับการเกิดโรคมะเร็งเช่นเดียวกับเพศชายโดยเฉพาะโรคมะเร็งเยื่อบุมดลูก (Endometrial cancer), มะเร็งในถุงน้ำดี (Gallbladder cancer), มะเร็งไต (Kidney cancer) และมะเร็งหลอดอาหาร (Esophageal cancer)

<u>ระบบสืบพันธุ์</u> ภาวะอ้วนก่อให้เกิดปัญหาที่พบในหญิงเช่น ความผิดปกติในการตกไข่ การมีบุตรยากอย่างไม่ทราบสาเหตุ ความผิดปกติของประจำเดือน ความดันโลหิตสูงขณะตั้งครรภ์ เป็นโรคเบาหวานขณะตั้งครรภ์ ส่วนในเพศชายพบว่าเป็นสาเหตุของการเป็นหมัน (JBA Oliveira, 2018)

ปัญหาทางด้านจิตใจและอารมณ์

ภาวะอ้วนส่งผลด้านลบต่อจิตใจโดยเฉพาะในสังคมที่เน้นเรื่องการมีรูปร่างที่สมส่วน เป็นผลให้ผู้มีภาวะอ้วนมองลักษณ์ตนเองไปในทางลบมีมโนคติต่อตนเองไม่ดีตามมาจากการศึกษาของเดรค (Lowry, Sallinen, and Janicke, 2007) พบว่าคนที่มีภาวะอ้วนจะมีความภูมิใจในตนเองต่ำกว่าคนปกติ ผู้ที่อยู่ในภาวะอ้วนจะรู้สึกว่าตนเองมีปมด้อย อับอายถูกล้อเลียนเกี่ยวกับภาพลักษณ์ นอกจากนี้ความเครียดจากภาวะแวดล้อม เช่น การถูกผู้อื่นประเมินว่าอ่อนแอหรือทำงานได้เชื่องช้า ทำให้ถูกปิดกั้นจากอาชีพหรือกิจกรรมที่ต้องการความคล่องตัว สวยงาม เป็นต้น สิ่งเหล่านี้ ส่งผลให้ผู้มีภาวะอ้วนเกิดความเครียดเพิ่มมากขึ้น ถ้าไม่สามารถยอมรับปัญหาได้ก็อาจเกิดโรคจิตหรือประสาทในที่สุด (Herman-Nickell and Baker, 1981)

ปัญหาเศรษฐกิจและสังคม

โรคอ้วนนอกจากมีผลต่อสุขภาพร่างกายและจิตใจแล้วยังส่งผลต่อสภาพเศรษฐกิจและสังคมด้วย ในสหรัฐอเมริกาพบว่า คนอ้วนหางานยาก จนรัฐบาลต้องออกกฎหมายไม่ให้ใช้เกฑณ์น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการรับคนเข้าทำงาน (วิชัย ตันไพจิตร, 2530) และรัฐบาลสหรัฐอเมริกาต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในการใช้จ่ายในการใช้ยาควบคุมน้ำหนักหรือรักษาโรคต่างๆที่ตามมาถึง 3,300 ล้านเหรียญแก่สถานบริการและควบคุมน้ำหนัก ส่วนในประเทศไทยจากการสำรวจของกลุ่มงานวิจัยและพัฒนา กระทรวงสาธาณสุข พบว่าต้นทุนค่ายานำเข้าลดความอ้วนเป็นวัตถุออกฤทธิ์ประเภทที่ 2 ปี 2534 มูลค่าทั้งหมดกว่า 315 ล้านบาท (กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา, 2544)

สรีรวิทยาการหายใจของผู้มีภาวะอ้วน

ผู้มีภาวะอ้วนมีการสะสมของปริมาณไขมันอย่างมากตามส่วนต่างๆของร่างกายโดยเฉพาะบริเวณช่องอกและช่องท้องซึ่งส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีระและหน้าที่การทำงานของระบบหายใจดังนี้

รูปแบบการหายใจ

ผู้มีภาวะอ้วนมีรูปแบบการหายใจ (Breathing Patterns) แตกต่างจากผู้มีสุขภาพดี โดยมีการเพิ่มสูงขึ้นของอัตราการหายใจ (Respiratory Rate) จากงานวิจัยที่ศึกษารูปแบบการหายใจในคนอ้วนพบว่าค่าเฉลี่ยของอัตราการหายใจของคนอ้วนอยู่ในช่วง 15.2 ถึง 21 ครั้งต่อนาที ขณะที่ผู้มีสุขภาพดีอยู่ในช่วง 10 ถึง 12 ครั้งต่อนาที การสูงขึ้นของอัตราการหายใจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการหายใจเข้า (Inspiratory time ; T_I) ที่ลดลง ซึ่งมาจากการเพิ่มการทำงานของตัวรับที่ผนังทรวงอก (Chest wall receptor) ที่เพิ่มมากขึ้นหรือจากการเปลี่ยนแปลงของของจังหวะการหายใจจากศูนย์ควบคุม ขณะที่ระยะเวลาของการหายใจออก (Expiratory time ; T_E) ที่ลดลงนั้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของความเร็วอากาศเมื่อหายใจออก รวมถึงปริมาตรการหายใจเข้าออกปกติ (Tidal Volume) มีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเช่นกัน (Chilf Et al., 2009)

กลไกการหายใจ

ผู้มีภาวะอ้วนมีความยืดหยุ่นของระบบหายใจลดลงอย่างเห็นได้ชัดแต่ผลการทดลองในครั้งนี้ยังไม่แน่ชัดว่าเกิดความยืดหยุ่นของผนังทรวงอกที่ลดลง, ปอดมีความยืดหยุ่นลดลง หรืออาจเกิดจากทั้งสองเหตุผลร่วมกัน (Pelosi et al., 1996) ในปี 1960 นายมาร์คและเชอร์นิแอกได้แสดงให้เห็นถึงผลการวิจัยว่าคนอ้วนมีความยืดหยุ่นของทรวงอกลดลงโดยเฉพาะในท่านอนหงาย และหลังจากนั้นอีกสี่ปี ชาร์ปและคณะได้ทำการศึกษาและพบว่าความยืดหยุ่นของปอดในคนอ้วนลดลงอีกด้วย (Naimark and Cherniack, 1960; Sharp et al., 1964) และเป็นเหตุให้ปริมาตรปอดลดลงจนนำไปสู่การแฟบตัวลงของถุงลมในระดับเล็ก (Microatelectasis) (Pelosi et al., 1996) ทั้งนี้ความยืดหยุ่นของผนังทรวงอกมีสาเหตุมาจากการกระจายตัวของไขมันบริเวณส่วนล่างของช่องอก (Lower Thorax) และบริเวณหน้าท้อง (Upper abdomen of supine) (Sharp et al., 1964) ทำให้การหายใจของผู้มีภาวะอ้วนยากยิ่งขึ้น (Pelosi et al., 1998)

ปริมาตรปอด

ผลกระทบของผู้มีภาวะอ้วนต่อปริมาตรปอดมีการศึกษาวิจัยมาอย่างยาวนานและพบว่าผู้มีภาวะอ้วนมีค่าปริมาตรอากาศหายใจออกสำรอง (Expiratory Reserve Volume) ลดลงซึ่งเป็นตัวแปรที่หลายงานวิจัยศึกษาค้นคว้าและพบว่าเป็นตัวแปรหลักที่เป็นปัญหาของผู้มีภาวะอ้วน ทั้งนี้ยังมีตัวแปรอื่นๆเช่น ค่าปริมาตรอากาศคงค้างในปอดหลังจากหายใจออกปกติ (Functional Residual Capacity), ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC), ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV1) ที่มีปริมาตรลดลง (McClean et al., 2008) ซึ่งมาจากการเพิ่มขึ้นของค่าดัชนีมวลกาย (Collet et al., 2007) สาเหตุการลดลงของปริมาตรปอดนั้นมาจากการกระจายตัวของไขมันส่วนบนของร่างกาย (Upper body fat distribution) โดยเฉพาะบริเวณผนังทรวงอกซึ่งทำให้เกิดการกดทับจนนำไปสู่การลดลงของปริมาตรปอด (Koenig, 2001)

แรงต้านทางเดินหายใจ

แรงต้านทางเดินหายใจ (Resistance Airway) ที่เพิ่มมากขึ้นจากภาวะอ้วนนำไปสู่การปิดกั้นของทางเดินหายใจที่เล็กลง มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างผู้มีภาวะอ้วนและผู้มีสุขภาพดีพบว่าคนอ้วนมีแรงต้านทางเดินหายใจสูงเป็นสองเท่าเมื่อเทียบกันคนปกติ จึงทำให้ปริมาตรปอดในคนอ้วนลดลงและเพิ่มโอกาสเสี่ยงต่อภาวะการหายใจออกที่ถูกจำกัดและทางเดินหายใจปิดกั้นจากการหดตัวของหลอดลม (Bronchoconstriction) จากภาวะอ้วน (Salome, King and Berend, 2010)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การออกกำลังกายในผู้มีภาวะอ้วน

ความชุกที่เพิ่มสูงขึ้นของผู้มีภาวะอ้วนเป็นผลมาจากการขาดความสมดุลของพลังงานที่ได้รับเข้าไปจากการบริโภคอาหารมากกว่าพลังงานที่ใช้ไป ซึ่งเป็นต้นเหตุของการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวอย่างต่อเนื่องจนเกิดภาวะอ้วน การจัดการเบื้องต้นเพื่อไม่ให้เกิดภาวะอ้วนคือการควบคุมน้ำหนักไม่ให้เพิ่มขึ้น โดยการมีกิจกรรมทางกายเป็นส่วนสำคัญในการจัดการปัญหาน้ำหนักโดยช่วยป้องกันน้ำหนักที่มากขึ้นและยังช่วยลดน้ำหนักได้ (Haskell et al, 2007) สำหรับงานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายในผู้มีภาวะอ้วน โดย Berk และคณะ (Berk et al., 2006) ได้ทำการศึกษาพบว่าผู้ที่เริ่มต้นออกกำลังกายโดยใช้เวลาน้อยกว่า 60 นาทีต่อสัปดาห์และเพิ่มจนถึง 134 นาทีต่อสัปดาห์มีดัชนีมวลกายลดลง 0.4 กิโลกรัม/เมตร^2 แต่หลายงานวิจัยได้พบว่าการออกกำลังกายน้อยกว่า 150 นาทีต่อสัปดาห์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญของน้ำหนักตัว ในปี ค.ศ. 2000 Donnelly และคณะ (Donnelly et al., 2000) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องด้วยความหนักระดับปานกลาง (Continuous moderate-intensity) เป็นเวลา 30 นาที 3 วันต่อสัปดาห์กับการออกกำลังกายแบบช่วงสั้นๆด้วยความหนักระดับปานกลาง (Moderate-intensity intermittent) 30 นาที 5 วันต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลาทั้งหมด 18 เดือน พบว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลางมีน้ำหนักตัวลดลงมากกว่ากลุ่มที่ออกกำลังกายแบบช่วงสั้นๆ ด้วยความหนักระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ งานวิจัยของ McTiernan และคณะ (McTiernan et al., 2007) ได้ศึกษาการป้องกันการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่าการมีกิจกรรมทางกายมากกว่า 250 นาทีต่อสัปดาห์ช่วยลดน้ำหนักได้ดีว่าการมีกิจกรรมทางกายน้อยกว่า 250 นาทีต่อสัปดาห์ โดยการมีกิจกรรมทางกายควรใช้พลังงาน 1200 – 2500 กิโลแคลอรี่ต่อสัปดาห์เพื่อป้องกันการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวหรือ 500 - 700 ต่อวันเพื่อการลดน้ำหนัก (Rose et al., 1995) นอกจากนั้น สมาคมเวชศาสตร์การกีฬาแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (American Collage of Sport Medicine; ACSM) แนะนำว่าผู้ที่มีภาวะเนือยนิ่งควรออกกำลังกายประมาณ 80 นาทีต่อวันที่ความหนักระดับปานกลางหรือ 35 นาทีต่อวันที่ความหนักมากเพื่อป้องกันการเพิ่มสูงขึ้นของน้ำหนัก และเวลาสะสมใน 1 สัปดาห์ควรอยู่ในช่วง 200 – 300 นาทีด้วยความหนักระดับปานกลางเพื่อการลดน้ำหนักในระยะยาว (Institute of Medicine, 2002) และ International consensus guidelines ยังแนะนำว่าวัยผู้ใหญ่ควรออกกำลังกาย 45 ถึง 60 นาที ที่ความหนักปานกลางในแต่ละวันเพื่อป้องกันการเกิดภาวะน้ำหนักเกินหรือภาวะอ้วน (Saris et al., 2003) จากงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับประสิทธิผลของกิจกรรมทางกายเพื่อการลดน้ำหนักในผู้มีภาวะอ้วนได้เปิดเผยว่าการมีกิจกรรมทางกายอย่างน้อย 45 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ร่วมกับการรับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำ (600 กิโลแคลอรี่ต่อมื้อ) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักลดลงประมาณ 1.95 กิโลกรัมเมื่อเปรียบเทียบกับการควบคุมอาหารเพียงอย่างเดียว (National Institute for Health

and Clinical Excellence, 2006) ดังนั้นแล้วผู้ที่มีภาวะอ้วนควรถูกส่งเสริมให้มีการเพิ่มระดับกิจกรรมทางกาย เนื่องจากการมีกิจกรรมทางกายจะส่งผลดีกับสุขภาพในด้านอื่นๆ เช่น การลดความเสี่ยงในการเกิดเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคหัวใจและหลอดเลือด การออกกำลังกายควรปฏิบัติอย่างน้อย 30 นาทีที่ความหนักปานกลาง 5 วันต่อสัปดาห์หรือมากกว่านั้น และมีการออกกำลังกายแบบแรงต้านร่วมด้วย ผู้มีภาวะอ้วนควรออกกำลังกาย 45 – 60 นาทีที่ความหนักระดับปานกลางในแต่ละวันหรือประมาณ 225 – 300 นาทีต่อสัปดาห์หรือน้อยกว่านั้นถ้าเป็นกิจกรรมทางกายที่มีความหนักมาก (Saris et al., 2003) สำหรับผู้มีภาวะเนือยนิ่งควรเริ่มต้นออกกำลังกาย 10 – 20 นาทีในช่วงสัปดาห์แรกและสัปดาห์ที่สองเพื่อป้องกันการล้าและการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อ (Scottish Intercollegiate Guidelines Network, 2010) การเดินเป็นรูปแบบการออกกำลังกายที่เหมาะสมสำหรับผู้มีภาวะน้ำหนักเกินและผู้มีภาวะอ้วน รวมถึงการปั่นจักรยาน ว่ายน้ำ แอโรบิกในน้ำ เป็นต้น เพื่อลดปัญหาการรับน้ำหนักที่มากเกินไปของข้อต่อ

ระบบหายใจ

ระบบหายใจเป็นระบบที่สำคัญของร่างกาย มีโครงสร้างประกอบด้วยท่อทางเดินอากาศ (Conducting airways) และปอด (Lungs) ทำหน้าที่เป็นทางเดินและพื้นที่แลกเปลี่ยนก๊าซระหว่างอากาศภายนอกกับภายในร่างกาย ตามลำดับ โดยระหว่างการหายใจเข้า อากาศในบรรยากาศซึ่งมีความเข้มข้นของออกซิเจนสูง และมีคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำ จะถูกนำเข้ามายังถุงลมปอด ในขณะที่เลือดซึ่งไหลมายังถุงลมปอดจะมีความเข้มข้นของออกซิเจนต่ำ และมีคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าอากาศในถุงลมปอด ถุงลมปอดมีผนังบาง และมีพื้นที่จำนวนมาก มีผลช่วยในการแพร่ของก๊าซออกซิเจนจากถุงลมปอดเข้าสู่เลือด และการแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์จากเลือดเข้าสู่ถุงลมปอด ในระหว่างการหายใจออก อากาศในถุงลมซึ่งขณะนี้มีคาร์บอนไดออกไซด์สูงขึ้นและมีออกซิเจนลดลง ก็จะถูกระบายออกสู่บรรยากาศ การรับออกซิเจนจากภายนอกเข้าสู่ร่างกายและการระบายคาร์บอนไดออกไซด์จากร่างกายออกสู่ภายนอกนี้เรียกว่า การหายใจภายนอก (External respiration) หรือการหายใจระดับปอด (Pulmonary respiration) ส่วนการที่เซลล์ต่างๆ รับเอาออกซิเจนจากของเหลวที่ล้อมรอบเซลล์เข้าไปใช้สันดาปอาหารภายในเซลล์และขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกนอกเซลล์นั้นเรียกว่า การหายใจภายในเซลล์ (Internal respiration) หรือการหายใจระดับเซลล์ (Cellular respiration) โดยระบบไหลเวียนจะช่วยทำหน้าที่เป็นระบบขนส่งภายในที่มีประสิทธิภาพ เชื่อมโยงระหว่างบริเวณที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เส้นเลือดฝอยของปอดและเนื้อเยื่อต่างๆ ทั่วร่างกาย (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

โครงสร้างของระบบหายใจ

ระบบหายใจแบ่งโครงสร้างเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่เป็นท่อทางเดินอากาศ และส่วนที่มีการ แลกเปลี่ยนก๊าซ (วรรณพร ทองตะโก, 2558) ดังรูปที่ 1

1. ส่วนที่เป็นท่อทางเดินอากาศประกอบด้วยท่อทางเดินอากาศส่วนบน (Upper airways) ได้แก่ จมูก (Nose) โพรงจมูก (Nasal cavity) ปาก (Mouth) คอหอย (Pharynx) กล่องเสียง (Larynx) ท่อทางเดินอากาศส่วนล่าง (Lower airways) ได้แก่ หลอดลมใหญ่ (Trachea) หลอดลมเล็ก(Bronchi) หลอดลมฝอย (Bronchioles) หลอดลมฝอยส่วนปลาย (Terminal bronchioles)

- จมูก ช่องจมูกมีเยื่อบุผิว 2 ชนิด ได้แก่ เรสพิราทอรีมิวโคซา (Respiratory mucosa) ทำหน้าที่สร้างมูกเพื่อให้ผิวชื้น และมีขนทำหน้าที่ดักฝุ่นหรือผงเล็กๆ และโอลแฟคทอรีอิพิทีเลียม (Olfactory epithelium) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับกลิ่นโพรงจมูก

- คอหอย แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ คอหอยหลังโพรงจมูก (Nasopharynx) มีหน้าที่ทำความสะอาดอากาศที่หายใจเข้าไป คอหอยหลังช่องปาก (Oropharynx) เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการกลืน และคอ หอยหลังกล่องเสียง (Laryngopharynx) จะต่อกับหลอดอาหารโดยมีฝาปิดกล่องเสียงคอยปิดไม่ให้อาหารตกลง ไปในกล่องเสียง

- กล่องเสียง เป็นทางเดินของอากาศเข้าสู่ปอดและเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปล่งเสียง

- หลอดลมใหญ่ จะต่อเนื่องมาจากกล่องเสียงที่อยู่ด้านบนและแยกออกเป็นหลอดลมเล็กส่วนต้น 2 อันซ้ายและขวาเข้าไปสู่ปอดทั้งสองข้าง

- หลอดลมเล็ก เป็นท่อที่แตกแขนงของหลอดลมใหญ่ ได้เป็นหลอดลมเล็กส่วนต้นซ้ายและขวาซึ่งอยู่ภายนอกเนื้อปอด และเมื่อแทงเข้าเนื้อปอดแต่ละข้างจะแตกแขนงออกเป็นท่อที่มีขนาดเล็กลงเป็น หลอดลมเล็กส่วนที่สอง

- หลอดลมฝอย เป็นแขนงย่อยที่แตกออกมาจากหลอดลมเล็กส่วนที่สาม

- หลอดลมฝอยส่วนปลาย เป็นจุดสิ้นสุดของส่วนที่เป็นท่อทางเดินอากาศจะพบเซลล์คลาร่า ทำหน้าที่หลั่งโปรตีนเพื่อปกป้องเยื่อบุจากสารพิษ และเกี่ยวข้องกับการขนส่งคลอไรด์ไอออน

2. ส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ (Respiratory division) ประกอบด้วยหลอดหายใจฝอย (Respiratory bronchioles) ท่อถุงลม (Alveolar duct) ถุงลมใหญ่ (Alveolar sac) และถุงลมเล็ก (Alveoli)

- หลอดหายใจฝอย เป็นจุดเริ่มต้นของส่วนที่มีการแลกเปลี่ยนก๊าซ พบถุงลมมาเปิดเข้าที่ท่อ

- ท่อถุงลม เกิดจากการที่หลอดหายใจฝอยแตกแขนงออกอีก 2-3 ครั้ง ส่วนนี้เป็นท่อที่มีถุงลมหลายๆ อันมาเปิด

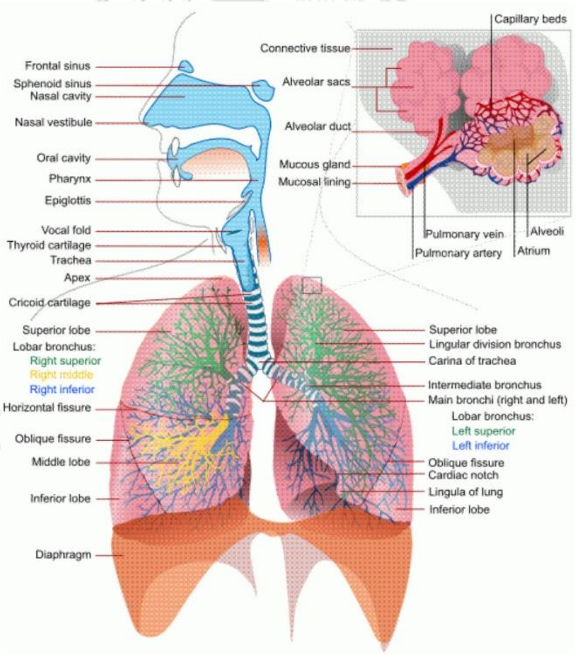
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

- ถุงลมใหญ่ ต่อเนื่องมาจากท่อถุงลม ลักษณะคล้ายกับพวงองุ่นทั้งพวง
- ถุงลมเล็ก จะแบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่ เซลล์ถุงลมชนิดที่ 1 (Alveolar cell type I) ช่วย ในการแลกเปลี่ยนก๊าซ และเซลล์ถุงลมชนิดที่ 2 (Alveolar cell type II) ทำหน้าที่สร้างสารลดแรงตึงผิวของถุงลม

กลศาสตร์ของการหายใจ

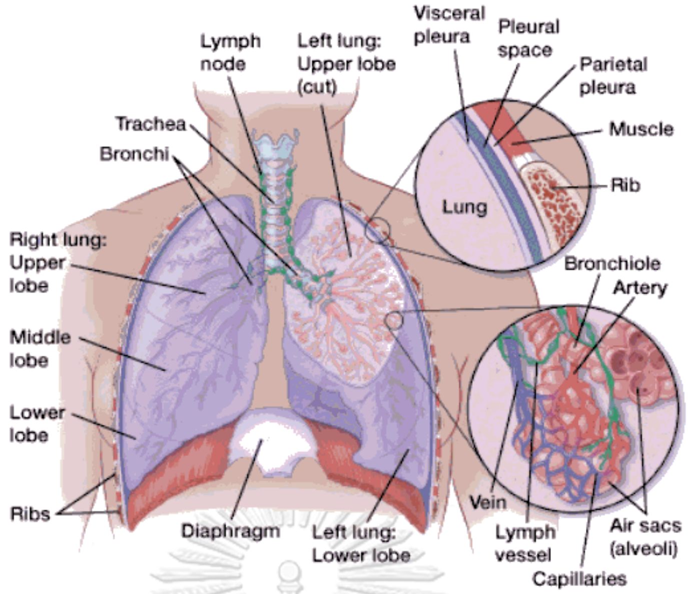
<u>โครงสร้างของทรวงอก</u>

ปอดจะตั้งอยู่ภายในทรวงอก (Thoracic cavity) ซึ่งมีผนังทรวงอก (Chest wall) ทำหน้าที่ป้องกันปอดจากการกระทบกระเทือนช่องอก ผนังทรวงอกประกอบด้วย กระดูกซี่โครง (Rib) จำนวน 12 คู่ กระดูกสันอก (Sternum) กล้ามเนื้อลายที่ยึดอยู่ระหว่างกระดูกซี่โครง (Intercostal muscle) กระดูกสันหลัง ส่วนอก (Thoracic vertebrae) กล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) รวมไปถึงกล้ามเนื้อเกี่ยวพันที่เกี่ยวข้อง (Charalampos et al., 2015)



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบหายใจ

(ที่มา : https://humananatomycharty.com/wp-content/uploads/2017/12/digestive-and-respiratory-system-hd-diagram-of-human-digestive-and-respiratory-tract-diagram-of.gif)



รูปที่ 2 ลักษณะของปอด

(ที่มา : https://www.cancer.org/cancer/small-cell-lung-cancer/about/what-is-small-cell-lung-cancer.html)

ปอดมีรูปร่างคล้ายกรวยคว่ำ มี 2 ข้าง ซึ่งถูกแยกออกจากกันด้วยช่องว่างตรงกลางที่เรียกว่า มีดิแอสไทนัม (Mediastinum) จะเป็นที่อยู่ของโครงสร้างต่างๆ ได้แก่ หัวใจ หลอดอาหาร หลอดลมใหญ่ หลอดลมเล็กส่วนต้น ต่อมธัยมัส และหลอดเลือดใหญ่ (Aorta, Superior vena cava, Inferior vena cava, Pulmonary vessels) มีส่วนยอด (Apex) ยื่นขึ้นไปด้านบนติดกับกระดูกไหปลาร้า (Clavicle) มีส่วนฐานวางอยู่บนกะบังลม (Diaphragm) ผิวด้านหน้าของปอดข้างซ้ายจะมีบริเวณหนึ่งซึ่งมีลักษณะเป็นรอยเว้าอยู่ติดกับหัวใจ (Cardiac notch) ส่วนผิวด้านนอกของปอดจะอยู่ติดกับกระดูกซี่โครง (Ribs) ปอดแต่ละข้างจะมีการแบ่ง ออกเป็นพู (Lobe) โดยอาศัยร่อง (Fissure) ซึ่งแต่ละข้างจะมีร่องออบลิก (Oblique fissure) แบ่งปอดออกเป็น ด้านบน (Superior lobe) และด้านล่าง (Inferior lobe) แต่ในปอดข้างขวาจะพบร่องฮอริซอนทัล (Horizontal fissure) แบ่งปอดด้านบนแยกออกมาอีก 1 พู (Middle lobe) ดังนั้นปอดด้านขวาจะมี 3 พู ได้แก่ พูด้านบน พู ตรงกลาง และพูด้านล่าง ส่วนปอดด้านซ้ายจะมี 2 พู ได้แก่ พูด้านบน และพูด้านล่าง ปอดแต่ละข้างจะถูกหุ้ม ด้วยถุงเนื้อเยื่อเกี่ยวพันที่มีผนัง 2 ชั้น เรียกว่า เยื่อหุ้มปอด (Pleura) แต่ละชั้นถูกบุด้วยเนื้อเยื่อบุผิวชนิดเซลล์ รูปร่างแบนเรียงตัวชั้นเดียว (Simple squamous epithelium) เยื่อหุ้มปอดประกอบด้วยผนังชั้นนอก (Parietal pleura) อยู่ติดกับผนังของช่องอก และผนังชั้นใน (Visceral pleura) อยู่แนบชิดกับเนื้อปอด ระหว่างสองชั้นนี้ จะมีช่องว่างแคบๆ (Pleura space) แทรกอยู่ ภายในช่องว่างเป็นที่อยู่ของของเหลว (Pleura fluid) ที่สร้างมา จากเยื่อหุ้มปอด ของเหลวนี้ช่วยในการลดแรงเสียดทานระหว่างชั้นของเยื่อหุ้มปอดทั้ง

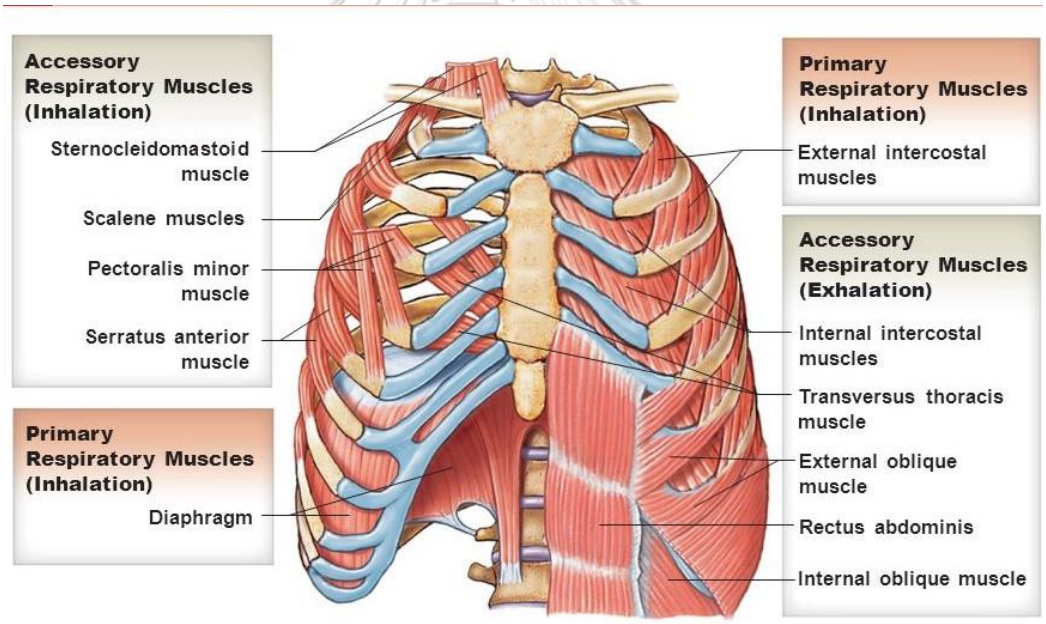
2 ชั้น ซึ่งจะเกิดขึ้นเมื่อมี การหายใจทำให้ปอดมีการหดและขยายตัว (คณาจารย์ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2555) (รูปที่ 2)

กล้ามเนื้อหายใจ

การทำงานของกล้ามเนื้อหายใจต้องอาศัยสัญญาณประสาทยนต์ (Motor nerve impulse) จากศูนย์การหายใจ(Respiratory center) ประสาทที่นำสัญญาณจะมีการสื่อประสาท (Synapse) ที่เซลล์ ประสาทของไขสันหลัง (Anterior horn cell) ซึ่งจะทำให้ประสาทยนต์ (Motor nerve) ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ หายใจ บางส่วนของสัญญาณประสาทจะมาจากสมองส่วนบนของคอร์เทค (Cortex) โดยตรง กล้ามเนื้อหายใจ แบ่งเป็น 2 ประเภท (Gacy, Leonardo, Michael and Carlos, 2014) (รูปที่ 3) ได้แก่

1. กล้ามเนื้อหายใจเข้า (Inspiratory muscle) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจเข้า

2. กล้ามเนื้อหายใจออก (Expiratory muscle) ทำหน้าที่เกี่ยวกับการหายใจออกเมื่อมีการหายใจเพิ่มขึ้นกว่าปกติ



รูปที่ 3 กล้ามเนื้อหายใจ

(ที่มา : Peregrine O'Connor, 2015)

กล้ามเนื้อหายใจเข้า (Inspiratory muscle) ประกอบด้วย

1. กล้ามเนื้อกะบังลม (Diaphragm) เป็นกล้ามเนื้อที่สำคัญที่สุด ร้อยละ 75 ของอากาศที่หายใจ เข้าเกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลม อีกร้อยละ 25 เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงด้านนอก (External intercostals) ขณะหายใจออกกล้ามเนื้อกะบังลมจะมีลักษณะเป็นรูปโค้ง (Dome shape) ขณะ หายใจเข้ากะบังลมหดตัวเคลื่อนต่ำลงทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางแนวตั้ง ของทรวงอกเพิ่มขึ้น ทำให้อากาศผ่านเข้าสู่ ปอดได้มากขึ้น กล้ามเนื้อกะบังลมเลี้ยงโดยเส้นประสาทเฟอร์นิค (Phrenic nerves)

2. กล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงด้านนอก (External intercostals muscle) เมื่อหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงทางด้านหน้าเคลื่อนขึ้นด้านบนและออกไปทางด้านหน้า กล้ามเนื้อนี้มีความสำคัญน้อยในการหายใจแบบปกติ แต่ช่วยให้ทรวงอกแข็งแรงขึ้น กล้ามเนื้อนี้เลี้ยงโดยเส้นประสาทอินเตอร์คอสตอลร์ (Intercostals nerve)

3. กล้ามเนื้อช่วยหายใจเข้า (Accessory muscle of inspiration) ที่สำคัญ ได้แก่ กล้ามเนื้อสเคลีน (Scalene) และกล้ามเนื้อสเตอร์โนไคลโดมาสตอยด์ (Sternocleidomastoid) กล้ามเนื้อช่วยจะเริ่ม ทำงานเมื่ออัตราการระบายอากาศ (Ventilation) เพิ่มขึ้น 50-100 ลิตร/นาที เช่น ขณะออกกำลังกาย การไอ การจาม หรือมีพยาธิสภาพจากการอุดกั้นทางเดินอากาศ เช่น โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เป็นต้น

กล้ามเนื้อหายใจออก (Expiratory muscle) ประกอบด้วย

การหายใจออกปกติเป็นกระบวนการที่ไม่ใช้พลังงาน (Passive) เกิดจากการที่ทรวงอกและปอดหดตัว (Recoil) กลับที่เมื่อการหายใจเพิ่มขึ้นจะมีการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจออก เช่น ขณะออกกำลังกาย หรือเมื่อปอดมีพยาธิสภาพอุดกั้นทางเดินอากาศ กล้ามเนื้อหายใจออก ได้แก่

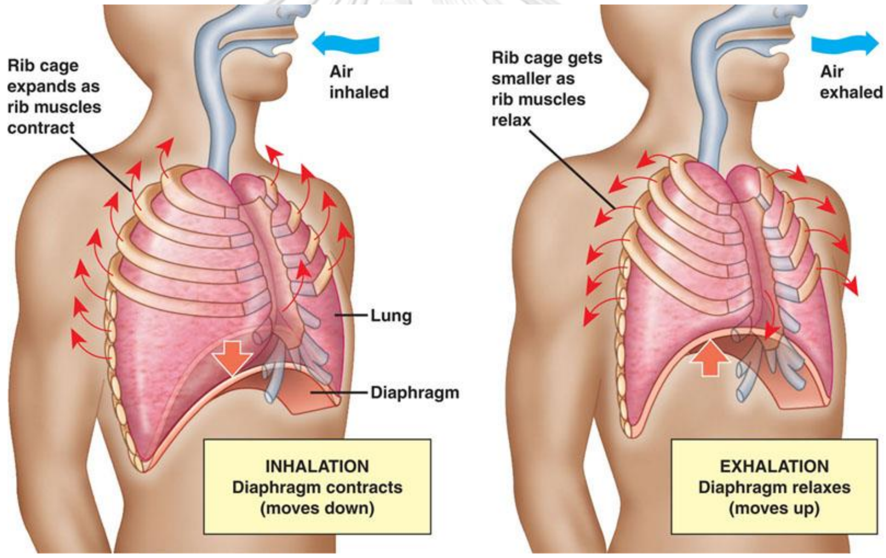
กล้ามเนื้อหน้าท้อง (Abdominal muscle) เป็นกล้ามเนื้อหายใจออกที่สำคัญที่สุดประกอบด้วยกล้ามเนื้อหน้าท้องด้านข้าง (External and Internal Oblique) กล้ามเนื้อหน้าท้อง (Rectus abdominis) และกล้ามเนื้อหน้าท้องชั้นใน (Transverses abdominis)

กล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงด้านใน (Internal intercostals) ขณะหดตัวทำให้กระดูกซี่โครงเคลื่อนต่ำลงและเข้าด้านในและช่วยทำให้ทรวงอกแข็งแรงขึ้น

<u>การหายใจเข้า-ออก</u>

ขณะหายใจเข้าปริมาตรของช่องอกจะเพิ่มมากขึ้นโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อกะบังลมและกะบังลมจะเลื่อนต่ำลงตอบสนองต่อสัญญาณประสาทเฟอร์นิคนอกจากนี้มีการหดตัวของกล้ามเนื้อระหว่างช่องซี่โครงด้านนอกซึ่งตอบสนองต่อเส้นประสาทอินเตอร์คอสตอลทำให้กระดูกซี่โครงเลื่อนสูงขึ้นและกางออกเป็นการช่วยเพิ่มปริมาตรทรวงอกทั้งด้านหน้า-หลังและทางด้านข้างเมื่อทรวงอกเพิ่มปริมาตรขึ้น เนื้อเยื่อปอดซึ่งมีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้ดีจะถูกดึงให้มีการขยายปริมาตรไปด้วย ความ

ดันอากาศในถุงลมหรือบริเวณรอบๆปอดน้อยกว่าความดันบรรยากาศ อากาศภายนอกจึงเคลื่อนเข้าสู่จมูก หลอดลม และไปยังถุงลมปอด เกิดการหายใจเข้าจนกระทั่งความดันในถุงลมปอดสูงขึ้นเท่ากับความดันบรรยากาศอีกครั้ง อากาศจึงหยุดไหล ถือเป็นการสิ้นสุดการหายใจเข้า (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552)ขณะการหายใจออก เกิดขึ้นเมื่อมีการคลายตัวของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อระหว่างช่อง ซี่โครง โดยกะบังลมจะเลื่อนสูง กระดูกซี่โครงจะเลื่อนต่ำและแคบลง ทำให้ปริมาตรของช่องอกลดน้อยลง ปอดจะหดตัวกลับลดปริมาตรลง ทำให้ความดันอากาศภายในถุงลมและบริเวณรอบ ๆ ปอดสูงกว่าความดันบรรยากาศ อากาศภายในถุงลมปอดจึงเคลื่อนที่จากถุงลมปอดไปสู่หลอดลมและออกทางจมูก เกิดเป็นการหายใจออก จนกระทั่งความดันในถุงลมปอดมีค่าลดลงเท่ากับความดันบรรยากาศอีกครั้ง อากาศจึงหยุดไหล ถือเป็นการสิ้นสุด การหายใจออก ดังรูปที่ 4. (คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552)



รูปที่ 4 การหายใจเข้า – ออก

(ที่มา : https://i.stack.imgur.com/Ytl0k.jpg)

<u>การควบคุมการหายใจ</u>

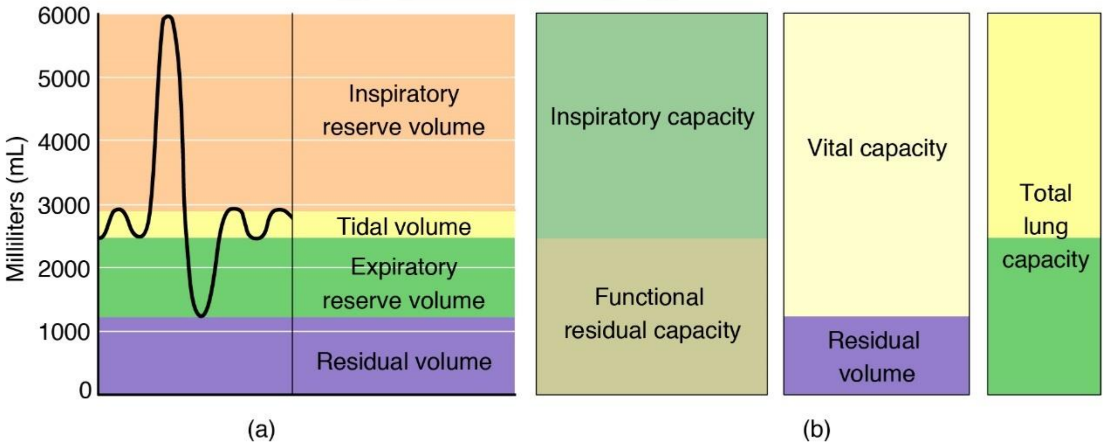
การหายใจปกติเป็นไปโดยอัตโนมัติ โดยจะนำอากาศบริสุทธิ์เข้าถุงลมเพื่อการแลกเปลี่ยนแก๊ส การหายใจจะเปลี่ยนแปลง คือ เพิ่มขึ้นหรือลดลง เพื่อให้อัตราการระบายอากาศพอเพียงกับความต้องการของ ร่างกายที่จะนำไปใช้ในการสร้างพลังงานขณะนั้น เพื่อรักษาความดันของออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงและในถุงลมให้คงที่ จึงต้องมีกลไกควบคุมการหายใจ 3 กลไกซึ่งจะทำงานร่วมกันตลอดเวลา ได้แก่

1. การควบคุมการหายใจโดยศูนย์ประสาท (Neurogenesis of Breathing) ได้แก่ การทำงานของศูนย์หายใจและสมองส่วนสูงขึ้นไป
2. การควบคุมโดยรีเฟล็กซ์อาศัยสัญญาณนำเข้า (Afferent impulse) จากที่ต่าง ๆ ช่วยปรับเปลี่ยนการทำงานของศูนย์หายใจ
3. การควบคุมโดยสารเคมีอาศัยสารเคมี ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจนและไฮโดรเจนไอออนในเลือดควบคุมการทำงานของศูนย์หายใจ (Feldman et al., 1990)

ปริมาตรและความจุปอด

<u>ปริมาตรปอด (Lung Volume)</u>

การวัดปริมาตรของอากาศที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเข้าออกและความจุปอดสามารถวัดได้จากการใช้เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer) ปริมาตรอากาศจากการหายใจลักษณะต่างๆ (คณาจารย์ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552) (รูปที่ 5.)



รูปที่ 5 ปริมาตรปอดและความจุปอด (Lung volume and Lung capacity)

(ที่มา :http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/93/2317_Spirometry _and_ Respiratory_Volumes.jpg/800px2317_Spirometry_and_Respiratory_Volumes.jpg)

- ปริมาตรหายใจปกติ (Tidal volume; TV หรือ VT) คือปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าหรือออกจากปอดในการหายใจปกติ 1 ครั้ง ค่าเฉลี่ยปกติประมาณ 500 มิลลิลิตร

- ปริมาตรหายใจเข้าสำรอง (Inspiratory reserve volume; IRV) คือปริมาตรอากาศที่เกินจากปริมาตรหายใจเข้าปกติ (TV) ในการหายใจเข้าเต็มที่ 1 ครั้ง ค่าเฉลี่ยปกติประมาณ 3,000 มิลลิลิตร

- ปริมาตรหายใจออกสำรอง (Expiratory reserve volume; ERV) คือปริมาตรอากาศที่เกินจากปริมาตรหายใจออกปกติ (TV) ในการหายใจเข้าเต็มที่ 1 ครั้ง ค่าเฉลี่ยปกติประมาณ 1,300 มิลลิลิตร

- ปริมาตรตกค้าง (Residual volume; RV) คือปริมาตรอากาศที่ยังเหลือตกค้างอยู่ในปอดหลังจากหายใจออกเต็มที่แล้ว ค่าเฉลี่ยปกติประมาณ 1,200 มิลลิลิตร

<u>ความจุปอด (Lung Capacity)</u>

- ความจุหายใจเข้า (Inspiratory capacity; IC) คือปริมาตรอากาศจากการหายใจเข้าลึกที่สุดหลังจากการหายใจออกปกติ ซึ่งมีค่าเป็นผลรวมของปริมาตรหายใจปกติและปริมาตรหายใจเข้าสำรอง

- ความจุปอดปกติ (Vital capacity; VC) คือปริมาตรอากาศจากการหายใจเข้าลึก ที่สุดหลังจากการหายใจออกเต็มที่แล้ว (หรือปริมาตรหายใจออกเต็มที่หลังจากหายใจเข้าลึกที่สุดแล้ว 1 ครั้ง) ซึ่งมีค่าเป็นผลรวมของปริมาตรหายใจปกติ ปริมาตรหายใจเข้าสำรอง และปริมาตรหายใจออกสำรอง

- ความจุปอดตกค้าง (Functional residual capacity; FRC) คือปริมาตรอากาศที่เหลืออยู่ในปอดหลังจากการหายใจออกปกติ เป็นผลรวมของปริมาตรหายใจออกสำรองกับปริมาตรตกค้าง

- ความจุปอดรวม (Total lung capacity; TLC) คือปริมาตรอากาศทั้งหมดที่ปอดจุได้ เป็นผลรวมของความจุปอดปกติและปริมาตรตกค้าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สมรรถภาพปอด

สมรรถภาพปอด เป็นการบอกถึงประสิทธิภาพในการทำงานของปอด ซึ่งสามารถวัดได้จากปริมาตรของอากาศที่เกี่ยวข้องกับการหายใจเข้าออกและความจุปอด โดยใช้เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer) ดังรูปที่ 6.

รูปที่ 6 เครื่องวัดปริมาตรการหายใจ (Spirometer)
(ที่มา : http://spirometersales.com/UserFiles/sbg%20usb%20-%20lg.jpg)

<u>การทดสอบการทำงานของสมรรถภาพปอด (Lung function test)</u>

1. การวัดปริมาตรหายใจสูงสุดต่อนาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) ให้ผู้ทดสอบหายใจให้ลึกที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้เป็นเวลา 15 วินาที แล้วนำมาคำนวณหาปริมาตรอากาศในหน่วย ลิตร/นาที เพื่อเทียบกับค่าปกติซึ่งอยู่ในช่วง 120 - 200 ลิตร/นาที การทดสอบนี้แสดงถึงสมรรถภาพของ กล้ามเนื้อช่วยในการหายใจและความต้านทานของท่อทางเดินอากาศว่าอยู่ในระดับปกติหรือไม่

2. การวัดปริมาตรหายใจออกเต็มที่ (Force expiratory volume; FEV) ให้ผู้ทดสอบหายใจเข้าลึกที่สุด แล้วหายใจออกแรงที่สุดและเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ นิยมใช้ค่าในช่วง 1 วินาทีแรกของการหายใจออก (FEV1) ค่านี้แสดงให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจออกและใช้วินิจฉัยความผิดปกติ

3. การวัดอัตราการหายใจออกสูงสุด (Peak expiratory flow rate; PEFR) ให้ผู้ทดสอบหายใจออกอย่างเต็มที่ผ่านเครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ (Flow meter) ถ้ามีค่าต่ำกว่าปกติ (350 – 500 ลิตร/ นาที) จะแสดงถึงการเพิ่มความต้านทานของทางเดินอากาศต่อการหายใจออก หรือการลดแรงพยายามหดตัว กลับของปอด (คณาจารย์ภาควิชา สรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2552)

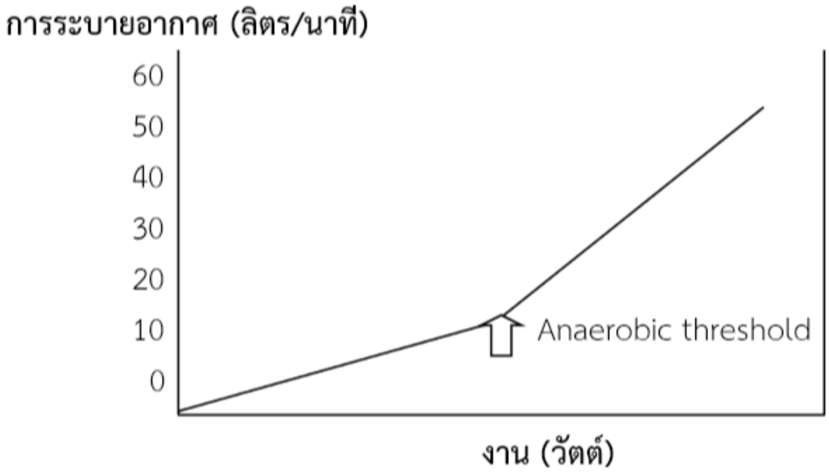
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรีรวิทยาการออกกำลังกายของระบบหายใจ

ระบบหายใจมีการเปลี่ยนแปลงเพื่อตอบสนองต่อการเผาผลาญพลังงานที่สูงขึ้น อัตราการใช้ออกซิเจนสูงขึ้นและอัตราการขับคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจเกิดขึ้นกับทุก กระบวนการของการหายใจคือ มีการเพิ่มความลึกและอัตราการหายใจ (เพิ่มการระบายอากาศ) เพิ่มเลือดที่ไหลไปสู่ปอด (เพิ่มการกำซาบ) และเพิ่มอัตราการแพร่ของแก๊สระหว่างถุงลมและหลอดเลือดฝอย (เพิ่มสมรรถนะการแพร่) รายละเอียดดังต่อไปนี้ (European Respiratory Society, 2014)

1. การระบายอากาศระหว่างการออกกำลังกาย การระบายอากาศ (Ventilation) ปกติปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าออกประมาณ 5-6 ลิตร/นาที เมื่อออกกำลังกายปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าออกจะ เพิ่มได้มากถึง 100-150 ลิตร/นาที ทั้งนี้เกิดจากการหายใจที่ลึกและเร็วขึ้น พบว่าปริมาตรอากาศต่อการหายใจ 1 ครั้ง (Ventilation capacity) เพิ่มขึ้นได้ถึง 6 เท่าของปกติ และอัตราการหายใจต่อ 1 นาทีอาจเพิ่มขึ้นได้ 6 เท่า ของปกติ ถ้าออกกำลังกายระดับเบาหรือปานกลางจะหายใจเข้าออกลึก นักกีฬาจะหายใจแรงแต่ไม่ค่อยเร็วมากนัก แต่ถ้าต้องออกกำลังกายหนักขึ้น ความลึกของการหายใจเข้าและหายใจออกจะเพิ่มขึ้นได้อีก แต่มีข้อจำกัดจากปริมาตรปอดของแต่ละคน การเพิ่มอัตราการระบายอากาศจึงต้องเพิ่มที่อัตราการหายใจแทน ทำให้นักกีฬาหายใจหอบสั้นและเร็ว โดยปกติการเพิ่มขึ้นของอัตราการระบายอากาศจะเพิ่มอย่างเป็นสัดส่วนกับความต้องการของการเผาผลาญพลังงาน แต่จะเพิ่มขึ้นเร็วมากเมื่อความต้องการพลังงานนั้นเข้าสู่ขีดเริ่มเปลี่ยนแอนแอโรบิก (Anaerobic threshold) นั่นคือ อัตราการระบายอากาศจะมากกว่าอัตราการใช้ออกซิเจนต่อนาที การเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศยังขึ้นอยู่กับชนิดและความหนักเบาของการออกก กำลังกาย โดยการเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศในการออกกำลังกายที่หนักเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ (Progressive exercise) การเพิ่มอัตราการระบายอากาศจะเป็นสัดส่วนกับความต้องการทางแมแทบอลิซึม (อัตราใช้ออกซิเจนและอัตราการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์) จนกระทั่งถึงจุดที่ร่ายกายเปลี่ยนมาใช้เมทาบอลิซึมแบบแอนแอดโรบิกเป็นแหล่งพลังงานหลัก นั่นคือเมื่อออกกำลังกายหนักเกือบเต็มที่จะมีการเพิ่มอัตราการระบายอากาศมากกกว่าอัตราใช้ออกซิเจนต่อนาที เพราะร่างกายเปลี่ยนไปใช้เมแทบอลิซึมแบบไม่ใช้ออกซิเจนแล้ว จุดนี้เรียกว่าขีดเริ่ม เปลี่ยนแอนแอโรบิก ดังรูปที่ 7.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



รูปที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศ
(ที่มา : รัตนวดี ณ นคร, มปป.)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงของการระบายอากาศในการออกกำลังที่หนักเท่ากันตลอด (Steady state exercise) อัตราการระบายอากาศจะมีการเปลี่ยนแปลงคือระยะก่อนเริ่มการออกกำลังกาย อัตราการระบายอากาศจะเพิ่มขึ้นเร็ว เนื่องจากการกระตุ้นของสมองส่วนซีรีบรัมคอร์เท็กซ์ (Cerebral cortex) ระหว่างการออกกกำลังใน 2-3 วินาทีแรกจะมีการเพิ่มการระบายอากาศอย่างรวดเร็วมาก ต่อมาจะเพิ่มช้าลงถึงระดับคงที่ (ในกรณีออกกำลังระดับต่ำกว่าระดับเต็มที่) หรือเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งสิ้นสุดการออกกำลัง (ในกรณีออกกำลังเต็มที่) ในระยะฟื้นตัวหลังการออกกำลังสิ้นสุด ระยะแรกการระบายอากาศจะลดลงรวดเร็วและ ต่อมาจะลดช้าลงเข้าสู่ระดับพัก

การควบคุมการระบายอากาศระหว่างการออกกำลังกาย เกิดได้จากหลายๆ ปัจจัยร่วมกัน แบ่งได้เป็น

1) ปัจจัยทางประสาท ซึ่งได้แก่ พลังประสาทจากศูนย์ขั้นสูงในสมองที่เกี่ยวข้องกับแรงจูงใจ ความตั้งใจและความคิด และพลังประสาทจากตัวรับในกล้ามเนื้อและข้อต่อ ไปมีผลต่อศูนย์หายใจ ทำให้มีการเพิ่มการระบายอากาศ อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเริ่มต้นออกกำลังกาย

2) ปัจจัยทางเคมี ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ ออกซิเจน ไฮโดรเจนไอออน และอุณหภูมิ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงการระบายอากาศอย่างช้าๆ เนื่องจากเป็นที่น่าประหลาดใจว่าระดับออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแดงจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักในระหว่างการออกกำลัง นักวิจัยจึงเชื่อว่าภาวะทางเคมีในศูนย์หายใจของสมอง อาจแตกต่างไปจากในระบบไหลเวียนเลือดทั่วไป โดยศูนย์หายใจจะมีความไวเพิ่มขึ้นต่อการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของความดันย่อยคาร์บอนไดออกไซด์ (P_{CO_2}) เมื่อหยุดออกกำลังกายแล้วการระบายอากาศจะต้องเพิ่มกว่าระดับปกติ

ต่อไปอีกระยะหนึ่ง เพื่อให้ได้ออกซิเจนไปใช้หนี้ ระยะนี้การระบายอากาศจะถูกกระตุ้นโดยทำให้ค่าความเป็นกรดสูงขึ้นในเลือดเนื่องจากมีการคั่งของกรดแล็กติก

2. การกำซาบ (Perfusion) หรือปริมาตรเลือดที่ไปสู่ปอดเพื่อแลกเปลี่ยนก๊าซจะเพิ่มขึ้นและหลอดเลือดมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น

3. สมรรถนะการแพร่ (Diffusion capacity) หมายถึง ปริมาณของก๊าซ (มิลลิลิตร) ที่แพร่ข้ามเย้อหุ้มถุงลมสู่หลอดเลือดฝอยในแต่ละนาทีต่อความดันแตกต่างระหว่างถุงลมกับหลอดเลือดฝอย 1 มม. ปรอท และนับเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพของระบบทั่วไปในการแลกเปลี่ยนก๊าซในการหายใจ สมรรถนะการแพร่ของออกซิเจนและคาร์บอนไดร์ออกไซด์จะเพิ่มขึ้นในระหว่างการออกกกำลังกาย สำหรับของออกซิเจนนั้นจะเพิ่มจากค่าโดยเฉลี่ยขณะพัก 23 มล./นาที ไปเป็น 80 มล./นาที เมื่อออกกำลังเต็มที่ในนักกีฬาที่ได้รับการฝึกมาอย่างดีสมรรถนะการแพร่ในปอดที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นผลจากการเพิ่มอัตราไหลของเลือดไปสู่ปอด ทำให้เลือดไปสู่หลอดเลือดปอดได้มากขึ้น ซึ่งเป็นเพิ่มพื้นที่ในการแลกเปลี่ยนก๊าซนั่นเอง

4. การขนส่งก๊าซในเลือด (Gas transportation) กล้ามเนื้อที่กำลังจะมีการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์และการสร้างไฮโดรเจนไอออนออกมามากขึ้นร่วมกับอุณหภูมิสูงขึ้น ซึ่งจะช่วยเร่งเร้าการปล่อยออกซิเจนจากเม็ดเลือดแดงเข้าสู่เนื้อเยื่อนั้นมากขึ้นด้วย ทั้งนี้เพราะความสามารถจับออกซิเจนของเฮโมโกลบินจะมีค่าลดลงโดยการเปลี่ยนแปลงของระบบหายใจกับการออกกำลังกายสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 การตอบสนองของระบบหายใจต่อการออกกำลังกายทันทีระดับปานกลางและเต็มที่

ตัวแปร	การออกกำลังกายปานกลาง	การออกกำลังเต็มที่
คุณสมบัติทางกลศาสตร์ของการหายใจ		
-งานของการหายใจ	เพิ่ม	เพิ่มมาก
การระบายอากาศในถุงลม		
-ปริมาตรอากาศหายใจเข้า/ ออก 1 ครั้ง	เพิ่มมาก	เพิ่มมาก
-อัตราการหายใจ	เพิ่ม	เพิ่มมาก
-เนื้อที่เสียเปล่าทางกายวิภาค	เพิ่ม	เพิ่ม
-เนื้อที่เสียเปล่าในถุงลม	ลด	ลด
อัตราเลือดไหลไปสู่ปอด		
-การกำซาบของปอดส่วนบน	เพิ่ม	เพิ่มมาก
-ความต้านทานของหลอดเลือดปอด	ลด	ลดมาก
-ความเร็วของปริมาณเลือดที่มาเลี้ยง	เพิ่ม	เพิ่มมาก
สัดส่วนการระบายอากาศ-การกำซาบ		
-การแพร่ข้ามเยื่อกั้นถุงลม	เพิ่ม	เพิ่ม
-หลอดเลือดฝอย	เพิ่ม	เพิ่มมาก
-พื้นที่ผิว	เพิ่ม	เพิ่มมาก
-การกำจัดการแพร่จากการกำซาบ	ลด	ลดมาก
-ความแตกต่างของความดันระหว่างเยื่อกั้น	เพิ่ม	เพิ่มมาก
การขนถ่ายออกซิเจนจากเลือดไปสู่เนื้อเยื่อ	เพิ่ม	เพิ่มมาก
การขนถ่ายคาร์บอนไดออกไซด์จากเนื้อเยื่อไปสู่เลือด	เพิ่ม	เพิ่มมาก
แรงดันย่อยออกซิเจนในเลือดแดง (PaO2)	ไม่เปลี่ยน	เพิ่ม
แรงดันย่อยคาร์บอนไดออกไซด์ใน(PaCO2) เลือดแดง	ไม่เปลี่ยน	ลด
pH ในเลือดแดง	ไม่เปลี่ยน	ลด
ความแตกต่างของแรงดันย่อยออกซิเจนระหว่างเลือดแดงกับเลือดดำผสม (a-v O_2 difference)	เพิ่ม	เพิ่มมาก

ที่มา : วิรุฬห์ เหล่าเกษม, 2537

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา

ความหมายของการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา

American College of Sports Medicine (ACSM) ให้ความหมายของการออกกำลังกายรูปแบบหนักสลับเบาไว้ว่า เป็นการออกกำลังกาโดยมีช่วงความหนักเป็นระยะเวลาสั้นๆ (อาจอยู่ในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ 5 วินาทีถึง 8 นาที) ด้วยอัตราการเต้นของหัวใจ 80% - 95% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด (Maximal Heart Rate) สลับกับช่วงพักด้วยการออกกำลังกายแบบเบาที่ความหนัก 40% - 50% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุดหรืออาจหยุดพักโดยสมบูรณ์ (Complete Resting)

หลักการออกกำลังกายรูปแบบหนักสลับเบา

ในการป้องกันโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-communicable diseases) American College of Sports Medicine แนะนำให้สะสมเวลาการออกกำลังกายให้ครบ 150 นาทีต่อสัปดาห์สำหรับการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางหรือ 75 นาทีต่อสัปดาห์สำหรับการออกกำลังที่ความหนักระดับมาก ซึ่งการออกกำลังกายในรูปแบบสลับเบานั้นประหยัดเวลาและมีประสิทธิภาพมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องในระดับปานกลาง โดยการปฏิบัติอาจใช้เวลาตั้งแต่ 20 – 60 นาที ซึ่งมีการกำหนดระยะเวลาของการฝึกเป็นอัตราส่วนของช่วงหนักและช่วงเบา เช่น 1:1 หมายถึง ออกกำลังกายช่วงหนักและช่วงเบาเป็นระยะเวลาที่เท่ากัน ดังนั้นถ้ากำหนดช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ช่วงของการออกกำลังกายแบบเบาจะมีระยะเวลา 1 นาทีเช่นเดียวกัน หรือ 1:2 หมายถึง ออกกำลังกายช่วงเบาเป็นระยะเวลาสองเท่าของช่วงหนัก ดังนั้นถ้ากำหนดช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ช่วงของการออกกำลังกายแบบเบาจะมีระยะเวลา 2 นาที สามารถทำซ้ำเดิมต่อเนื่องกัน 3 – 5 เซต ต่อการออกกำลังกายในแต่ละครั้งโดยปฏิบัติ 3 วันต่อสัปดาห์

Chulalongkorn University

การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาในผู้มีภาวะอ้วน

การออกกำลังกายหนักสลับเบา (High intensity interval training) เป็นการออกกำลังกายแบบมีลักษณะของการปฏิบัติกิจกรรมหนักแบบซ้ำๆ หลายครั้งและคั่นด้วยการพัก ข้อดีของการฝึกหนักสลับเบา เมื่อเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่ความหนักปานกลางคือการใช้เวลาในการออกกำลังกายที่น้อยกว่าและพัฒนาการใช้ออกซิเจน (Weston et al., 2014) หัวใจห้องล่างและการทำงานของหลอดเลือดที่มากกว่าในผู้ป่วยโรคหัวใจและไหลเวียนเลือด (Guiraud et al., 2012) อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความไวต่ออินซูลิน (Jellyman et al., 2015) และลดระดับความดันในขณะพัก (Molham-Hansen., 2012) จากการศึกษาที่ผ่านมาของ Keating และคณะ (Keating et al., 2017) ได้พบว่าการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาช่วยลดระดับของเปอร์เซ็นต์ไขมันและมวลไขมัน

ได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ใช้เวลาในการออกกำลังกายน้อยกว่าการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่ระดับปานปลาง (Moderate intensity continuous training) ในปี ค.ศ. 2011 Azad และคณะ (Azad et al., 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกที่มีต่อสมรรถภาพปอดในนักเรียนที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน จากกลุ่มตัวอย่าง 30 คนที่มีภาวะอ้วนหรือน้ำหนักเกินและไม่เคยได้รับการฝึกมาก่อน ทำการสุ่มเพื่อแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มทดลองได้รับการฝึกด้วยการวิ่งบนลู่วิ่ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมดำเนินกิจวัตรประจำวันตามปกติ จากการทดลองพบว่าสมรรถภาพปอดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มทดลองจากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในกลุ่มวัยรุ่นที่มีน้ำหนักเกินและอ้วนได้ นอกจากนั้น Fisher และคณะ (Fisher et al., 2015) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องที่ระดับปานกลางเพื่อพัฒนาความผิดปกติของระบบเผาผลาญในผู้มีน้ำหนักเกินหรือผู้มีภาวะอ้วนเพศชายเพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกทั้งสองรูปแบบต่อการพัฒนาองค์ประกอบร่างกาย ความไวต่ออินซูลิน ความดันโลหิต ไขมันในเลือดและสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือดเป็นระยะเวลาหกสัปดาห์ในผู้มีน้ำหนักเกินหรือผู้มีภาวะอ้วนเพศชาย โดยผู้เข้าร่วมวิจัย 28 คนถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มเท่าๆกันเพื่อทำการฝึกหนักสลับเบาและฝึกแบบต่อเนื่องที่ระดับปานกลางเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าการฝึกรูปแบบหนักสลับเบาช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย เพิ่มความไวต่ออินซูลิน ลดความดันโลหิตขณะพักและเพิ่มสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือดในผู้มีภาวะอ้วนได้ ในปี ค.ศ. 2018 ได้มีงานวิจัยของนภัสกรณ์และคณะ (Chuensiri, Suksom, & Tanaka, 2018) ที่ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อการทำงานของหลอดเลือดในเด็กชายที่มีภาวะอ้วน โปรแกรมการฝึกหนักสลับเบาเป็นอีกหนึ่งทางเลือกสำหรับการออกกำลังกายที่พัฒนาความสามารถในการใช้ออกวิเจนและผลทางด้านสุขภาพอื่นๆ ในประชากรวัยผู้ใหญ่ ดังนั้นแล้วผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะประเมินระหว่างโปรแกรมการฝึกหนักสลับเบาแบบปกติกับการฝึกหนักสลับเบาด้วยความหนักสูงที่มีต่อโครงสร้างและการทำงานของหลอดเลือดในเด็กชายที่มีภาวะอ้วน จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 48 คน อายุ 8-12 ปี เพศชาย ถูกแบ่งเป็น 3 กลุ่มเท่าๆกันคือกลุ่มควบคุม, กลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบา (HIIT) ได้รับโปรแกรมฝึก 8*2 นาทีที่ความหนัก 90% ของกำลังสูงสุด และกลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูง (Supra-HIIT) ได้รับโปรแกรมฝึก 8*20 วินาทีที่ความหนัก 170% ของกำลังสูงสุด ทั้งสองกลุ่มที่ได้รับการฝึกทำการปั่นจักรยาน 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบาและกลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบาที่ความหนักสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มีความสามารถในการใช้ออกซิเจนเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และทั้งสองกลุ่มยังเพิ่มอัตราการเผาผลาญในขณะพักเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($p < 0.05$) และหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดดีมากขึ้น ($p < 0.05$) ดังนั้นสรุปได้ว่าการฝึกทั้งสองรูปแบบส่งผลให้ความสามารถในการใช้ออกซิเจน, อัตราการเผาผลาญพลังงาน, โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของหลอดเลือดดีมากขึ้นและปริมาณไขมันในเลือดลดลงในเด็กชายที่มีภาวะอ้วนซึ่งโปรแกรมการฝึกเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในเรื่องของเวลาในการออกกำลังกายเพื่อช่วยป้องกันโรคเกี่ยวกับหัวใจและหลอดเลือดได้ จากการวิจัยที่ผ่านมาของวิทิตและคณะ (Mittranun, Deerochanawong, Tanaka and Suksom, 2013) ซึ่งทำการศึกษาเรื่องการฝึกแบบต่อเนื่องเปรียบเทียบกับการฝึกแบบช่วงที่มีผลต่อการควบคุมน้ำตาลในเลือดและปฏิกิริยาของหลอดเลือดเล็กและหลอดเลือดใหญ่ในผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบแอโรบิกต่อเนื่องกับการฝึกแบบช่วงที่มีต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและการขยายตัวของหลอดเลือด กลุ่มตัวอย่าง 43 คนเป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่มด้วยวิธีการสุ่มคือกลุ่มที่ดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติซึ่งไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก, กลุ่มควบคุมที่ได้รับการฝึกแบบต่อเนื่องและกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบช่วงโดยทั้งสองกลุ่มมีการควบคุมการใช้พลังงานให้เท่ากันในแต่ละครั้งในการออกกำลังกาย รวมไปถึงการเดินบนลู่วิ่งเป็นเวลา 30 และ 40 นาทีต่อวันเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณไขมันในร่างกาย (Body fatness), อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (Resting heart rate)มีค่าลดลง, ระดับน้ำตาลในเลือดหลังการอดอาหาร (Fasting blood glucose) ลดลงและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg muscle strength) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งสองกลุ่มที่ได้รับการฝึก แต่ระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (Glycosylated hemoglobin levels) ลดลงแค่ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบช่วง ค่าความความสามารถในการใช้ออกซิเจน การขยายตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่าทั้งสองกลุ่มที่ได้รับการฝึกส่งผลต่อความความสามารถในการใช้ออกซิเจนและการขยายตัวของหลอดเลือดแต่ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบช่วงมีการพัฒนาของตัวแปรเหล่านี้มากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบต่อเนื่อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบากับระบบหายใจ

ระบบหายใจมีการเปลี่ยนแปลงขณะออกกำลังกายเนื่องจากการที่กล้ามเนื้อทำงานหนักขึ้นจึงมีความต้องการในการใช้ออกซิเจนที่มากขึ้นตามไปด้วยและรวมไปถึงการเพิ่มขึ้นของการขับคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งส่งผลให้ปริมาณการหายใจเพิ่มขึ้นจาก 15 ครั้งต่อนาทีในขณะพัก (12 ลิตรต่อนาที) เป็น 40 - 60 ครั้งต่อนาที (100 ลิตรต่อนาที) ทำให้ระบบไหลเวียนเลือดเพิ่มความเร็วมากขึ้นในการนำออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่ใช้งาน (European Lung Foundation., 2016) แม้ว่าการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบามีความนิยมอย่างมากในปัจจุบันจากการสำรวจของ American college of sports medicine (Thompson, 2018) แต่งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบากับระบบหายใจยังไม่แพร่หลายมากนัก โดยในปี 2012 ดันแฮมและฮาร์ม (Dunham & 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% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 45 นาทีอย่างต่อเนื่อง ทั้งสองกลุ่มปฏิบัติ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าแรงดันในการหายใจเข้าเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบามีค่าแรงดันการหายใจเข้ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบทนทานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าโปรแกรมฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

เอลเลนี่และคณะ (Eleni et al., 2010) ได้ทำการศึกษาเรื่องประสิทธิผลของการฝึกแบบช่วงในผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังโดยมีหลักฐานว่าผู้ป่วยมีอาการหายใจลำบากและรู้สึกมีการจำกัดการเคลื่อนไหวส่วนล่างขณะออกกำลังกายผู้วิจัยจึงได้ให้โปรแกรมการออกกำลังกายแบบช่วงและโปรแกรมการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องกับผู้ป่วยโรคปอดอุดกั้นเรื้อรังที่มีความรุนแรงของโรคในระดับมากพบว่าผู้ป่วยสามารถออกกำลังกายแบบช่วงได้ยาวนานกว่าและรู้สึกถูกจำกัดการเคลื่อนไหวส่วนล่างที่น้อยกว่าซึ่งการศึกษานี้เป็นแนวทางในการออกแบบโปรแกรมในระยะยาวเพื่อฟื้นฟูการทำงานของปอดสำหรับผู้ป่วย นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายต่อระบบหายใจ โดย Azad และคณะ (Azad et al., 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิก

ที่มีต่อสมรรถภาพปอดในนักเรียนที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน จากกลุ่มตัวอย่าง 30 คนที่มีภาวะอ้วนหรือน้ำหนักเกินและไม่เคยได้รับการฝึกมาก่อน ทำการสุ่มเพื่อแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มทดลองได้รับการฝึกด้วยการวิ่งบนลู่วิ่ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมดำเนินกิจวัตรประจำวันตามปกติ จากการทดลองพบว่าสมรรถภาพปอดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มทดลองจากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในกลุ่มวัยรุ่นที่มีน้ำหนักเกินและอ้วนได้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

วิทิต มิตรานันท์และคณะ (Mitranun et al., 2014)ได้ทำการศึกษาเรื่องการฝึกแบบต่อเนื่องเปรียบเทียบกับการฝึกแบบช่วงที่มีผลต่อการควบคุมน้ำตาลในเลือดและปฏิกิริยาของหลอดเลือดเล็กและหลอดเลือดใหญ่ในผู้ป่วยเบาหวานประเภทที่ 2 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบแอโรบิกต่อเนื่องกับการฝึกแบบช่วงที่มีต่อการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดและการขยายตัวของหลอดเลือด กลุ่มตัวอย่าง 43 คนเป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ถูกแบ่งออกเป็นสามกลุ่มด้วยวิธีการสุ่มคือกลุ่มที่ดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติซึ่งไม่ได้รับโปรแกรมการฝึก, กลุ่มควบคุมที่ได้รับการฝึกแบบต่อเนื่องและกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบช่วงโดยทั้งสองกลุ่มมีการควบคุมการใช้พลังงานให้เท่ากันในแต่ละครั้งในการออกกำลังกาย รวมไปถึงการเดินบนลู่วิ่งเป็นเวลา 30 และ 40 นาทีต่อวันเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณไขมันในร่างกาย (Body fatness), อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (Resting heart rate)มีค่าลดลง, ระดับน้ำตาลในเลือดหลังการอดอาหาร (Fasting blood glucose) ลดลงและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขา (Leg muscle strength) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ทั้งสองกลุ่มที่ได้รับการฝึก แต่ระดับน้ำตาลสะสมในเลือด (glycosylated hemoglobin levels) ลดลงแค่ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบช่วง ค่าความความสามารถในการใช้ออกซิเจน การขยายตัวของหลอดเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สรุปได้ว่าทั้งสองกลุ่มที่ได้รับการฝึกส่งผลต่อความความสามารถในการใช้ออกซิเจนและการขยายตัวของหลอดเลือดแต่ในกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบช่วงมีการพัฒนาของตัวแปรเหล่านี้มากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบต่อเนื่อง

นภัสกร ชื่นศิริและคณะ (Chuensiri, Suksom, & Tanaka, 2018) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงและความหนักสูงมากต่อการใช้พลังงาน และ

การทำงานของหลอดเลือดในเด็กอ้วน การศึกษาวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 2 การศึกษา สำหรับการศึกษาที่ 1 กลุ่มตัวอย่างเป็นเด็กชาย อายุ 8 – 12 ปี แบ่งเป็นเด็กน้ำหนักปกติ 18 คน และเด็กอ้วน 17 คน ซึ่งประเมินโดยใช้ค่าดัชนีมวลกายเปรียบเทียบตามเกณฑ์อ้างอิงการเจริญเติบโตของเพศชายอายุ 5-18 ปี โดยค่าดัชนีมวลกาย มากกว่าหรือเท่ากับ +2S.D. จะอยู่ในกลุ่มอ้วน ทำออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ระดับความหนักสูงมาก 100, 130 และ 170 เปอร์เซ็นต์ของค่าสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด (100, 130 and 170%ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด) ทดสอบตัวแปรด้านการใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดระหว่างก่อน และหลังการออกกำลังกาย ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ แบบ 2x3 (กลุ่ม x ความหนักของการออกกำลังกาย) และเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่ โดยใช้วิธีการทดสอบของแอลเอสดี (LSD) นำผลที่ได้จากการศึกษาที่ 1 มาใช้ในการศึกษาที่ 2 โดยการศึกษาที่ 2 กลุ่มตัวอย่างจะเป็นเด็กอ้วน จำนวน 37 คน แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มควบคุม จำนวน 11 คน กลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง 90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ใช้เวลาในการออกกำลังกาย 24 นาที จำนวน 11 คน และกลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด ใช้เวลาในการออกกำลังกาย 14 นาที จำนวน 15 คน ทำการฝึกออกกำลังกาย 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ทดสอบตัวแปรด้านการใช้พลังงาน และการทำงานของหลอดเลือดระหว่างก่อน และหลังการฝึก 12 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ แบบ 3x2 (กลุ่ม x ความหนักของการออกกำลังกาย) ผลการวิจัย พบว่า สำหรับการศึกษาที่ 1 ภายหลังการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก เด็กอ้วนมีการใช้พลังงานขณะออกกำลังกายสูงกว่าเด็กน้ำหนักปกติทั้ง 3 ความหนักของการออกกำลังกาย เด็กน้ำหนักปกติและเด็กอ้วนมีคลื่นความดันชีพจรระหว่างต้นแขนและข้อเท้าลดลง หลังออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนัก 130 และ 170% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด การขยายตัวของหลอดเลือดเมื่อถูกปิดกั้นการไหลเวียน หลังออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนัก 170% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุดเท่านั้นที่สูงกว่าก่อนการออกกำลังกายอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สำหรับการศึกษาที่ 2 ภายหลังการฝึก 12 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด และกลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง 90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีการเผาผลาญพลังงานขณะพักสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ไม่พบความแตกต่างของดัชนีมวลกาย น้ำหนักตัว และไขมันในร่างกาย ในทั้ง 3 กลุ่มทดลอง กลุ่มออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีความหนาของผนังหลอดเลือด และความแข็งตัวของหลอดเลือดลดลง

คอเลสเตอรอล และไตรกลีเซอไรด์ลดลง และมีไนตริกออกไซด์เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับก่อนการฝึกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ไม่พบความแตกต่างของครีเอทีนฟอสโฟไคเนส และมาลอนไดอัลดีไฮด์ ในทั้ง 2 กลุ่มออกกำลังกาย และการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด มีความสนุกสนานมากกว่าการฝึกออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูง 90% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 สรุปได้ว่า การออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170% ของสมรรถภาพการใช้ออกซิเจนสูงสุด สามารถที่จะนำมาใช้เป็นรูปแบบในการออกกำลังกายของเด็กอ้วนได้ โดยสามารถพัฒนาโครงสร้างและการทำงานของหลอดเลือด อีกทั้งยังใช้เวลาในการออกกำลังกายน้อย ปลอดภัย ไม่ก่อให้เกิดการบาดเจ็บ และมีความสนุกสนาน

รองรัก สุวรรณรัตน์และคณะ (รองรัก สุวรรณรัตน์และคณะ, 2559) ได้ศึกษาผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักฟุตบอลเยาวชนชาย อายุ 15-16 ปี จำนวน 32 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 16 คน และกลุ่มฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำ (สัดส่วนของออกซิเจนที่หายใจเข้าเท่ากับ 15.3 เปอร์เซ็นต์) จำนวน 16 คน นักกีฬาได้รับการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนัก 90-95 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 4 นาที สลับกับความหนัก 60-70 เปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด เป็นเวลา 3 นาที จำนวน 4-5 เซ็ต 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการทดสอบตัวแปรด้านสรีรวิทยาทั่วไป สมรรถภาพทางแอโรบิก และความทนต่อการเมื่อยล้า วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มที่ก่อนการฝึก หลังการฝึก 4 สัปดาห์ และหลังการฝึก 8 สัปดาห์ ด้วยการทดสอบความแปรปรวนแบบวัดซ้ำ แบบ 2 x 3 (กลุ่ม x ช่วงเวลาทดสอบ) จากนั้นเปรียบเทียบความแตกต่างแบบรายคู่โดยใช้วิธีการทดสอบของบอนเฟอโรนี (Bonferroni) ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังการฝึกทั้งที่ 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์ นักฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของน้ำหนัก ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย ไขมันของร่างกาย อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว และความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ นักฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ความสามารถในการใช้ออกซิเจน

สูงสุด และระยะทางที่ทำได้จากการทดสอบโยโย่มากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลัง 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีจุดกั้นแอนแอโรบิกมากกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลัง 4 สัปดาห์และ 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นักฟุตบอลกลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำมีค่าเฉลี่ยของแลคเตทในเลือดที่เวลา 75 นาที แลคเตทในเลือดที่จุดเมื่อยล้า เวลาที่ถูกปรับโทษและเวลาที่แสดงถึงความสามารถในการทดสอบส่งบอลน้อยกว่ากลุ่มฝึกในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติที่ภายหลัง 8 สัปดาห์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สรุปได้ว่า การฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความบรรยากาศปกติ สามารถพัฒนาสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าได้มากกว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนปกติ บ่งชี้ว่าการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำน่าจะนำมาใช้เป็นรูปแบบในการฝึกนักกีฬาฟุตบอลเยาวชนได้

งานวิจัยต่างประเทศ

Dunham และ Harms (Dunham & 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% ของกำลังสูงสุด (Peak power output; PPO) เป็นเวลา 1 นาที สลับกับช่วงเบาเป็นเวลา 3 นาที ทั้งหมด 5 เซต ขณะที่กลุ่มฝึกความทนทานทำการฝึกที่ความหนัก 60 – 70% ของกำลังสูงสุด (PPO) เป็นเวลา 45 นาทีอย่างต่อเนื่อง ทั้งสองกลุ่มปฏิบัติ 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าแรงดันในการหายใจเข้าเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบามีค่าแรงดันการหายใจเข้ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบทนทานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าโปรแกรมฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

Sijie และคณะ (Sijie et al., 2012) ได้ทำการศึกษาการฝึกหนักสลับเบาในหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะประเมินผลของการฝึกโปรแกรมหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบร่างกาย (Body Composition), หน้าที่การทำงานของหัวใจ (Cardiac function) และความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Aerobic capacity) ในวัยรุ่นหญิงที่มีน้ำหนักเกิน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยเพศหญิงจำนวน 60 คน อายุ 19 – 20 ปี ดัชนีมวลกาย ≥ 25 และเปอร์เซ็นต์ไขมันใน

ร่างกาย ≥ 30% ด้วยวิธีการเลือกแบบเฉพาะเจาะจงและทำการสุ่มเพื่อแบ่งกลุ่มเพื่อฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา (High intensity interval training; HIIT) ,กลุ่มโปรแกรมฝึกต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลาง (Moderate Intensity continuous training; MICT) และกลุ่มควบคุม กลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา (HIIT) และกลุ่มฝึกต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลาง (MICT) ทำการฝึก 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สำหรับโปรแกรมหนักสลับเบา ในช่วงหนักจะอยู่ที่ 85% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2Max) และช่วงเบา 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ขณะที่กลุ่มฝึกต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลางทำการเดิน (Walking) หรือวิ่งเหยาะ (Jogging) ที่ความหนัก 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองกลุ่มที่ทำการออกกำลังกาย (HIIT และ MICT) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับองค์ประกอบของร่างกาย, การทำงานของหัวใจห้องล่างซ้าย, อัตราการเต้นหัวใจขณะพักและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อย่างไรก็ตามกลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบามีการเปลี่ยนแปลงที่ดีกว่ากลุ่มฝึกต่อเนื่องด้วยความหนักปานกลางและกลุ่มควบคุมไม่พบการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นแล้วโปรแกรมการฝึกหนักสลับเบาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันและสมรรถภาพทางกายอื่นๆ ในหญิงที่มีน้ำหนักเกินได้

Azad และคณะ (Azad et al., 2011) ได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกที่มีต่อสมรรถภาพปอดในนักเรียนที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน จากกลุ่มตัวอย่าง 30 คนที่มีภาวะอ้วนหรือน้ำหนักเกินและไม่เคยได้รับการฝึกมาก่อน ทำการสุ่มเพื่อแบ่งออกเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มทดลองได้รับการฝึกด้วยการวิ่งบนลู่วิ่ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมดำเนินกิจวัตรประจำวันตามปกติ จากการทดลองพบว่าสมรรถภาพปอดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มทดลองจากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในกลุ่มวัยรุ่นที่มีน้ำหนักเกินและอ้วนได้

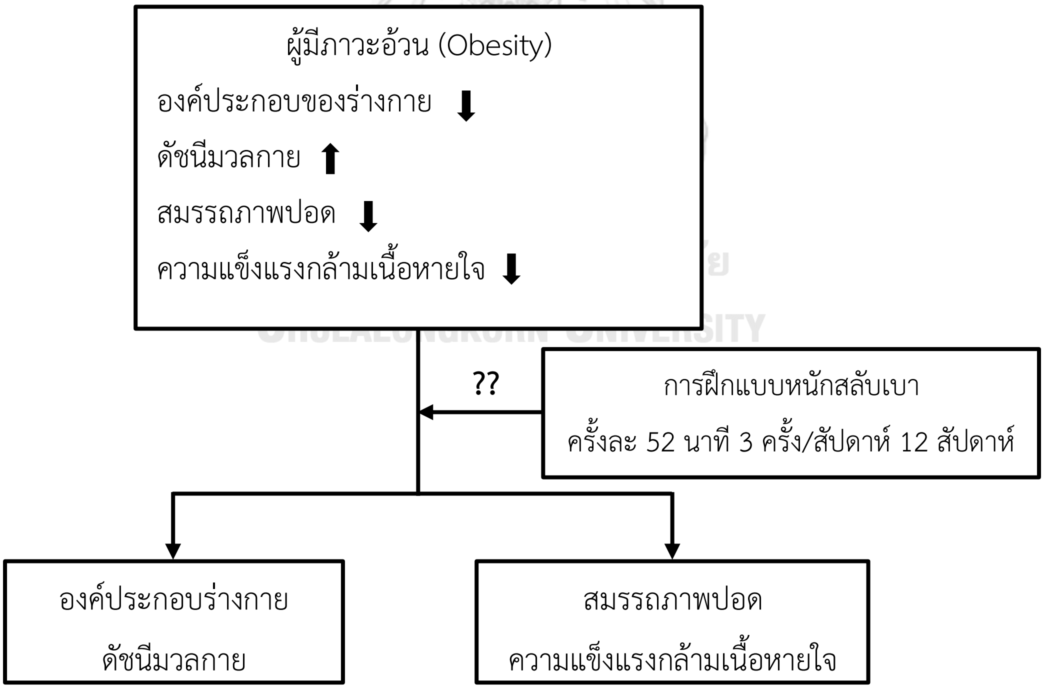
Arad และคณะ (Arad et al., 2015) ได้ศึกษาเรื่องการฝึกแบบหนักสลับเบาโดยไม่ลดน้ำหนักที่ช่วยให้อินซูลินกระตุ้นระบบเผาผลาญในผู้มีภาวะน้ำหนักเกินและภาวะอ้วนในหญิงแอฟริกันอเมริกัน กลุ่มตัวอย่าง 28 คน ถูกแบ่งเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มที่ฝึกหนักสลับเบาได้รับการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 14 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบามีการใช้ไขมันในการสร้างพลังงานมากยิ่งขึ้นในผู้ที่มีความเสี่ยงเป็นโรคเบาหวาน

คาลีลีและเอลคินส์ (Khalili & Elkins, 2009) ได้ทำการศึกษาเรื่องการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ช่วยพัฒนาสมรรถภาพปอดในเด็กที่บกพร่องทางสติปัญญา โดยผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นเด็กอายุ 12 ปี ที่เป็นดาวน์ซินโดรม (Down Syndrome) หรือมีความบกพร่องทางสติปัญญา (Intellectual disability) จำนวน 44 คน ซึ่งมีไอคิวเฉลี่ย 42 ถูกแบ่งเป็นสองกลุ่มคือกลุ่มทดลอง ทำการออกกำลัง

กายแบบแอโรบิก 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

กรอบแนวความคิดในการวิจัย

ผู้มีภาวะอ้วนจะมีการสะสมของปริมาณไขมันตามร่างกายมาก ส่งผลกระทบต่อระบบหายใจโดยทำให้สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจลดลง งานวิจัยนี้สนใจที่จะศึกษาผลของการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบา 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ว่ามีผลอย่างไรต่อสมรรถภาพปอด ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimantal Research Design) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย COA NO.096/2562 รับรองเมื่อวันที่ 12 มิถุนายน 2562 โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากร

ผู้มีภาวะอ้วนเพศชายและหญิง อายุ 18 - 45 ปี

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นผู้มีภาวะอ้วนที่เป็นนิสิตหรือบุคลากรจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพศชายและหญิง อายุระหว่าง 18 – 45 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power) (ภาคผนวก ก) โดยใช้ข้อมูลของ Dunham และ Harms (Dunham & Harms, 2012) กำหนดค่าอำนาจการทดสอบ (Power of test; β) ที่ 0.8 ค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ (Probable Error; α) ที่ 0.05 ได้ค่าขนาดของผลกระทบ (Effect size; d) ที่ 1.1 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 14 คน เพื่อป้องกันการสูญหาย (Drop out) ของกลุ่มตัวอย่างผู้วิจัยจึงเพิ่มกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มละ 16 คน รวมทั้งหมด 32 คน

<u>การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่ม</u>

ผู้วิจัยทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified random sampling) จากนั้นใช้การสุ่มอย่างง่ายโดยวิธีจับฉลาก (Simple random sampling) เพื่อเลือกเข้ากลุ่มทดลองหรือกลุ่มควบคุมซึ่งผู้วิจัยจะเป็นผู้จับฉลากด้วยตนเองและป้องกันอคติจากการจับฉลากโดยเขียนรหัสเป็นหมายเลขแทนตัวผู้เข้าร่วมวิจัยแต่ละคนและกล่องที่ใช้จับฉลากเป็นกล่องทึบ รายละเอียดการสุ่มมีดังนี้

การสุ่มกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มแบบแบ่งชั้นคัดเลือกโดยตัวบ่งชี้ 2 ตัว ดังนี้

1. เพศ (Gender) แบ่งเป็นเพศชายและเพศหญิง

2. อายุ (Age) แบ่งเป็นวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (Young adults) อายุระหว่าง 18 – 30 ปี และวัยผู้ใหญ่วัยกลางคน (Middle-aged adult) อายุระหว่าง 31 – 45 ปี (Jignesh, Ankit and Punit, 2014)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การแบ่งชั้นตามตัวบ่งชี้ที่กำหนดจะได้ 4 ลำดับขั้น ดังข้อมูลต่อไปนี้

1. A = เพศชาย อายุ 18 – 30 ปี
2. B = เพศชาย อายุ 31 – 45 ปี
3. C = เพศหญิง อายุ 18 – 30 ปี
4. D = เพศหญิง อายุ 31 – 45 ปี

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

กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 16 คน แบ่งออกเป็น

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบา

เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มทดลองได้เข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 80% จำนวน 1 คน และกลุ่มตัวอย่างได้ขอออกจากการวิจัย กลุ่มทดลองจึงเหลือกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน

เกณฑ์ในการคัดเข้า

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

เกณฑ์การคัดออก

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

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างโปรแกรมการฝึกหนักสลับเบา

1. ทบทวนวรรณกรรมและศึกษาค้นคว้าเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างโปรแกรมการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบาในผู้มีภาวะอ้วน ดังนี้

2.1 จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมพบว่าโปรแกรมหนักสลับเบาส่งผลดีต่อผู้มีภาวะอ้วนโดยมีประสิทธิภาพในการพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหัวใจและไหลเวียนเลือด และความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด จากการวิจัยก่อนหน้าพบว่าช่วงระยะเวลาการฝึกอยู่ที่ 2 สัปดาห์ ถึง 6 เดือน ความถี่ของการฝึกอยู่ในช่วง 3 – 5 ครั้งต่อสัปดาห์ ระยะเวลาช่วงหนักของการฝึก 10 วินาที ถึง 4 นาที ที่ช่วงความหนัก 70 - 100% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 90 – 100% ของความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด หรือ 85 – 200% ของกำลังสูงสุด (Astorino et al., 2017; Keating et al., 2014; Sawyer et al., 2016; Sijie et al., 2012; Su et al., 2019; Türk et al., 2017) นอกจากนั้นยังมีการศึกษาพบว่าโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาสามารถช่วยพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ โดยการศึกษาของ Dunham และ Harms (Dunham & Harms, 2012) ที่ได้ทำการฝึกหนักสลับเบาด้วยการปั่นจักรยานในอัตราส่วน 1 : 3 โดยช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ความหนัก 90% ของกำลังสูงสุด (PPO) และช่วงเบาเป็นระยะเวลา 3 นาที ที่ความหนัก 20 วัตต์ (Watts) ทำการฝึกครั้งละ 20 นาที เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยพบว่าทำให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย และรอบเอวลดลงได้ และยังพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด ซึ่งจะเห็นได้ว่างานวิจัยของ Dunham และ Harms เป็นการฝึกที่สามารถเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจถึงแม้จะยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด ซึ่งอาจเป็นเพราะระยะเวลาในการทดลองเพียงแค่ 4 สัปดาห์

2.2 ผู้วิจัยจึงทำการสร้างโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา และเพื่อให้เหมาะสมกับคนอ้วน จึงเลือกใช้วิธีการปั่นจักรยานซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่ไม่ลงน้ำหนักที่ขา (Non-weight-bearing) ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อข้อเข่าของผู้ที่มีภาวะอ้วนเนื่องจากมีน้ำหนักตัวมาก ผู้วิจัยกำหนดอัตราส่วนความหนักในการออกกำลังกายช่วงหนักสลับกับช่วงเบาโดยการปรับ (Modified) จากการศึกษาของ Dunham และ Harms กำหนดช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ความหนัก 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และช่วงเบาเป็นระยะเวลา 3 นาที ที่ความหนัก 30% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด โดยมีระยะเวลาอบอุ่นร่างกาย 10 นาที และผ่อนคลาย 10 นาที ผู้วิจัยได้ทำการศึกษานำร่อง (Pilot Study) โปรแกรมหนักสลับเบาโดยใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างจริงจำนวน 3 คน และพบว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถปฏิบัติได้ ซึ่งผลการศึกษานำร่องมีดังนี้

ตารางที่ 2 ผลตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย

ตัวแปร	ผู้ร่วมวิจัย1	ผู้ร่วมวิจัย2	ผู้ร่วมวิจัย3
น้ำหนัก (กก.)	76.9	83.5	82.1
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	29.2	29.9	29.1
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	75	72	75
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	106	137	107
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	59	75	76
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	34.7	32.6	36.3
งานสูงสุด (กิโลปอนด์)	3.0	2.5	2.5
กำลังสูงสุด (วัตต์)	176	147	147

ตารางที่ 3 ผลตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ตัวแปร	ผู้ร่วมวิจัย1	ผู้ร่วมวิจัย2	ผู้ร่วมวิจัย3
ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.11	3.56	3.42
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	2.80	3.15	2.62
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (%)	90.0	88.5	76.6
อัตราการหายใจออกสูงสุด (ลิตร/วินาที)	4.63	4.70	3.09
ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (ลิตร/นาที)	98.2	106.0	71.5
แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (ซม.น้ำ)	91	87	73
แรงดันการหายใจออกสูงสุด (ซม.น้ำ)	72	106	81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 อัตราการเต้นของหัวใจขณะปั่นจักรยานด้วยโปรแกรมหนักสลับเบา

	เวลา (นาที)	อัตราการเต้นของหัวใจ (ครั้ง/นาที)		
		ผู้ร่วมวิจัย1	ผู้ร่วมวิจัย2	ผู้ร่วมวิจัย3
อบอุ่นร่างกาย	1	80	79	80
	2	84	81	85
	3	85	83	80
	4	90	87	91
	5	89	92	87
ช่วงหนัก (1 นาที)	1	145	151	154
ช่วงพัก (3 นาที)	2	143	149	151
	3	144	147	148
	4	141	143	141
ช่วงหนัก	5	158	162	163
ช่วงพัก	6	156	159	164
	7	154	158	166
	8	153	155	165
ช่วงหนัก	9	172	174	173
ช่วงพัก	10	167	170	169
	11	165	168	166
	12	164	163	164
ช่วงหนัก	13	173	173	176
ช่วงพัก	14	170	169	170
	15	166	164	165
	16	164	161	162
ช่วงหนัก	17	175	176	178
ช่วงพัก	18	169	168	170
	19	164	163	167
	20	159	160	163
ผ่อนคลาย	21	148	148	150
	22	132	135	135
	23	124	125	127
	24	119	122	123
	25	113	113	115

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. นำรูปแบบการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบาในผู้มีภาวะอ้วน ไปพิจารณาตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยประกอบด้วยผู้เชียวชาญด้านวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 4 ท่าน แพทย์ จำนวน 1 ท่าน เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องตามวัตถุประสงค์ (Item Objective Congruence; IOC) โดยกำหนดค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.6 ขึ้นไป เพราะถือว่าค่าที่ได้เพียงพอ และเป็นที่ยอมรับทางสถิติ (สิทธิ์ ธรสรณ์, 2552) ซึ่งค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างโปรแกรมการฝึกกับวัตถุประสงค์ (IOC) ได้ผลเท่ากับ 0.89 หลังจากนั้นจึงปรับปรุงโปรแกรมการฝึกตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยปรับเปลี่ยนความหนักของการปั่นจักรยานเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ 85%ของกำลังที่ทำได้สูงสุด สลับกับช่วงพักเป็นระยะเวลา 3 นาที ที่ 30%ของกำลังที่ทำได้สูงสุด และได้กำหนดจำนวนเซตของการฝึกเป็น 8 เซต เพื่อให้ระยะเวลาการฝึกเป็นไปตามคำแนะนำการออกกำลังกายของ American College of Sports Medicine (ACSM, 2018) แนะนำให้สะสมเวลาการออกกำลังกายให้ครบ 150 นาทีต่อสัปดาห์สำหรับการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลางหรือ 75 นาทีต่อสัปดาห์สำหรับการออกกำลังที่ความหนักระดับมาก

ขั้นตอนที่ 2 ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

1. หลังจากการสร้างโปรแกรมหนักสลับเบาจึงดำเนินการส่งเข้าพิจารณาจริยธรรมการวิจัยและติดต่อทำหนังสือจากคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อขอความร่วมมือจากห้องปฏิบัติการของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา และทำหนังสือขอยืมอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2. ทำการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเข้าโดยผู้วิจัย เข้าถึงกลุ่มตัวอย่างโดยผู้วิจัยจะทำการติดใบประชาสัมพันธ์ตามคณะและหน่วยงานต่างๆ ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งนี้จะทำการขออนุญาตหน่วยงานนั้นๆก่อน และชี้แจงเกี่ยวกับโครงการวิจัยและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย โดยกลุ่มตัวอย่างต้องลงนามในใบยินยอมการเข้าร่วมในงานวิจัย และผู้วิจัยจะชี้แจงการเตรียมตัวก่อนมาทดสอบโดยให้กลุ่มตัวอย่างพักผ่อนอย่างเพียงพอในคืนก่อนวันทดสอบเป็นเวลา 6-8 ชั่วโมงและรับประทานอาหารก่อนเวลาทดสอบอย่างน้อย 2 ชั่วโมง และให้ผู้เข้าร่วมวิจัยแต่งกายด้วยชุดกีฬาสวมรองเท้าผ้าใบมาในวันทดสอบและวันออกกำลังกาย

3. ทำการทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ตามขั้นตอน (รูปที่ 10) โดยการทดสอบจะเริ่มต้นจากตัวแปรทางด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายเบื้องต้นเช่น ส่วนสูง น้ำหนัก ดัชนีมวลกาย มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เป็นต้น และทำการพักเป็นระยะเวลา 3 นาที จากนั้นทำการวัดตัวแปรทางด้านสมรรถภาพปอดและตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ตามลำดับ ทำการพักหลังการทดสอบ 5 นาที และทำการทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดซึ่งเป็นการทดสอบที่ทำ

ให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเกิดความเหนื่อยล้า จึงถูกวัดเป็นตัวแปรสุดท้าย โดยมีรายละเอียดการทดสอบในแต่ละตัวแปรดังนี้

3.1 ตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ประกอบด้วย

3.1.1 น้ำหนักตัว (Body weight) น้ำหนักของร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass), มวลไขมัน (Fat mass) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass) และเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกาย (Percent of body fat) และส่วนสูง (Height) ให้กลุ่มตัวอย่างถอดรองเท้าและถุงเท้า โดยขณะทำการชั่งน้ำหนักให้กลุ่มตัวอย่างยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง โดยชั่งน้ำหนักหน่วยเป็นกิโลกรัม (Kilogram; kg.) และส่วนสูงหน่วยเป็นเซนติเมตร (Centimeter; cm.) ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

3.1.2 อัตราการเต้นหัวใจในขณะพัก (Heart rate resting) และความดันโลหิต (Blood pressure) ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งพักเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงวัดท่านั่งด้วยเครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ โดยอัตราการเต้นของหัวใจใช้หน่วยเป็นครั้ง/นาที (Beat/min; bpm) และความดันโลหิตใช้หน่วยเป็นมิลลิเมตรปรอท (Millimeter of mercury; mmHg) ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

3.1.3 ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Maximum oxygen uptake; VO_2peak) โดยใช้โปรแกรม Ramp Test ให้กลุ่มตัวอย่างปั่นจักรยาน (Bicycle Ergometer) ปั่นด้วยการไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที (Warm up) หลังจากนั้นเริ่มทำการทดสอบด้วยการเพิ่มน้ำหนักนาทีละ 0.5 กิโลปอนด์ (Kilopond) ความเร็วในการปั่นให้อยู่ที่ 55 – 60 รอบต่อนาที ปฏิบัติจนผู้ถูกทดสอบไม่สามารถทำการปั่นต่อไปได้ จากนั้นผ่อนคลาย (Cool down) ด้วยการปั่นแบบไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที โดยค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีหน่วยเป็นมิลลิลิตรต่อกิโลกรัมต่อนาที (Milliliters per kilogram per minute; ml./kg./min.) ใช้เวลาทดสอบประมาณ 20 นาที

3.2 ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ประกอบด้วย

3.2.1 ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) มีหน่วยเป็นลิตร (Liters) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV_1) และค่าอัตราส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ต่อค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV_1/FVC) มีหน่วยเป็นลิตร (Liters) ค่าอัตราการไหลออกสูงสุด (Peak expiratory flow ; PEF) โดยการให้กลุ่มตัวอย่างอมหลอดเป่าซึ่งต่อกับเครื่องวัดความจุปอด จากนั้นหายใจเข้า

ออกปกติจำนวน 2 – 3 ครั้ง และหลังจากนั้นทำการหายใจเข้าเต็มที่แล้วเป่าออกมาอย่างแรงและเร็วจนลมออกจนหมด ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

3.2.2 ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (Maximum voluntary ventilation; MVV) โดยการให้กลุ่มตัวอย่างอมหลอดเป่าซึ่งต่อกับเครื่องวัดความจุปอด จากนั้นหายใจเข้าและออกอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่ทำได้ภายในระยะเวลา 15–20 วินาที มีหน่วยเป็นลิตรต่อนาที (Liters/min) ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

3.3 ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ประกอบด้วยค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (Maximal inspiratory pressure; MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (Maximal expiratory pressure; MEP) โดยให้กลุ่มตัวอย่างหายใจเข้าและหายใจออกผ่านเครื่องวัดความแข็งแรงความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ มีหน่วยเป็นเซนติเมตรน้ำ (cmH_2O) สำหรับการวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจนั้น จะให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการวัดตัวแปรแต่ละค่า โดยการเป่าหลายๆ ครั้ง เพื่อให้ค่านั้นคงที่ก่อน จึงทำการบันทึกข้อมูล และในการเป่าอุปกรณ์ทั้งค่าความจุปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจจะมีหลอดพลาสติกและตัวกรองเชื้อโรค โดยเปลี่ยนใหม่ในทุกครั้งที่เปลี่ยนผู้ถูกทดสอบ ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

4. กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะแบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองจะได้รับการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบา ทำการฝึกวันจันทร์ พุธ ศุกร์ 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งช่วงเวลาออกกำลังกายเป็นช่วงเวลาที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสะดวก ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ผู้เข้าร่วมวิจัยจะต้องแต่งกายด้วยชุดสำหรับออกกำลังกายและรองเท้ากีฬา ดังนี้

กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม ใช้ชีวิตประจำวันตามปกติ

กลุ่มที่ 2 กลุ่มทดลอง ได้รับการฝึกแบบช่วงหนักสลับเบา

4.1 การฝึกแบบหนักสลับเบา (High intensity interval training) กลุ่มทดลองจะได้รับการฝึก 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัย มีขั้นตอนการฝึกดังนี้

4.1.1 อบอุ่นร่างกาย (Warm-up) เป็นระยะเวลา 5 นาที โดยยืดเหยียดค้างไว้ท่าละประมาณ 15 - 20 วินาที ประกอบด้วยท่าต่างๆ ดังนี้ (ภาคผนวก จ)

ท่าที่ 1 การยืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Shoulder stretch)

ท่าที่ 2 การยืดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps stretch)

ท่าที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว (Side reach)

ท่าที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Standing quad stretch)

ท่าที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อขาล่างด้านหลัง (Standing calf stretch)

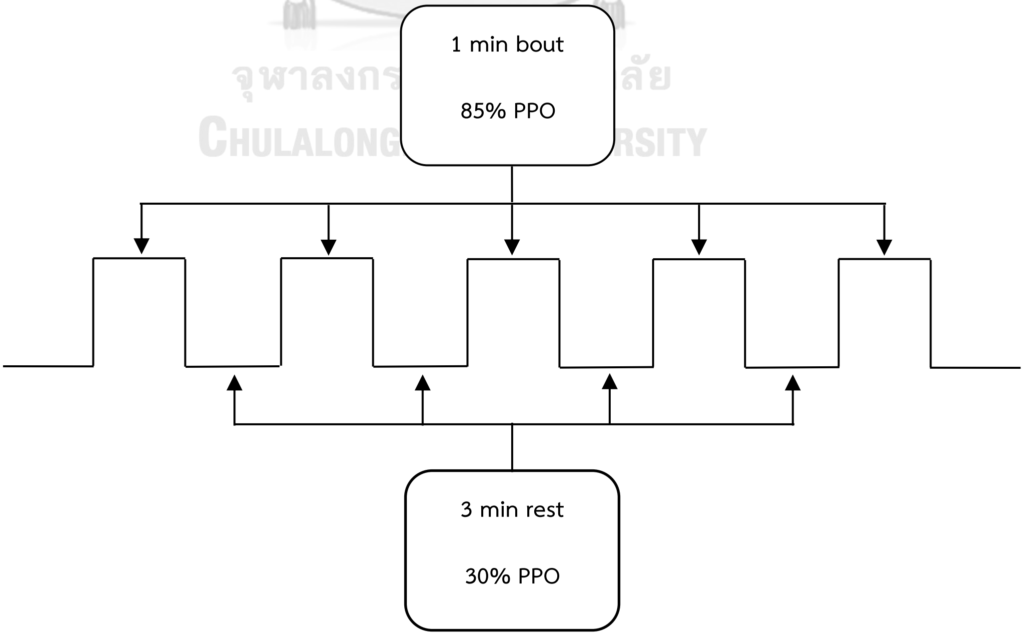
ท่าที่ 6 การยืดเอ็นร้อยหวาย (Achilles tendon - heel stretch)

ท่าที่ 7 การยืดกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Lower back stretch)
ท่าที่ 8 การยืดกล้ามเนื้อสะโพกด้านหลัง (Hip extensor stretch)
ท่าที่ 9 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Seated hamstring stretch)
ท่าที่ 10 การยืดกล้ามเนื้อกาง-หุบขา (Seated groin and inner thigh stretch)

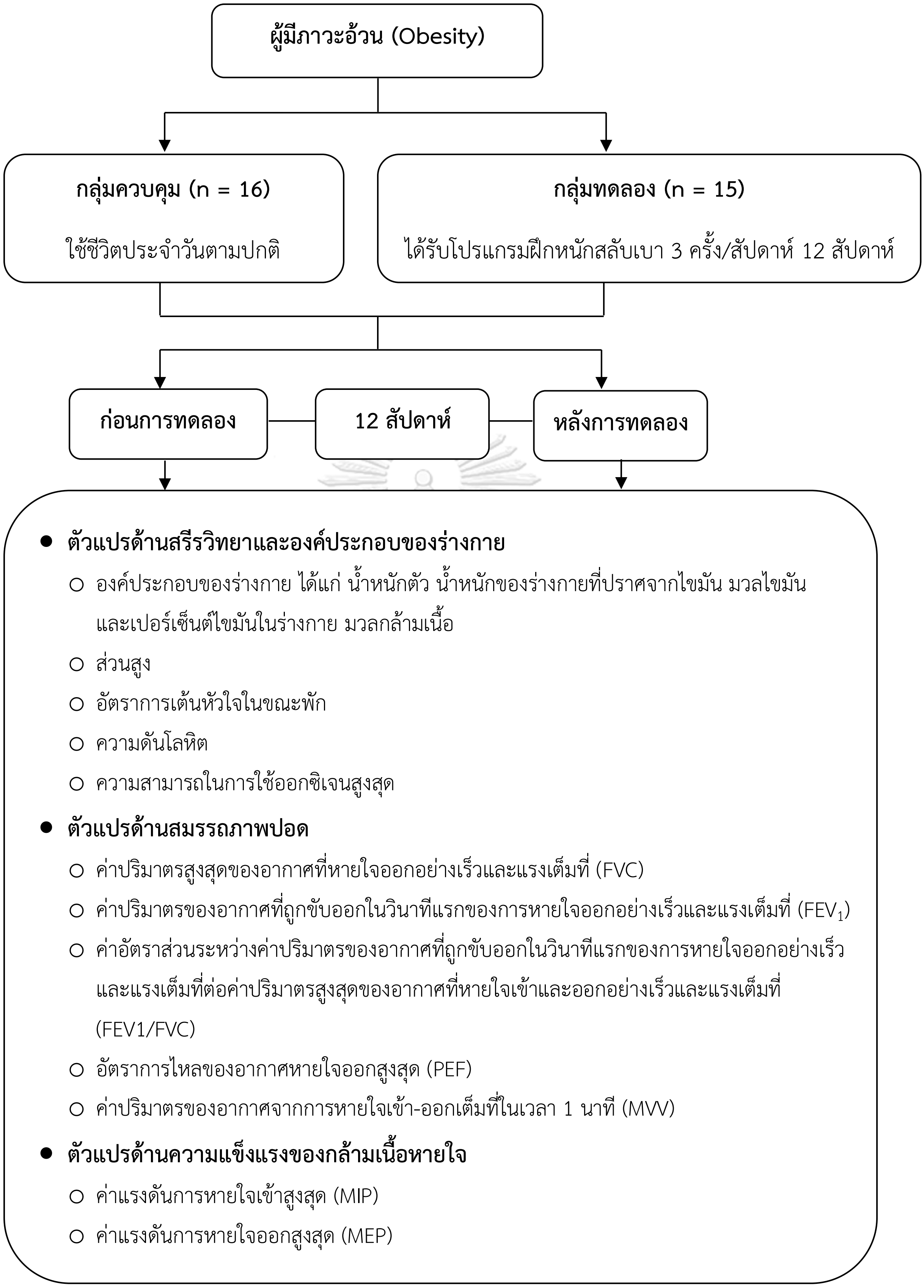
4.1.2 การฝึกแบบหนักสลับเบา ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการอบอุ่นร่างกายกับจักรยานด้วยการปั่นด้วยความหนัก 20 วัตต์ (Watt) ด้วยความเร็ว 60 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นเพิ่มความหนักและควบคุมให้อยู่ที่ 85% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด (Peak power output; PPO) เป็นเวลา 1 นาที ควบคุมการปั่นให้อยู่ในช่วง 80 - 90 รอบต่อนาที หลังจากนั้นเป็นช่วงพักโดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นด้วยความหนัก 30% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด (Peak power output) เป็นเวลา 3 นาที โดยควบคุมรอบของการปั่นเป็น 60 รอบต่อนาที และปฏิบัติซ้ำจนครบ 8 เซต รวม 32 นาที หลังจากนั้นทำการผ่อนคลาย (Cool down) ด้วยการปั่นจักรยานแบบไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที และยืดเหยียดกล้ามเนื้อเหมือนกับช่วงอบอุ่นร่างกายเป็นเวลา 5 นาที รวมเวลาทั้งสิ้น 52 นาที (Dunham & Harms, 2012) ดังรูปที่ 9

5. หลังจากฝึกครบ 12 สัปดาห์ ทำการทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) โดยกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมจะได้รับการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ตามขั้นตอนเหมือนการทดสอบก่อนการทดลอง (ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยข้อ 4.)

6. เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติ และเขียนรายงานผลการวิจัย



รูปที่ 9 แสดงโปรแกรมฝึกแบบหนักสลับเบา



รูปที่ 10 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือสำหรับวัดตัวแปรด้านสรีรวิทยา

1. เครื่องชั่งน้ำหนักและวัดเปอร์เซ็นต์ไขมัน (Body composition analyzer) ยี่ห้ออินบอดี้ (In body) ประเทศเกาหลีใต้

2. เครื่องแสดงอัตราการเต้นของหัวใจ (Heart rate monitor) ยี่ห้อโพล่าร์ (Polar) ประเทศฟินแลนด์

3. เครื่องวัดความดันโลหิต (Digital blood pressure) ยี่ห้อออมรอน (Omron) ประเทศญี่ปุ่น

4. เครื่องวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (Gas Analyzer) ยี่ห้อวีแมค (Vmax) ประเทศสหรัฐอเมริกา

เครื่องมือวัดตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด

เครื่องวัดความจุปอด (Spirometer) ยี่ห้อสไปโรแบงค์ (Spirobank) ประเทศสหรัฐอเมริกา

เครื่องมือวัดตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

เครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ยี่ห้อไมโคเมดดิคอล (Micro medical) ประเทศอังกฤษ

เครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

แบบบันทึกข้อมูลตัวแปรด้านสรีรวิทยา ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด และตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ (ภาคผนวก ข)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal distribution) ของข้อมูลด้วยวิธี Shapiro-Wilk Test

2. หากข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติใช้วิธีวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดย การทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent –T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ผลตามระเบียบวิธีการทางสถิติที่ได้จากการศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน โดยการทดสอบการแจกแจงของข้อมูลด้วยวิธี Shapiro-Wilk Test พบว่าข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติทุกตัวแปร หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างก่อนการทดลอง และหลังการทดลองของแต่ละกลุ่ม โดยการทดสอบค่าทีแบบรายคู่ (Paired-T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองโดยการทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent –T test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ทั้งนี้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 31 คน เนื่องจากกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มทดลองได้เข้าร่วมการฝึกไม่ถึง 80% จำนวน 1 คน และได้ขอออกจากการวิจัย กลุ่มทดลองจึงเหลือกลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 27.13 ± 6.35 เพศชายจำนวน 7 คน เพศหญิงจำนวน 8 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 16 คน มีอายุเฉลี่ย 28.69 ± 9.75 เพศชายจำนวน 7 คน เพศหญิงจำนวน 9 คน ทำการเปรียบเทียบภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้มีภาวะอ้วนที่ทำการฝึกหนักสลับเบาและกลุ่มผู้มีภาวะอ้วนที่ไม่ได้รับการฝึก จากนั้นจึงนำผลมาวิเคราะห์เสนอในตารางประกอบความเรียง โดยนำเสนอออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย

Chulalongkorn University

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ตอนที่ 1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย

ตารางที่ 5 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรด้านทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=16)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
น้ำหนัก (กก.)	77.75	10.75	78.50	10.41	-1.70	0.110
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	28.21	2.51	28.46	2.39	-1.57	0.137
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	76.0	8.25	77.75	9.10	-1.06	0.303
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	120.75	11.13	120.0	9.46	0.63	0.535
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	73.06	7.85	73.94	11.21	-0.47	0.644
น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน (กก.)	53.06	9.28	53.36	8.94	-1.32	0.204
มวลไขมัน (กก.)	24.68	4.27	25.13	4.11	-1.60	0.129
มวลกล้ามเนื้อ (กก.)	48.19	9.14	48.47	8.82	-1.57	0.135
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	31.93	4.90	32.18	4.56	-1.08	0.296
ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	28.48	7.35	26.88	6.48	1.04	0.312
งานสูงสุด (กิโลปอนด์)	2.65	0.50	2.62	0.46	1.00	0.333
กำลังสูงสุด (วัตต์)	156.19	29.64	154.31	27.12	1.00	0.333

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 5 พบว่าค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณงานสูงสุดและกำลังสูงสุดของกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 6 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n=15)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$	S.D.		
น้ำหนัก (กก.)	78.50	16.61	75.96	14.85	3.21	0.006*
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	27.86	4.97	26.97	4.40	3.20	0.006*
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	79.53	9.97	71.13	7.19	5.01	0.000*
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	126.80	10.50	119.47	9.13	3.52	0.003*
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	76.80	7.37	71.87	10.32	3.40	0.004*
น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน (กก.)	53.39	8.98	54.78	8.37	-4.17	0.001*
มวลไขมัน (กก.)	24.72	10.38	21.27	9.33	5.62	0.000*
มวลกล้ามเนื้อ (กก.)	49.02	8.17	50.42	7.70	-4.63	0.000*
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	30.76	6.31	27.22	6.65	6.28	0.000*
ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	26.09	8.32	32.22	7.98	-7.23	0.000*
งานสูงสุด (กิโลปอนด์)	2.56	0.49	3.13	0.51	-12.47	0.000*
กำลังสูงสุด (วัตต์)	150.93	28.85	184.13	30.39	-12.50	0.000*

*p<0.05 แตกต่างกับก่อนการการทดลอง

จากตารางที่ 6 พบว่าหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ ค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณงานสูงสุดและกำลังสูงสุดของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 7 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง				t	p-value
	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
น้ำหนัก (กก.)	77.75	10.75	78.50	16.61	0.15	0.882
ดัชนีมวลกาย (กก./$ม^2$)	28.21	2.51	27.86	4.97	.-0.24	0.807
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	76.0	8.25	79.53	9.97	1.07	0.290
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	120.75	11.13	126.80	10.50	1.55	0.131
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	73.06	7.85	76.80	7.37	1.36	0.183
น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน (กก.)	53.06	9.28	53.39	8.98	0.09	0.922
มวลไขมัน (กก.)	24.68	4.27	24.72	10.38	0.01	0.989
มวลกล้ามเนื้อ (กก.)	48.19	9.14	49.02	8.17	0.26	0.793
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	31.93	4.90	30.76	6.31	-0.57	0.569
ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	28.48	7.35	26.09	8.32	-0.85	0.402
งานสูงสุด (กิโลปอนด์)	2.65	0.50	2.56	0.49	-0.49	0.623
กำลังสูงสุด (วัตต์)	156.19	29.64	150.93	28.85	-0.50	0.621

จากตารางที่ 7 ไม่พบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตัวแปรทางสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ น้ำหนักตัว ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณงานสูงสูงและกำลังสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองก่อนการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 8 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	หลังการทดลอง				t	p-value
	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
น้ำหนัก (กก.)	78.50	10.41	75.96	14.85	-0.55	0.584
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	28.46	2.39	26.97	4.40	-1.18	0.247
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	77.75	9.10	71.13	7.19	-2.23	0.033*
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	120	9.46	119.47	9.13	-0.15	0.874
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	73.94	11.21	71.87	10.32	0.53	0.597
น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน (กก.)	53.36	8.94	54.78	8.37	0.45	0.653
มวลไขมัน (กก.)	25.13	4.11	21.27	9.33	-1.50	0.143
มวลกล้ามเนื้อ (กก.)	48.47	8.82	50.42	7.70	0.65	0.518
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	32.18	4.56	27.22	6.65	-2.43	0.021*
ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	26.88	6.48	32.22	7.98	2.05	0.049*
งานสูงสุด (กิโลปอนด์)	2.62	0.46	3.13	0.51	2.88	0.007*
กำลังสูงสุด (วัตต์)	154.31	27.12	184.13	30.39	2.88	0.007*

*$p<0.05$ แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากตารางที่ 8 พบว่าค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณงานสูงสุดและกำลังสูงสุดของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และไม่พบความแตกต่างของ น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลไขมันและมวลกล้ามเนื้อ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังการฝึก

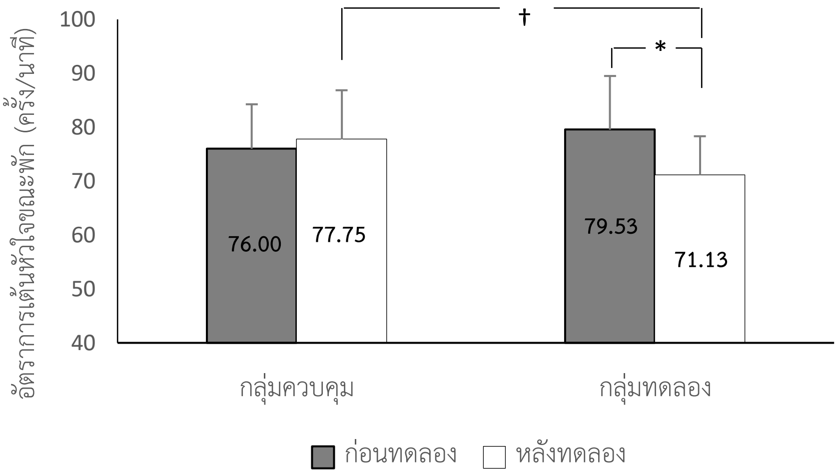
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 9 ผลสรุปการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายระหว่างก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=16)		กลุ่มทดลอง (n=15)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
น้ำหนัก (กก.)	77.7±10.75	78.5±10.41	78.5±16.61	75.9±14.85*
ดัชนีมวลกาย (กก./ม^2)	28.21±2.51	28.46±2.39	27.86±4.97	26.97±4.40*
อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก (ครั้ง/นาที)	76±8.25	77.75±9.10	79.53±9.97	71.13±7.19*†
ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (มม.ปรอท)	120.7±11.13	120±9.46	126.8±10.5	119.4±9.13*
ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (มม.ปรอท)	73.0±7.85	73.9±11.21	76.8±7.37	71.8±10.32*
น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน (กก.)	53.06±9.28	53.36±8.94	53.39±8.98	54.78±8.37*
มวลไขมัน (กก.)	24.6±4.27	25.1±4.11	24.7±10.38	21.2±9.33*
มวลกล้ามเนื้อ (กก.)	48.19±9.14	48.47±8.82	49.02±8.17	50.42±7.70*
เปอร์เซ็นต์ไขมัน (%)	31.93±4.90	32.18±4.56	30.76±6.31	27.22±6.65*†
ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด (มล./กก./นาที)	28.48±7.35	26.88±6.48	26.09±8.32	32.22±7.98*†
งานสูงสุด (กิโลปอนด์)	2.65±0.50	2.62±0.46	2.56±0.49	3.13±0.51*†
กำลังสูงสุด (วัตต์)	156±29.64	154±27.12	150±28.85	184±30.39*†

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

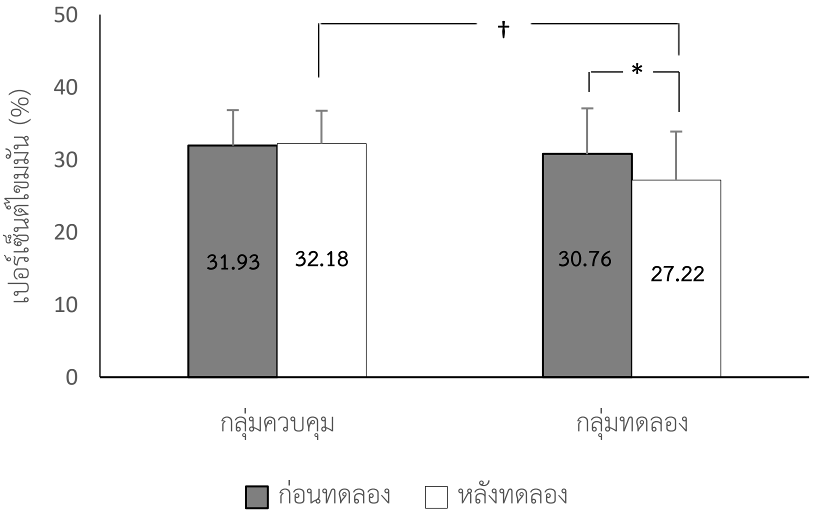
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

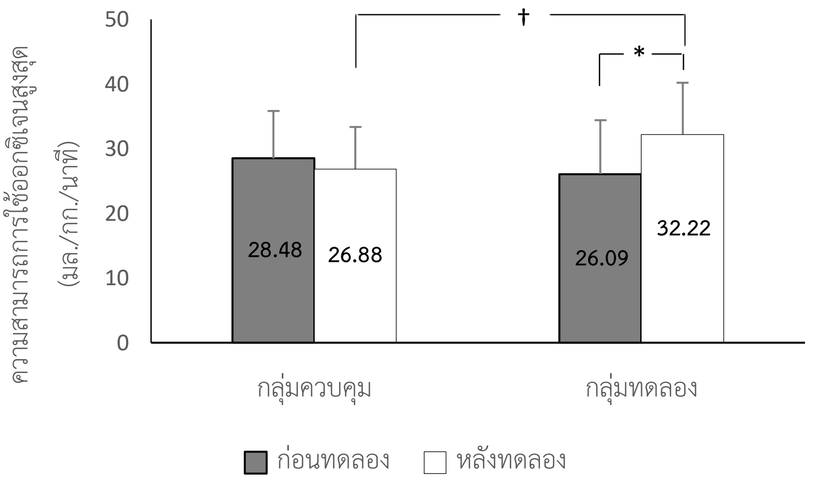
แผนภูมิที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อัตราการเต้นหัวใจขณะพัก ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

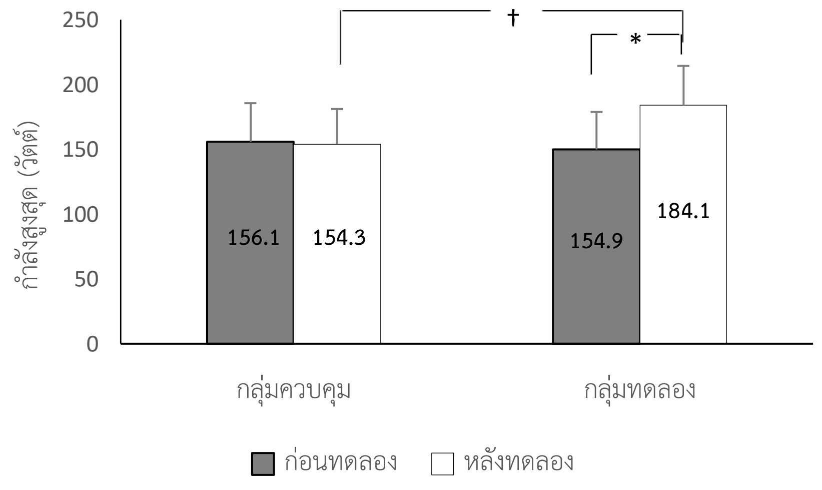
แผนภูมิที่ 2 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) เปอร์เซ็นต์ไขมัน ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 4 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) กำลังสูงสุดที่ทำได้ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรด้านสรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ตารางที่ 10 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรด้านสรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=16)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.63	1.03	3.57	0.95	1.55	0.141
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.10	0.78	3.08	0.78	1.75	0.101
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (%)	89.48	4.00	88.74	3.44	1.23	0.237
อัตราการหายใจออกสูงสุด (ลิตร/วินาที)	6.29	2.05	6.20	2.09	0.83	0.416
ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (ลิตร/นาที)	110.35	29.16	107.46	29.45	0.89	0.387
แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (ซม.น้ำ)	90.50	18.00	88.19	18.04	1.68	0.113
แรงดันการหายใจออกสูงสุด (ซม.น้ำ)	91.63	10.30	91.69	10.28	-0.10	0.919

จากตารางที่ 10 พบว่าค่าเฉลี่ยด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด ของกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 11 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรด้านสรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง (n=15)				t	p-value
	ก่อนทดลอง		หลังทดลอง			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.70	0.68	3.88	0.66	-4.029	0.001*
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.34	0.52	3.40	0.53	-1.918	0.076
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (%)	91.39	5.65	89.29	5.19	1.558	0.142
อัตราการหายใจออกสูงสุด (ลิตร/วินาที)	6.79	2.07	7.64	1.67	-2.960	0.010*
ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (ลิตร/นาที)	109.86	31.82	124.52	21.75	-3.551	0.003*
แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (ซม.น้ำ)	89.93	17.61	113.53	29.05	-4.997	0.000*
แรงดันการหายใจออกสูงสุด (ซม.น้ำ)	86.47	21.61	109.60	27.32	-5.977	0.000*

*p<0.05 แตกต่างกับก่อนการการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 11 ผลของค่าเฉลี่ยปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด ของกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในส่วนของค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ไม่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบระหว่างก่อนและหลังการทดลอง

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจก่อนการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	ก่อนการทดลอง				t	p-value
	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.63	1.03	3.70	0.68	0.22	0.821
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.10	0.78	3.34	0.52	1.01	0.318
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (%)	89.48	4.00	91.39	5.65	1.09	0.284
อัตราการหายใจออกสูงสุด (ลิตร/วินาที)	6.29	2.05	6.79	2.07	0.69	0.502
ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (ลิตร/นาที)	110.35	29.16	109.86	31.82	-0.04	0.964
แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (ซม.น้ำ)	90.50	18.00	89.93	17.61	-0.08	0.930
แรงดันการหายใจออกสูงสุด (ซม.น้ำ)	91.63	10.30	86.47	21.61	-0.83	0.411

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 12 ช่วงก่อนการทดลองค่าเฉลี่ยด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ได้แก่ ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด ของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 13 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจหลังการทดลองระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	หลังการทดลอง				t	p-value
	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง			
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.57	0.95	3.88	0.66	1.06	0.296
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.08	0.78	3.40	0.53	1.31	0.200
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (%)	88.74	3.44	89.29	5.19	0.35	0.729
อัตราการหายใจออกสูงสุด (ลิตร/วินาที)	6.20	2.09	7.64	1.67	2.11	0.043*
ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (ลิตร/นาที)	107.46	29.45	124.52	21.75	1.82	0.079
แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (ซม.น้ำ)	88.19	18.04	113.53	29.05	2.93	0.006*
แรงดันการหายใจออกสูงสุด (ซม.น้ำ)	91.69	10.28	109.60	27.32	2.38	0.028*

*p<0.05 แตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

จากตารางที่ 13 พบว่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด และแรงดันการหายใจออกสูงสุด มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

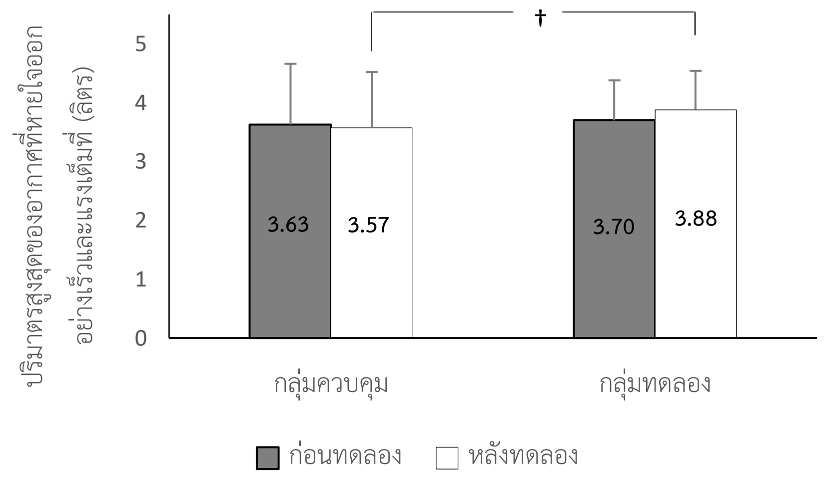
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 14 ผลสรุปการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจระหว่างก่อนและหลังการทดลองและระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

ตัวแปร	กลุ่มควบคุม (n=16)		กลุ่มทดลอง (n=15)	
	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง	ก่อนทดลอง	หลังทดลอง
ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.63±1.03	3.57±0.95	3.70±0.68	3.88±0.66*
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (ลิตร)	3.10±0.78	3.08±0.78	3.34±0.52	3.40±0.53
ปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ / ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (%)	89.48±4.00	88.74±3.44	91.39±5.65	89.29±5.19
อัตราการหายใจออกสูงสุด (ลิตร/วินาที)	6.29±2.05	6.20±2.09	6.79±2.07	7.64±1.67*†
ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (ลิตร/นาที)	110.3±29.16	107.4±29.45	109.8±31.82	124.5±21.75*
แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (ซม.น้ำ)	90.50±18.00	88.19±18.04	89.93±17.61	113.5±29.05*†
แรงดันการหายใจออกสูงสุด (ซม.น้ำ)	91.63±10.30	91.69±10.28	86.47±21.61	109.6±27.32*†

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

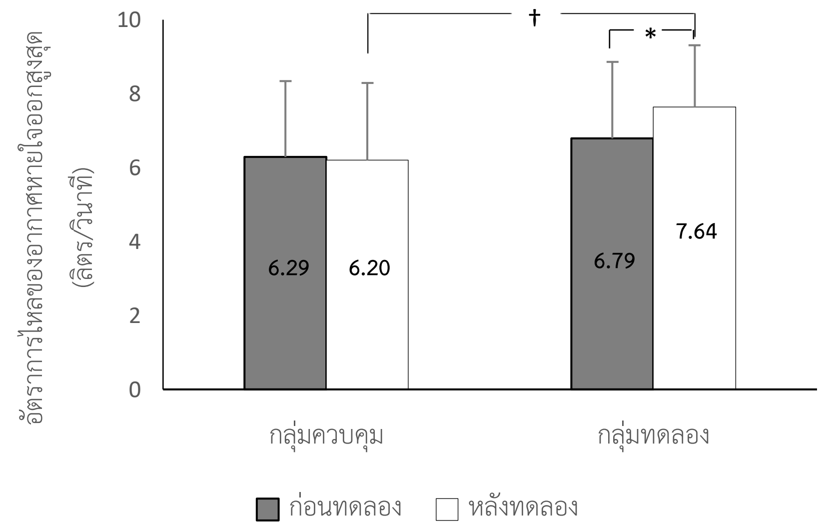
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

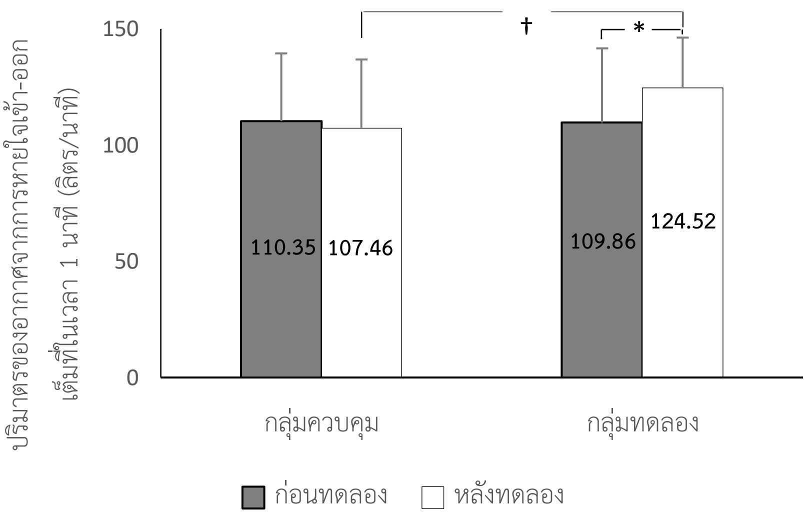
แผนภูมิที่ 5 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

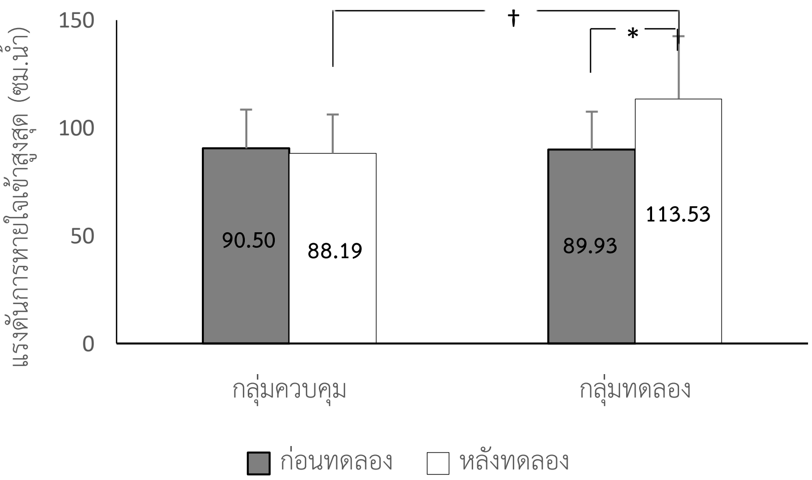
แผนภูมิที่ 6 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

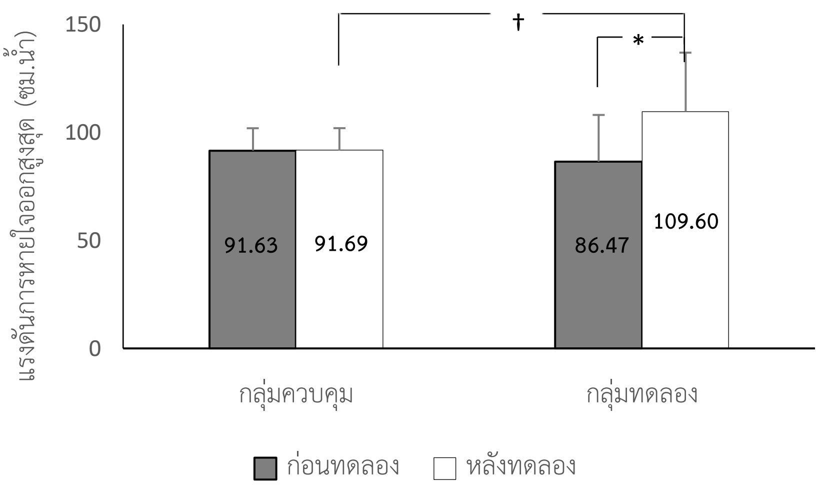
แผนภูมิที่ 7 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 8 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



* p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองภายในกลุ่ม

† p<0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

แผนภูมิที่ 9 แสดงค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) แรงดันการหายใจออกสูงสุด ก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล ข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้มีภาวะอ้วนที่มีดัชนีมวลกายอยู่ในช่วง 25-29.9 เพศหญิงและชาย อายุระหว่าง 18- 45 ปี จำนวน 31 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่มประกอบด้วยกลุ่มควบคุมจำนวน 16 คน และกลุ่มทดลองจำนวน 15 คน ให้กลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มควบคุมดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ และไม่ได้รับการออกกำลังกายใดๆ สำหรับกลุ่มทดลอง ให้กลุ่มตัวอย่างทำการฝึกหนักสลับเบา โดยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ทำการวัดตัวแปรต่างๆ ได้แก่ 1. ตัวแปรด้านสรีรวิทยาประกอบด้วย น้ำหนักตัว ส่วนสูง ดัชนีมวลกาย อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว น้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณงานสูงสูดและกำลังสูงสุด 2. ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ประกอบด้วยค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรง เต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1) ค่าอัตราส่วนปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็ว และแรงเต็มที่ต่อปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1/FVC) ค่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด (PEF) ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) และ 3. ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ประกอบด้วยค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยหาค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังการทดลองในแต่ละกลุ่มด้วยการทดสอบค่าที แบบรายคู่ (Paired t-test) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรระหว่างกลุ่มการทดลองโดยใช้การ ทดสอบค่าทีแบบอิสระ (Independent t-test) ที่ระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลการวิจัย

1. หลังการทดลอง 12 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีความเปลี่ยนแปลงด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกายโดยมีน้ำหนักตัว (Body weight) ดัชนีมวลกาย (BMI) อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก (Resting heart rate) ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว (Systolic blood pressure) ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัว (Diastolic blood pressure) มวลไขมัน (Fat mass) และเปอร์เซ็นต์ไขมัน (Percent body fat) ลดลง และมีน้ำหนักตัวที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass) มวลกล้ามเนื้อ (Muscle mass) ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO2Max) ปริมาณงานสูงสูด

(Peak workload) และกำลังสูงสุด (Peak power output) เพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตารางที่ 6 และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่ามีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก เปอร์เซ็นต์ไขมัน ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ปริมาณงานสูงสูดและกำลังสูงสุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.จากการทดลอง 12 สัปดาห์ตัวแปรด้านสรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้แก่ ค่าเฉลี่ยปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด (PEF) ค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) ของกลุ่มทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากการเปรียบเทียบผลของค่าเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองหลังการทดลอง 12 สัปดาห์ พบว่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด (PEF) ค่าแรงดันการหายใจเข้าสูงสุด (MIP) และค่าแรงดันการหายใจออกสูงสุด (MEP) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการวิจัย

1. โปรแกรมฝึกหนักสลับเบาในผู้มีภาวะอ้วน

งานวิจัยนี้ใช้โปรแกรมฝึกหนักสลับเบาด้วยการปั่นจักรยานครั้งละ 52 นาที แบ่งเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 1. ช่วงอบอุ่นร่างกาย 10 นาที 2. ช่วงออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา 32 นาที โดยการปั่นจักรยาน กำหนดช่วงความหนักระดับหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ความหนัก 85% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด ความเร็วรอบ 80 – 90 รอบต่อนาที สลับกับช่วงความหนักระดับเบาเป็นระยะเวลา 3 นาที ที่ 30% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที ทั้งหมด 8 เซต 3. ช่วงผ่อนคลาย 10 นาที โดยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ที่ผ่านมามีการศึกษาเกี่ยวกับการออกกำลังกายด้วยโปรแกรมหนักสลับเบาในผู้มีภาวะอ้วนอย่างแพร่หลาย โดยมุ่งเน้นไปที่การแก้ปัญหาเกี่ยวกับองค์ประกอบของร่างกายที่มีการสะสมของไขมันในปริมาณมากและส่งผลกระทบต่อการเกิดโรคไม่ติดต่อเรื้อรังซึ่งเป็นสาเหตุของการเสียชีวิต (Türk et al., 2017) นอกจากนั้นการศึกษาก่อนยังหน้าพบว่าโปรแกรมฝึกหนักสลับเบาช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพของระยะเวลาที่ใช้ในการฝึกที่น้อยกว่าโปรแกรมแบบแอโรบิก (Su et al., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Keating และคณะ (Keating et al., 2014) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาเปรียบเทียบกับการฝึกแบบแอโรบิกที่มีต่อมวลไขมันในผู้มีภาวะอ้วน โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกปั่นจักรยานเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ด้วยโปรแกรมหนักสลับเบาโดยช่วงหนักเป็นระยะเวลา 30-45 วินาที ที่120%ของความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด และช่วงเบาระยะเวลา 120-180 วินาที ที่ความหนัก 30 วัตต์ เป็นจำนวน 6 เซต ในช่วง 4 สัปดาห์แรกและในช่วงสัปดาห์ที่ 5-12 ได้ทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของการฝึกเป็น 60 : 120 วินาที โดยความหนักทั้งช่วงหนักและช่วงเบาคงเดิม โดยทำการอบอุ่นร่างกายและผ่อนคลาย 3 นาที รวมทั้งสิ้น 20 – 24 นาทีต่อครั้ง และ 60 – 72 นาทีต่อสัปดาห์ และโปรแกรมฝึกแอโรบิกด้วย

การปั่นจักรยานอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 นาที ที่ความหนัก 50% ของความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในสัปดาห์แรก หลังจากนั้นเพิ่มระยะเวลาเป็น 45 นาทีที่ความหนัก 65% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ในสัปดาห์ที่ 5 – 12 การฝึกแต่ละโปรแกรมปฏิบัติ 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายได้ และยังสอดคล้องกับ Sawyer และคณะ (Sawyer et al., 2016) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาเปรียบเทียบกับการฝึกแบบแอโรบิกที่มีต่อการทำงานของหลอดเลือดและความเสี่ยงในการเกิดโรคคาร์ดิโอเมตาบอลิก (Cardiometabolic) ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกโปรแกรมหนักสลับเบาด้วยการปั่นจักรยานโดยช่วงความหนักระดับหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ช่วงความหนัก 90-95% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และช่วงความหนักระดับเบาระยะเวลา 1 นาที ที่ความหนัก 25-50 วัตต์ เป็นจำนวน 10 เซตสัปดาห์ และฝึกโปรแกรมแอโรบิกด้วยการปั่นจักรยานอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 30 นาที ที่ความหนัก 70-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด โดยทั้งสองโปรแกรมทำการอบอุ่นร่างกายและผ่อนคลายเป็นเวลา 5 นาที ที่ความหนัก 70-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ผลการทดลองพบว่าการฝึกทั้งสองรูปแบบทำให้การขยายตัวของหลอดเลือดแดงเพิ่มขึ้น และความสามารถในการใช้ออกซิเจนมากขึ้น แต่การฝึกแบบหนักสลับเบาใช้เวลาการฝึกน้อยกว่าการฝึกแบบแอโรบิก 25 เปอร์เซ็นต์ และสอดคล้องกับ Sijie และคณะ (Sijie et al., 2012) ซึ่งได้ทำการศึกษาการฝึกหนักสลับเบาในหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน เพื่อที่จะประเมินผลที่มีต่อองค์ประกอบร่างกาย หน้าที่การทำงานของหัวใจและความสามารถในการใช้ออกซิเจน ในวัยรุ่นหญิงที่มีน้ำหนักเกิน กลุ่มตัวอย่างทำการฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา (HIIT) ในช่วงหนักเป็นเวลา 3 นาที ที่ 85% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และช่วงเบาเป็นเวลา 3 นาที ที่ 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ขณะที่กลุ่มฝึกแอโรบิกทำการฝึกต่อเนื่อง 40 นาที ที่ความหนัก 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทำการฝึก 5 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองกลุ่มที่ทำการออกกำลังกาย (HIIT และ MICT) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหัวใจห้องล่างซ้าย อัตราการเต้นหัวใจขณะพักและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อย่างไรก็ตามกลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบามีการเปลี่ยนแปลงที่ดีกว่ากลุ่มฝึกแบบแอโรบิกด้วยความหนักปานกลางและกลุ่มควบคุมไม่พบการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นแล้วโปรแกรมการฝึกหนักสลับเบาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันและสมรรถภาพทางกายอื่นๆ ในหญิงทีมีน้ำหนักเกินได้ สอดคล้องกับ Thomas และคณะ (Thomas, Adeniran, & Etheridge, 1984) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาเปรียบเทียบกับการฝึกแบบแอโรบิกที่มีต่อความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด เปอร์เซ็นต์ไขมัน และไขมันในเลือด โดยผู้เข้าร่วมวิจัยทำการฝึกหนักสลับเบา โดยช่วงหนักเป็นเวลา 1 นาที ที่ 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และช่วงเบาเป็นเวลา 3 นาที ทั้งหมด 8 เซต และการฝึกแบบแอโรบิกด้วยระยะทาง 4 ไมล์ที่ความหนัก 75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ทั้งสองโปรแกรมทำการฝึก 3 วันต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าทั้งสองโปรแกรมช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมัน ไขมันในเลือด และพบว่ากลุ่มที่ทำการฝึกหนักสลับเบามีอัตราการใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มฝึกแบบแอโรบิก และที่ผ่านมา Dunham และ Harms (Dunham & Harms, 2012) ได้ทำการฝึกหนักสลับเบากับสมรรถภาพปอดด้วยการปั่นจักรยานในอัตราส่วน 1 : 3 โดยช่วง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ความหนัก 90%ของกำลังสูงสุด (PPO) และช่วงเบาเป็นระยะเวลา 3 นาที ที่ความหนัก 20 วัตต์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยพบว่าทำให้น้ำหนักตัว ดัชนีมวลกาย และรอบเอวลดลงได้ และยังพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่พบความเปลี่ยนแปลงของสมรรถภาพปอด ผู้วิจัยจึงทำการสร้างโปรแกรมการฝึกออกกำลังกายแบบหนักสลับเบา และเพื่อให้เหมาะสมกับคนอ้วน จึงเลือกใช้วิธีการปั่นจักรยานซึ่งเป็นการออกกำลังกายที่ไม่ลงน้ำหนักที่ขา (Non-weight-bearing) ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อข้อเข่าของผู้ที่มีภาวะอ้วนเนื่องจากมีน้ำหนักตัวมาก โดยทำการอบอุ่นร่างกายด้วยการปั่นเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นปั่นช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ความหนัก 85% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด ความเร็วรอบ 80 – 90 รอบต่อนาที สลับกับช่วงความหนักระดับเบาเป็นระยะเวลา 3 นาที ที่ 30% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด ความเร็วรอบ 60 รอบต่อนาที ทั้งหมด 8 เซต โดยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ตามคำแนะนำการออกกำลังกายของ American College of Sports Medicine (ACSM, 2018) แนะนำให้สะสมเวลาการออกกำลังกายให้ครบ 150 นาทีต่อสัปดาห์สำหรับการออกกำลังกายที่ความหนักปานกลาง หรือ 75 นาทีต่อสัปดาห์สำหรับการออกกำลังที่ความหนักระดับมาก และทำการฝึกเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ และผ่านการตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งได้มีความเห็นว่าโปรแกรมมีความเหมาะสมกับผู้มีภาวะอ้วนและสามารถปฏิบัติได้อย่างปลอดภัย ซึ่งจากผลการทดลองได้แสดงให้เห็นว่าโปรแกรมฝึกหนักสลับเบาในงานวิจัยนี้ช่วยพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้

2. ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย

จากผลการวิจัยพบว่า หลังการฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมีองค์ประกอบของร่างกายเปลี่ยนแปลงโดยมีน้ำหนักตัว (Body weight) ดัชนีมวลกาย (BMI) มวลไขมัน (Fat mass) และเปอร์เซ็นต์ไขมัน (Percent body fat) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยดังกล่าวนั้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ Panissa และคณะ (Panissa et al., 2016) ที่ได้ศึกษาผลระยะสั้นของการฝึกหนักสลับเบาในผู้มีน้ำหนักเกิน จำนวน 23 คนแบ่งเป็น 2 กลุ่ม เพื่อทำการฝึกหนักสลับเบาโดยช่วงหนักเป็นระยะเวลา 1 นาที ที่ 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ช่วงเบา 30 วินาทีที่ 60% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด และฝึกแบบแอโรบิกที่ความหนัก 70% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าผู้เข้าร่วมวิจัยทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น มีมวลไขมัน เปอร์เซ็นต์ไขมันและผลรวมของไขมันใต้ผิวหนังลดลง นอกจากนั้น Mader และคณะ (Mäder et al., 2001) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบแอโรบิกกับการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อไขมันใต้ผิวหนังและสารชีวเคมีในเลือดในผู้มีน้ำหนักเกิน กลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน แบ่งเป็นสองกลุ่มเพื่อทำการฝึกแบบหนักสลับเบาและฝึกแบบแอโรบิก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่าการฝึกทั้งสองรูปแบบช่วยลดไขมันใต้ผิวหนังและไขมันในเลือดได้ และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Sijie และคณะ (Sijie et al., 2012) ซึ่งได้ทำการศึกษาการฝึกหนักสลับเบาในหญิงที่มีภาวะน้ำหนักเกิน เพื่อที่จะประเมินผลที่มีต่อองค์ประกอบ

ร่างกาย หน้าที่การทำงานของหัวใจ (Cardiac function) และความสามารถในการใช้ออกซิเจน ในวัยรุ่นหญิงที่มีน้ำหนักเกิน กลุ่มตัวอย่างเป็นวันรุ่นจำนวน 60 คน อายุ 19 – 20 ปี แบ่งเป็น 3 กลุ่ม เพื่อฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา (High intensity interval training; HIIT) ,กลุ่มโปรแกรมฝึกแอโรบิกด้วยความหนักปานกลาง (Moderate Intensity continuous training; MICT) และกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา (HIIT) และกลุ่มฝึกแอโรบิกด้วยความหนักปานกลาง (MICT) ทำการฝึก 5 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สำหรับโปรแกรมหนักสลับเบา ในช่วงหนักจะอยู่ที่ 85% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด และช่วงเบา 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ขณะที่กลุ่มฝึกแอโรบิกด้วยความหนักปานกลางทำการเดินหรือวิ่งเหยาะที่ความหนัก 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ผลการวิจัยพบว่าทั้งสองกลุ่มที่ทำการออกกำลังกาย (HIIT และ MICT) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญสำหรับองค์ประกอบของร่างกาย การทำงานของหัวใจห้องล่างซ้าย อัตราการเต้นหัวใจขณะพักและความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อย่างไรก็ตามกลุ่มฝึกโปรแกรมหนักสลับเบามีการเปลี่ยนแปลงที่ดีกว่ากลุ่มฝึกแบบแอโรบิกด้วยความหนักปานกลางและกลุ่มควบคุมไม่พบการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นแล้วโปรแกรมการฝึกหนักสลับเบาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการช่วยลดเปอร์เซ็นต์ไขมันและสมรรถภาพทางกายอื่นๆ ในหญิงทีมีน้ำหนักเกินได้ และสอดคล้องกับ Trapp และคณะ (Trapp et al., 2008) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อการลดลงของไขมันและระดับอินซูลินของวัยรุ่นหญิง ผู้เข้าร่วมวิจัย 45 คนถูกแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ทำการฝึกหนักสลับเบา ฝึกแบบแอโรบิก ซึ่งทั้งสองกลุ่ม ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึก ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกหนักสลับเบาและฝึกแบบแอโรบิกมีการพัฒนาระบบหัวใจและไหลเวียนเลือด โดยมีเพียงกลุ่มที่ทำการฝึกหนักสลับเบามีน้ำหนักตัว มวลไขมัน ไขมันบริเวณลำตัวและระดับอินซูลินในเลือดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการฝึกหนักสลับเบา 3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 15 สัปดาห์ ช่วยลดมวลไขมันและระดับอินซูลินในเลือดได้ และจากการศึกษาการปั่นจักรยานที่ความหนักของงานสูงสุด (Peak Workload) เป็นระยะเวลา 60 วินาที สลับกับช่วงพักด้วยความหนัก 30 วัตต์ เป็นระยะเวลา 75 วินาที จำนวน 8-12 เซต 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า การออกกำลังกายช่วงที่ความหนักสูง จะช่วยเพิ่มปฏิกิริยาของไมโตคอนเดรีย (Mitochondria biogenesis) ในกล้ามเนื้อลาย และพัฒนาสมรรถภาพการเผาผลาญพลังงานได้ (Little et al., 2011) ซึ่งการเพิ่มขึ้นของระบบเผาผลาญพลังงาน (Energy Expenditure) ภายในร่างกายนี้ ทำให้ผู้ที่ออกกำลังกายที่มีความหนักมาก ใช้พลังงานขณะพักเพิ่มสูงขึ้นด้วย และเนื่องด้วยกลไกการเผาผลาญไขมัน ใช้พลังงานในการเผาผลาญ ระยะเวลาการเผาผลาญ และต้องการออกซิเจนมากกว่าคาร์โบไฮเดรต จึงทำให้การใช้พลังงานหลังการออกกำลังกายนานยิ่งขึ้น (Wilmore & Costill, 2004) และมีงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษา การปั่นจักรยานที่ความหนัก 90% ของความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็น

ระยะเวลา 4 นาที สลับกับช่วงพัก 2 นาที จำนวน 10 เซต ทำการฝึก 7 วันภายใน 2 สัปดาห์ พบว่าสามารถเพิ่มไมโตรคอนเดรียในกล้ามเนื้อลาย ซึ่งทำให้อัตราการเผาผลาญเพิ่มสูงขึ้น (Talanian et al., 2007) ด้วยการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยานี้จึงทำให้ การใช้พลังงานในการออกกำลังกาย รวมถึงการใช้พลังงานในขณะพักเพิ่มมากขึ้นด้วย และทำให้น้ำหนักตัว มวลไขมันในร่างกาย เปอร์เซ็นต์ไขมันและดัชนีมวลกายลดลงได้

จากผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ยังพบว่า มีการเพิ่มขึ้นของมวลร่างกายที่ปราศจากไขมัน (Lean body mass) ซึ่งมาจากการเพิ่มขึ้นของมวลกล้ามเนื้อ และยังพบว่างานสูงสุด (Peak workload) กำลังสูงสุดที่ทำได้ (Peak power output) เพิ่มสูงขึ้น โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Herbert และคณะ (Herbert et al., 2017) ได้ศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อกำลังของกล้ามเนื้อ ด้วยการปั่นจักรยาน 30 วินาที ด้วยความหนัก 40% ของกำลังสูงสุด (Peak power output) สลับกับช่วงพัก 3 นาที จำนวน 6 เซต เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่ากำลังสูงสุดเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และยังสอดคล้องกับ Petersen และคณะ (Petersen, Hastings, & Gottschall, 2016) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการปั่นจักรยานหนักสลับเบาที่ช่วยพัฒนาสมรรถภาพทางกายในวัยผู้ใหญ่ โดยผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นจักรยานโปรแกรมหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 30 นาทีเป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อขาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Blue และคณะ (Blue et al., 2018) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อขนาดของกล้ามเนื้อในผู้ใหญ่ที่มีน้ำหนักเกินและผู้มีภาวะอ้วน โดยผู้เข้าร่วมวิจัย 44 คน แบ่งเป็นสามกลุ่ม กลุ่มแรกทำการฝึกช่วงหนัก 1 นาที พัก 1 นาที จำนวน 10 เซต กลุ่มที่สองฝึกช่วงหนัก 2 นาที ช่วงพัก 1 นาที จำนวน 5 เซต ที่ความหนัก 85-100% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์และกลุ่มควบคุมดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ ผลการทดลองพบว่าขนาดของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการศึกษาที่ผ่านมาของ Boudou และคณะ (Boudou et al., 2003) ที่ได้ศึกษาการออกกำลังกายโดยการปั่นจักรยานในผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 ด้วยการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่ความหนัก 75% ของ ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด จำนวน 2 ครั้งต่อสัปดาห์ ร่วมกับการฝึกหนักสลับเบาโดยช่วงหนัก 2 นาที ที่ความหนัก 85% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด สลับกับช่วงเบา 3 นาที ที่ความหนัก 50% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด 1 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมกันทั้งหมด 8 สัปดาห์ พบว่าขนาดของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากผลการศึกษาของงานวิจัยนี้และที่ผ่านมาพบว่าการปั่นจักรยานแบบหนักสลับเบาทำให้มวลกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น ซึ่งมาจากการปั่นโดยการให้น้ำหนักที่มาก มีลักษณะคล้ายกับการฝึกด้วยแรงต้าน ส่งผลให้ระบบประสาทมีการเพิ่มจำนวนในการกระตุ้นกล้ามเนื้อมากขึ้น (Motor unit recruitment) จนเกิดการเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทที่สั่งการกล้ามเนื้อให้รับแรงมากขึ้นได้ (Karabulut et al., 2009) ร่วมกับการเปลี่ยนแปลงของเส้นใย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กล้ามเนื้อ โดยเกิดจากการสังเคราะห์เส้นใยโปรตีนของกล้ามเนื้อหลังการออกกำลังกาย ทำให้มีมวลกล้ามเนื้อและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อเพิ่มมากขึ้น (Di Donato et al., 2014)

นอกจากนั้นผลการวิจัยยังพบว่าการฝึกหนักสลับเบายังทำให้อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิตขณะหัวใจบีบตัว ความดันโลหิตขณะหัวใจคลายตัวลดลง และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Alansare และคณะ (Alansare et al., 2018) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาเปรียบเทียบกับการฝึกแบบแอโรบิกที่ความหนักปานกลางที่มีต่ออัตราการเต้นหัวใจในผู้มีภาวะเนือยนิ่ง กลุ่มตัวอย่างจำนวน 13 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกทำการฝึกหนักสลับเบาด้วยการปั่นจักรยาน 10 ต่อ 50 วินาทีที่ความหนัก 90% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ขณะที่กลุ่มที่สองทำการฝึกแบบแอโรบิก 40 นาทีที่ความหนัก 60-75% ของอัตราการเต้นหัวใจสูงสุด ผลการทดลองพบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับการศึกษาของ Grace และคณะ (Grace et al., 2018) ซึ่งได้ศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาต่อความดันโลหิต การเผาผลาญพลังงานและอัตราการเต้นหัวใจขณะพักในผู้สูงอายุ โดยทำการฝึกหนักสลับเบาเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่าอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และความดันโลหิตขณะพักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับ Astorino และคณะ (Astorino et al., 2017) ที่ได้ศึกษาผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac Output) และความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด โดยกลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ทำการฝึกหนักสลับเบาและกลุ่มที่ดำเนินชีวิตประจำวันตามปกติ ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ทำการฝึกหนักสลับเบามีปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในแต่ละครั้ง (Stroke Volume) และความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากการศึกษาการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมาก 170% ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ด้วยการปั่นจักรยานด้วยความเร็ว 90 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 วินาที สลับกับช่วงพัก 10 วินาที จำนวน 8 เซต ร่วมกับการปั่นจักรยานที่ความหนัก 50% ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 10 นาที ช่วยพัฒนาหน้าที่การทำงานของหลอดเลือด ซึ่ง Cheunsiri และคณะ (Chuensiri, Suksom, & Tanaka, 2018) ได้กล่าวว่าการออกกำลังกายแบบสลับช่วงที่ความหนักสูงมากน่าจะเป็นการออกกำลังกายที่ทำให้มีอัตราการไหลเวียนสูง ซึ่งเกิดจากแรงเค้นหรือแรงที่เลือดกระทำกับผนังหลอดเลือดชั้นใน (Shear stress) ที่เพิ่มสูงขึ้นจากการไหลของเลือด (Suksom et al., 2015) ซึ่งกลไกนี้ทำให้เซลล์เยื่อบุผนังหลอดเลือดหลั่งไนตริกออกไซด์เพิ่มมากขึ้น ทำให้การขยายตัวของหลอดเลือดดีมากยิ่งขึ้น โดยการลดลงของความดันเลือดในขณะพักนั้นน่าจะมาจากการเกิดความยืดหยุ่นของหลอดเลือดที่เพิ่มขึ้น และกลไกที่ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลงนั้น มาจากการทำงานของเอสเอโนด (SA node) ซึ่งเป็นตัวกำหนดอัตราการเต้นของหัวใจมีความไวต่อแคติโคลามีนลดลง และการทำงานของระบบ

ประสาทซิมพาเทติกวากัส (Vagal Activity) ที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเต้นหัวใจขณะพักลดลง ในส่วนการเพิ่มสูงขึ้นของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดนั้น อาจมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac Output) และความแตกต่างของปริมาณออกซิเจนในหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำ (a-v O_2difference) ขณะออกกำลังกายที่ความหนักสูงสุด (Astorino et al., 2017) และมีรายงานการวิจัยระบุว่าการเพิ่มของความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุดอาจมาจากการเพิ่มจำนวนของหลอดเลือดฝอยของกล้ามเนื้อและเอนไซม์ที่ใช้สันดาบจากออกซิเจนสูงขึ้น (Murias, Kowalchuk, & Paterson, 2010) อีกทั้งยังมีรายงานการวิจัยกล่าวว่าการเพิ่มขึ้นของปฏิกิริยาไมโตคอนเดรีย (Mitochondria Biogenesis) ในกล้ามเนื้อลายส่งผลให้อัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเพิ่มมากขึ้น จากการเพิ่มขึ้นของ PGC-1α ซึ่งช่วยควบคุมการเพิ่มจำนวนของไมโตคอนเดรียในกล้ามเนื้อลาย รวมถึงการเพิ่มอัตราการสร้างพลังงานของไมโตคอนเดรียซึ่งต้องการออกซิเจนที่มากขึ้นในการสร้างพลังงาน (Bishop et al., 2018)

3. ผลของการฝึกหนักสลับเบาที่มีต่อตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

หลังการฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ พบว่ากลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ อัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที แรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและแรงดันการหายใจออกสูงสุด เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยสอดคล้องกับ Dunham และ Harms (Dunham & Harms, 2012) ได้ทำการศึกษาผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อสมรรถภาพปอด โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นผู้มีสุขภาพดี 15 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้รับการฝึกความทนทาน (Endurance training; ET) จำนวน 7 คน และกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบา (High intensity interval training; HIIT) จำนวน 8 คน โดยกลุ่มหนักสลับเบาทำการฝึกด้วยจักรยานที่ความหนัก 90% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด เป็นเวลา 1 นาที สลับกับช่วงเบาเป็นเวลา 3 นาที ทั้งหมด 5 เซต ขณะที่กลุ่มโปรแกรมความทนทานทำการฝึกที่ความหนัก 60 – 70% ของความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 45 นาทีอย่างต่อเนื่อง ทั้งสองกลุ่มทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดและค่าแรงดันในการหายใจเข้าเพิ่มขึ้น โดยกลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบหนักสลับเบามีค่าแรงดันการหายใจเข้ามากกว่ากลุ่มที่ได้รับการฝึกแบบทนทานอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากข้อมูลข้างต้นสรุปได้ว่าโปรแกรมฝึกแบบหนักสลับเบาเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ และยังสอดคล้องกับ Ahmad และคณะ (Azad et al., 2011) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของการออกกำลังกายแอโรบิกที่มีต่อสมรรถภาพปอดในนักเรียนที่มีน้ำหนักเกินและอ้วน จากกลุ่มตัวอย่าง 30 คนที่มีภาวะอ้วนหรือน้ำหนักเกิน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มทดลองได้รับการฝึกด้วยการวิ่งบนลู่วิ่ง 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 24 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุมดำเนินกิจวัตรประจำวันตามปกติ จากการทดลองพบว่าสมรรถภาพปอดเพิ่มมากขึ้นอย่างมี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นัยสำคัญในกลุ่มทดลองจากการเปรียบเทียบก่อนและหลังการฝึก และการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพปอด ยังสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) ผลการศึกษาสรุปได้ว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกสามารถเพิ่มสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในกลุ่มวัยรุ่นที่มีน้ำหนักเกินและอ้วนได้ อีกทั้งยังสอดคล้องกับ Khalili และ Elkins (Khalili & 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 ผลจากการทดลองพบว่าค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced expiratory volume in one second; FEV1) เพิ่มขึ้น 160 มิลลิลิตร และค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (Forced vital capacity; FVC) เพิ่มขึ้น 330 มิลลิตรในกลุ่มทดลองซึ่งมากกว่าในกลุ่มควบคุม จึงสรุปได้ว่าการฝึกในรูปแบบแอโรบิกเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ช่วยเพิ่มสมรรถภาพปอดในเด็กที่มีความบกพร่องทางสติปัญญาอย่างมีนัยสำคัญ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tarigan และคณะ (Tarigan et al., 2018) ที่ทำการศึกษาผลของการฝึกความทนทานของขาที่มีต่อภาวะการหายใจลำบากและสมรรถภาพปอดในผู้ป่วยปอดอุดกั้นเรื้อรัง ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการฝึกปั่นจักรยาน 2 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 1 เดือน โดยแต่ละครั้งของการฝึกเริ่มต้นที่ 5 นาทีไปจนถึง 20 นาที ผลของการฝึกพบว่าค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.01$, < 0.005)

ในส่วนของกลไกการเพิ่มขึ้นของค่าแรงดันการหายใจอาจมาจากการออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาที่มีการกระตุ้นให้มีอัตราการหายใจและแรงดันอากาศเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับการฝึกกล้ามเนื้อหายใจ (Respiratory muscle training) (Dunham & Harms, 2012) โดยมีการศึกษาพบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจจะเพิ่มมากขึ้นก็ต่อเมื่อความดันของการหายใจ เพิ่มขึ้น (Enright et al., 2006) โดยการศึกษาดังกล่าวมีการกระตุ้นกล้ามเนื้อการหายใจให้มีการทำงานหนักขึ้นคล้ายกับการฝึกหนักสลับเบา ซึ่งจากผลการวิจัยนี้ที่พบว่าความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มมากขึ้นอาจจะเกิดจากกลไกนี้ ทั้งนี้ยังมีการศึกษาพบว่าการออกกำลังกายแบบแอโรบิกอย่างต่อเนื่องทำให้ขนาดของกล้ามเนื้อหายใจมีความแข็งแรงมากขึ้น (Khalili & Elkins, 2009) และงานวิจัยของ (Khosravi, Tayebi, & Safari, 2013) ได้ระบุว่าการออกกำลังกายที่มีการหายใจเข้าออกลึกและถี่อย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้อหายใจเข้าและกล้ามเนื้อหายใจออกซ้ำๆ จนทำให้ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจเพิ่มมากขึ้น และเพิ่มแรงดันของการหายใจ จึงทำให้ค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) ค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1) และค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) เพิ่มขึ้นได้ การวิจัยก่อนหน้าของ Dunham และ Harms (Dunham & Harms, 2012) ได้ศึกษาผลของอัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(Peak expiratory flow rate) จากการฝึกหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าไม่มีความเปลี่ยนแปลงเมื่อเมื่อเทียบก่อนและหลังการฝึก ซึ่งผลที่ได้อาจมาจากระยะเวลาของการฝึก ที่ยังไม่ยาวนานเพียงพอที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลของอากาศหายใจออก (Expiratory flow rate) แต่ในงานวิจัยนี้พบว่าอัตราการไหลของอากาศหายใจออกสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งมีรายงานการวิจัยก่อนหน้าระบุว่าการที่หลอดลมมีการถูกกระตุ้นให้ยืดขยายอาจจะทำให้แรงต้านของทางเดินหายใจ (Airway resistance) ลดลง ซึ่งจะช่วยเพิ่มอัตราการไหลออกของอากาศได้ (Scichilone et al., 2005)

โดยงานวิจัยนี้ใช้การออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาด้วยการปั่นจักรยาน ซึ่งใช้กล้ามเนื้อขาและสะโพกเป็นหลัก ส่งผลทำให้กล้ามเนื้อสันดาบพลังงานจากกระบวนไกลโคไลซิส (Glycolysis) และได้ผลผลิตเป็นกรดแลคติก (Lactic Acid) ในกล้ามเนื้อ จากนั้นจึงแตกพันธะเป็นแลคเตดและไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในกระแสเลือดและทำให้เลือดมีความเป็นกรดมากขึ้น (Hopkins & Sharma, 2018) รวมถึงการมีคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดเพิ่มขึ้น ร่างกายจึงตอบสนองโดยการกระตุ้นตัวรับทางเคมีส่วนปลาย (Peripheral Chemoreceptors) จากเอออร์ติกบอดี้ (Aortic body) และคารีโรทิด (Carotid body) ทำให้เลือดเดินทางไปเลี้ยงกล้ามเนื้อส่วนที่ใช้งานมาก เพื่อกำจัดกรดและคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยการสร้างพันธะกับโปรตีนฮีโมโกลบีน (Hemoglobin) ในเม็ดเลือดแดงและสร้างพันธะกับไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ในเลือด (Rajkumar & Pluznick, 2018) ทั้งนี้การตอบสนองมีการกระตุ้นตัวรับทางเคมีส่วนกลางที่ควบคุมการหายใจร่วมด้วยคือ Medulla oblongata ที่ช่วยเพิ่มอัตราการหายใจเพื่อขับคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย ขณะที่การแลกเปลี่ยนก๊าซนั้นต้องอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจในการลดแรงดันของปอดเพื่อให้อากาศไหลเข้าสู่ปอด ซึ่งการทำงานของกล้ามเนื้อหายใจที่หนักขึ้นทำให้เลือดมาเลี้ยงที่กล้ามเนื้อหายใจมากขึ้น (Hawley et al., 2018) และผลของการกระตุ้นให้มีการทำงานหนักของกล้ามเนื้อหายใจ พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงโดยมีความสามารถในการใช้ออกซิเจนและความแข็งแรงมากขึ้นเหมือนกับกล้ามเนื้อลายส่วนอื่นๆในร่างกาย (Dassios et al., 2013; Lewis & O'Halloran, 2016)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขณะที่การวิจัยก่อนหน้าระบุว่าผลขององค์ประกอบร่างกายมีความสัมพันธ์กับสมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ จากรายงานการวิจัยของ Junior และคณะ (Junior et al., 2016) ได้ระบุว่าองค์ประกอบของร่างกายมีผลต่อสมรรถภาพปอดอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1) ซึ่งพบว่าการมีภาวะอ้วนทำให้ค่าดังกล่าวลดน้อยลง และยังสอดคล้องกับ Chen และคณะ (Chen et al., 2019) ที่ได้กล่าวว่าการมีเปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายมากขึ้นมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับสมรรถภาพปอด ทั้งนี้การฝึกโปรแกรมหนักสลับเบาในงานวิจัยนี้ ด้วยการปั่นจักรยาน 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ สามารถพัฒนาองค์ประกอบของร่างกายและทำให้สมรรถภาพปอดดีขึ้นสอดคล้องกับ Azad และคณะ (Azad et al., 2011) ที่ได้กล่าวว่าการเพิ่มขึ้นของสมรรถภาพปอดมาจากการที่มีกิจกรรมทางกายเพิ่มขึ้น และยังพบว่าการเพิ่มขึ้นของค่าปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที (MVV) มีความสัมพันธ์ในทางเดียวกันกับค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FVC) และค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกใน

วินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ (FEV1) ทั้งนี้ยังมีรายงานการวิจัยของ Banerjee และคณะ (Banerjee et al., 2014) ที่ได้กล่าวว่าดัชนีมวลกายที่เพิ่มขึ้นนั้นแปรผกผันกับสมรรถภาพปอดที่ลดลง และยังสอดคล้องกับ Park และคณะ (Park et al., 2012) ที่ได้กล่าวว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันและมวลไขมันที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับสมรรถภาพปอด นอกจากนั้น Oliveira และคณะ (de Oliveira et al., 2016) ยังได้กล่าวว่ามวลร่างกายปราศจากไขมันที่เพิ่มขึ้นแปรผันตรงกับสมรรถภาพปอดที่เพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยนี้

สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปได้ว่าการฝึกหนักสลับเบาโดยการปั่นจักรยานด้วยความหนักระดับหนักที่ 85% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด เป็นเวลา 1 นาที สลับกับช่วงความหนักระดับเบาที่ 30% ของกำลังที่ทำได้สูงสุด เป็นเวลา 3 นาที 8 เซต โดยทำการฝึก 3 ครั้งต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ ส่งผลดีต่อองค์ประกอบของร่างกาย ตัวแปรทางสรีรวิทยา สมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วนได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

การฝึกหนักสลับเบาเป็นระยะเวลา 12 สัปดาห์ช่วยพัฒนาองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจได้ ดังนั้น จึงสามารถนำโปรแกรมไปประยุกต์ใช้กับประชากรกลุ่มอื่นๆได้

ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในตัวแปรอื่นๆ เช่นสารชีวเคมีในเลือด หรือการขยายตัวของหลอดเลือดที่พัฒนาจากการฝึกหนักสลับเบา และควรมีการเพิ่มความหนักของโปรแกรมตลอดระยะเวลาการฝึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อจำกัดในการวิจัย

1. ผู้วิจัยไม่ได้ปรับความหนักของการปั่นตามกำลังสูงสุดของผู้เข้าร่วมวิจัยที่เปลี่ยนไป และใช้กำลังสูงสุดจากการทดสอบก่อนการทดลอง

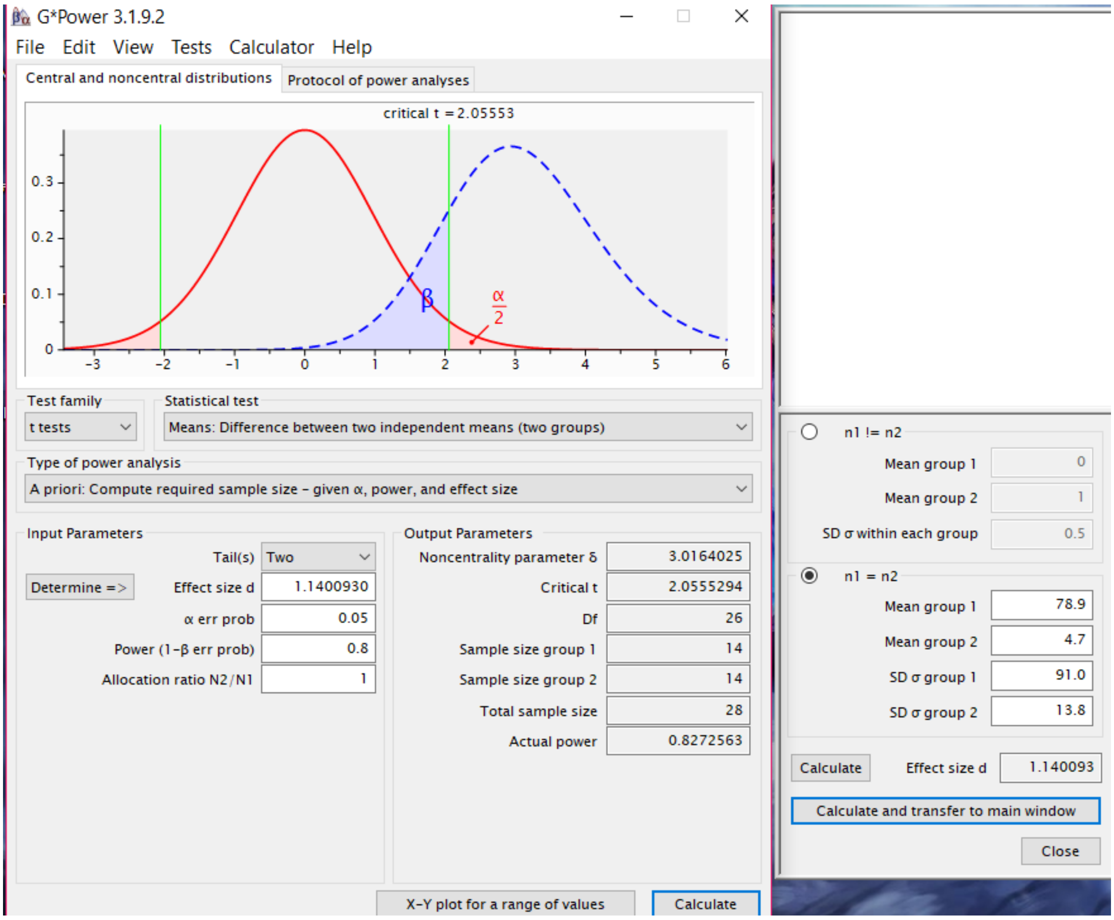
2. ในงานวิจัยนี้ไม่มีการควบคุมกิจกรรมทางกายและการรับประทานอาหารของผู้เข้าร่วมวิจัยตลอดช่วง 12 สัปดาห์ของการฝึก

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้โปรแกรมจีพาวเวอร์ (G*Power)



ภาคผนวก ข

แบบบันทึกข้อมูล

รหัส.......................... อายุ..............ปี

1. ข้อมูลตัวแปรด้านสรีวิทยา

ค่าที่วัด	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
Body weight (kg.)		
Height (cm.)		
BMI (kg./m.^{2})		
HR resting (bpm)		
SBP (mmHg)		
DBP (mmHg)		
Lean body mass (kg)		
Fat mass (kg)		
Muscle mass (kg)		
Percent body fat (%)		
VO2 Max (ml/kg/min)		
Peak power output (Watts)		

2. ข้อมูลตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าที่วัด	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
FVC (L)		
FEV_1 (L)		
FEV_1 / FVC (%)		
MVV (L/min)		

3. ข้อมูลตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

ค่าที่วัด	ก่อนการทดลอง	หลังการทดลอง
MIP (cmH_2O)		
MEP (cmH_2O)		

ภาคผนวก ค

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ กรกฤษณ์ ชัยเจนกิจ	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรสา โค้งประเสริฐ	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชลชัย อานามนารถ	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล
4. อาจารย์ ดร. ทศพร ยิ้มละมัย	อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. นาย กมลชัย รัตนเดชากุล	ผู้ให้ความรู้ด้านการออกกำลังกาย บริษัท Fitness Innovations (Thailand) Limited

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ง

การทดสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย โดยวิธีหาค่าดัชนีความสอดคล้อง

(Item-Objective Congruence Index; IOC)

การประเมินนี้สำหรับผู้ทรงคุณวุฒิในการพิจารณาถึงความเหมาะสมดานองคประกอบของเครื่องมือ และวิธีดำเนินการวิจัยที่ใชในงานวิจัย โดยมีวัตถุประสงค เพื่อศึกษาผลการฝกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน โดยมีเกณฑ์การตรวจใหคะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง เห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

-1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยว่าเครื่องมือวิจัยสอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือตรงตามเนื้อหา

เนื้อหาโปรแกรมการฝึก	**ผลการพิจารณา**			**ค่าดัชนีความสอดคล้อง**
	(1)	**(0)**	**(-1)**	
1. ช่วงหนักของการฝึก (85% Peak power output ระยะเวลา 1 นาที)	3	2	-	0.6
2. ช่วงเบา (30% Peak power output ระยะเวลา 3 นาที)	4	1	-	0.8
3. จำนวนเซตในการฝึก (8 เซต)	4	1	-	0.8
4. ความถี่ในการฝึก (3 ครั้ง/สัปดาห์)	5	-	-	1
5. ระยะเวลารวมของการฝึก (12 สัปดาห์)	5	-	-	1
6. ระยะเวลาในช่วงของการฝึกหนักสลับเบาแต่ละครั้ง (32 นาที)	5	-	-	1
7. ระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกาย (10 นาที)	4	1	-	0.8
8. ระยะเวลาในการผ่อนคลาย (10 นาที)	5	-	-	1
9. ระยะเวลารวมในการฝึกแต่ละครั้ง (52 นาที)	5	-	-	1
รวม				0.89

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก จ
การยืดเหยียดกล้ามเนื้อก่อนและหลังการออกกำลังกาย

ท่าที่ 1 การยืดกล้ามเนื้อหัวไหล่ (Shoulder stretch)

ท่าที่ 2 การยืดกล้ามเนื้อต้นแขนด้านหลัง (Triceps stretch)

ท่าที่ 3 การยืดกล้ามเนื้อด้านข้างลำตัว (Side reach)

ท่าที่ 4 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหน้า (Standing quad stretch)

ท่าที่ 5 การยืดกล้ามเนื้อขาล่างด้านหลัง (Standing calf stretch)

ท่าที่ 6 การยืดเอ็นร้อยหวาย (Achilles tendon-heel stretch)

ท่าที่ 7 การยืดกล้ามเนื้อหลังส่วนล่าง (Lower back stretch)

ท่าที่ 8 การยืดกล้ามเนื้อสะโพกด้านหลัง (Hip extensor stretch)

ท่าที่ 9 การยืดกล้ามเนื้อต้นขาด้านหลัง (Seated hamstring stretch)

ท่าที่ 10 การยืดกล้ามเนื้อกาง-หุบขา (Seated groin and inner thigh stretch)

ภาคผนวก ฉ

ผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือรับ 01607
วันที่ 25 มิ.ย. 62 เวลา 14.40 น.

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218-3049

ที่ จว 150 /2562 **วันที่** 24 มิถุนายน 2562

เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน **คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา**

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย จากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 096.1/62 เรื่อง **ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน** (EFFECTS OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON BODY COMPOSITION, PULMONARY FUNCTION AND RESPIRATORY MUSCLES STRENGTH IN OBESITY) ของ นายสรวิศ ลาภธนชัย นิสิตระดับมหาบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ
คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรียน ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายบริหาร (ผศ.ดร. ...)
เพื่อโปรด
☑ ทราบ และดำเนินการต่อไป
○ พิจารณา
○ ลงนาม
○ อนุมัติ
ลงชื่อ
25 มิ.ย. 2562

เรียนคณบดี
... อ.ที่ปรึกษา
และที่ประชุม ป.โท ทราบ
N.Noh
26/6/62

ดำเนินการต่อ
26/6/62

AF 01-12

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330
โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2218-3202, 0-2218-3409 E-mail: eccu@chula.ac.th

---

COA No. 157/2562

ใบรับรองโครงการวิจัย

โครงการวิจัยที่ 096.1/62 : ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอด และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

ผู้วิจัยหลัก : นายสรวิศ ลาภธนชัย

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ Belmont Report 1979, Declaration of Helsinki 2013, Council for International Organizations of Medical Sciences (CIOM) 2016, มาตรฐานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน (มคจค.) 2556, นโยบายแห่งชาติและแนวทางปฏิบัติการวิจัยในมนุษย์ 2558 อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม................................	**ลงนาม**................................
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปรีดา ทัศนประดิษฐ)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทรี ชัยชนะวงศาโรจน์)
ประธาน	กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 12 มิถุนายน 2562 **วันหมดอายุ** : 11 มิถุนายน 2563

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

1) โครงการวิจัย
2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
3) ผู้วิจัย
4) ใบประชาสัมพันธ์

เลขที่โครงการวิจัย 096.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

<u>เงื่อนไข</u>

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการผิดจริยธรรม หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยฯ
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน พร้อมส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) ***เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น***
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 02-14) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (สำหรับกลุ่มควบคุม)

ชื่อโครงการวิจัย "ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน"

ชื่อผู้วิจัย นายสรวิศ ลาภธนชัย ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย 203/5 หมู่ 5 ต.บางหญ้าแพรก อ.เมืองฯ จ.สมุทรสาคร

โทรศัพท์มือถือ 085-405-1308 E-mail : shopper@shopper@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับผลของการฝึกหนักสลับเบา 12 สัปดาห์ว่าจะมีผลหรือไม่อย่างไรต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วนโดยความรู้ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางในการดูแลรักษาสุขภาพของมีภาวะอ้วน ซึ่งทำให้มีภาวะอ้วนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาของทั้งตนเองและประเทศชาติ

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้มีภาวะอ้วนที่เป็นนิสิตหรือบุคลากรจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย เพศชายและหญิง จำนวน 32 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง จำนวน 16 คน ได้รับการฝึกหนักสลับเบาครั้งละ 52 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุม จำนวน 16 คน ใช้ชีวิตประจำวันปกติ โดยผู้สมัครใจเข้าร่วมต้องมีคุณสมบัติดังนี้

เกณฑ์ในการคัดเข้า

1. เป็นผู้มีภาวะอ้วนเพศชายและหญิง (ค่าดัชนีมวลกาย $\geq$ 25 – 29.9) อายุ *18-45* ปี

2. ต้องไม่ได้เข้าร่วมในการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายอย่างเป็นระบบในช่วง 6 เดือนก่อนการทำวิจัย ถ้ามีการออกกำลังกาย ต้องไม่มากกว่า 20 นาที ต่อครั้ง และไม่ออกกำลังกายเกินจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์

3. ไม่เป็นโรคหัวใจและไม่เป็นโรคระบบหายใจ ได้แก่ โรคหอบหืด โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เป็นต้น แต่หากเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้อรังอื่นๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง โรคเกี่ยวกับกระดูกและข้อต่อจะต้องอยู่ในภาวะที่สามารถควบคุมอาการของโรคได้

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดออก

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการเจ็บป่วยหรือการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุในช่วงทำการทดลองจนไม่สามารถทำการทดลองต่อได้ เป็นต้น

2. ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลอง*ต่อ*

4. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ หากท่านมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ท่านจะได้รับเชิญให้มาพบตามวันเวลาที่ผู้ทำวิจัยนัดหมาย คือ วันเวลาที่ท่านสะดวก ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อทำการทดสอบก่อนการทดลองเพื่อวัดค่าตัวแปรต่างๆ และให้ท่านแต่งกายด้วยชุดสำหรับออกกำลังกาย สวมรองเท้ากีฬา โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน 2 คน เป็นผู้ดำเนินการเก็บข้อมูลประกอบด้วย

เลขที่โครงการวิจัย 096.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

V.2.4/2558

1. ตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่

- น้ำหนักตัว น้ำหนักของร่างกายที่ปราศจากไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายและส่วนสูง ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยถอดรองเท้าและถุงเท้า โดยขณะทำการชั่ง น้ำหนักให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

- อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิต โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก 5 นาที และวัดความดันโลหิตในท่านั่ง 5 นาที โดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก

- ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นจักรยานแบบไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเริ่มการทดสอบด้วยการเพิ่มน้ำหนักทุกๆ 1 นาที ควบคุมความเร็วในการปั่นให้อยู่ที่ 55 – 60 รอบต่อนาที ปฏิบัติจนผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถทำการปั่นต่อไปได้ จากนั้นผ่อนคลายกล้ามเนื้อด้วยการปั่นแบบไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที ใช้เวลาทดสอบ 20 นาที

2. ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด ได้แก่

- ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และอัตราส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ต่อค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจออกผ่านเครื่องวัดความจุปอดแบบปกติ 2-3 ครั้ง หลังจากนั้นทำการหายใจเข้าเต็มที่แล้วเป่าออกอย่างแรงและเร็วจนลมออกจนหมด ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

- ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าและออกอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในระยะเวลา 15–20 วินาที ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

3. ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

- แรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและแรงดันการหายใจออกสูงสุด โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าและหายใจออกผ่านเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ในการเป่าอุปกรณ์ทั้งค่าความจุปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจจะมีหลอดพลาสติกและตัวกรองเชื้อโรค โดยเปลี่ยนใหม่ในทุกครั้งที่เปลี่ยนผู้ถูกทดสอบ ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

หลังจากนั้นให้ท่านใช้ชีวิตประจำวันตามปกติเป็นเวลา 3 เดือน ผู้วิจัยจะนัดหมายผู้เข้าร่วมวิจัยมาทำการทดสอบ*อีกครั้ง* โดยจะทำการทดสอบเหมือนกับก่อนการทดลอง

5. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะเป็นผู้อธิบายให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย รวมทั้งเหตุผลที่ได้เชิญเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ และเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยได้ภายหลังการอธิบายรายละเอียด

6. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยด้วยวิธีใดๆ ก็ตาม หากพบว่าผู้นั้นไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้าและอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับพฤติกรรมการสร้างเสริมสุขภาพสำหรับผู้มีภาวะอ้วน

รหัสโครงการวิจัย 096.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

7. การวิจัยครั้งนี้ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแต่อย่างใดแต่อาจมีความเสี่ยงเล็กน้อย ดังนี้

ความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการทดสอบสมรรถภาพทางกาย

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อาจรู้สึกอึดอัด หายใจไม่สะดวกขณะทดสอบด้วยการปั่นจักรยาน แต่อาการดังกล่าวจะหายเป็นปกติในเวลาอันสั้น และอาจทำให้มีการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อได้ ทั้งนี้ก่อนและหลังการทดสอบ จะมีการให้อบอุ่นร่างกายและผ่อนคลายกล้ามเนื้อ เพื่อป้องกันการปวดเมื่อยดังกล่าว หากพบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นทั้งในขณะทดสอบ กลุ่มตัวอย่างต้องรีบแจ้งผู้วิจัยทราบทันที ผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการส่งต่อ ณ สถานพยาบาลและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา และ

หากกลุ่มตัวอย่างได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และรับการรักษาจนกว่าจะหาย

8. ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำให้ท่านได้รับทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสุขภาพทั่วไป ตัวแปรด้านสรีรวิทยา ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด และตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ซึ่งผู้วิจัยจะนำผลจากข้อมูลดังกล่าวเพื่อให้คำแนะนำในการดูแลสุขภาพและการออกกำลังกายของท่าน เพื่อเป็นประโยชน์ในการใช้ชีวิตประจำวันและในการดูแลสุขภาพของตัวท่านเองต่อไป

นอกจากนั้น หากหลังจากวิจัยเสร็จสิ้นและพบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการฝึกออกกำลังกายแบบหนักสลับเบาด้วยการปั่นจักรยานมีค่าตัวแปรต่างๆ ดีขึ้น ผู้วิจัยจะนำมาแนะนำให้ใช้ในการฝึกออกกำลังกายเพื่อประโยชน์ของท่านต่อไป

9. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน ผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลเป็นรหัสโดยเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลายทิ้ง

12. การวิจัยครั้งนี้มีค่าเดินทางมาทดสอบแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย*จำนวน 2 ครั้ง* ครั้งละ 200 บาท โดยจะดำเนินการให้แก่ผู้เข้าร่วมวิจัยในแต่ละครั้งที่ท่านมาทดสอบ

13. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย 096.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

AF 04-07

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย (สำหรับกลุ่มฝึกหนักสลับเบา)

ชื่อโครงการวิจัย "ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน"

ชื่อผู้วิจัย นายสรวิศ ลาภธนชัย ตำแหน่ง นิสิตปริญญาโท

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย 203/5 หมู่ 5 ต.บางหญ้าแพรก อ.เมืองฯ จ.สมุทรสาคร

โทรศัพท์มือถือ 085-405-1308 E-mail : shopper@shopper@hotmail.com

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัย มีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้ทำเพราะเหตุใด และเกี่ยวข้องกับอะไร กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบ และสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ไม่ชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับผลของการฝึกหนักสลับเบา 12 สัปดาห์ว่าจะมีผลหรือไม่อย่างไรต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วนโดยความรู้ที่เกิดขึ้นจากการศึกษาวิจัยนี้ จะเป็นแนวทางในการดูแลรักษาสุขภาพของมีภาวะอ้วน ซึ่งทำให้มีภาวะอ้วนมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นและเป็นการลดค่าใช้จ่ายในการรักษาของทั้งตนเองและประเทศชาติ

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นผู้มีภาวะอ้วนที่เป็นนิสิตหรือบุคลากรจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย เพศชายและหญิง จำนวน 32 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง จำนวน 16 คน ได้รับการฝึกหนักสลับเบาครั้งละ 52 นาที 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ และกลุ่มควบคุม จำนวน 16คน ใช้ชีวิตประจำวันปกติ โดยผู้สมัครใจเข้าร่วมต้องมีคุณสมบัติดังนี้

เกณฑ์ในการคัดเข้า

1. เป็นผู้มีภาวะอ้วนเพศชายและหญิง (ค่า BMI ≥ 25 – *29.9*) อายุ *18-45* ปี

2. ต้องไม่ได้เข้าร่วมในการฝึกโปรแกรมการออกกำลังกายอย่างเป็นระบบในช่วง 6 เดือนก่อนการทำวิจัย ถ้ามีการออกกำลังกาย ต้องไม่มากกว่า 20 นาที ต่อครั้ง และไม่ออกกำลังกายเกินจำนวน 3 ครั้งต่อสัปดาห์

3. ไม่เป็นโรคหัวใจและไม่เป็นโรคระบบหายใจ ได้แก่ โรคหอบหืด โรคปอดอุดกั้นเรื้อรัง เป็นต้น แต่หากเป็นโรคไม่ติดต่อเรื้องรังอื่นๆ เช่น โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิตสูง โรคไขมันในเลือดสูง โรคเกี่ยวกับกระดูกและข้อต่อจะต้องอยู่ในภาวะที่สามารถควบคุมอาการของโรคได้

4. มีความสมัครใจในการเข้าร่วมในการวิจัย และยินดีลงนามในใบยินยอมเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์ในการคัดออก

1. เกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้ เช่น เกิดการเจ็บป่วยหรือการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุในช่วงทำการทดลองจนไม่สามารถทำการทดลองต่อได้ เป็นต้น

2.ไม่สมัครใจในการเข้าร่วมการทดลอง*ต่อ*

3.ทำการฝึกไม่ถึงร้อยละ 80 (ไม่ถึง 29 ครั้ง จาก 36 ครั้ง)

เลขที่โครงการวิจัย 096.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

4. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

หลังจากท่านให้ความยินยอมที่จะเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ หากท่านมีคุณสมบัติตามเกณฑ์คัดเข้า ท่านจะได้รับเชิญให้มาพบตามวันเวลาที่ผู้ทำวิจัยนัดหมาย คือ วันเวลาที่ท่านสะดวก ณ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ อาคารจุฬาพัฒน์ 8 คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา เพื่อทำการทดสอบก่อนการทดลองเพื่อวัดค่าตัวแปรต่างๆ และให้ท่านแต่งกายด้วยชุดสำหรับออกกำลังกายสวมรองเท้ากีฬา โดยผู้วิจัยและผู้ช่วยวิจัยซึ่งเป็นนิสิตระดับปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จำนวน

2 คน เป็นผู้ดำเนินการเก็บข้อมูลประกอบด้วย

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> การทดสอบก่อนการทดลอง ได้แก่

1. ตัวแปรด้านสรีรวิทยาและองค์ประกอบของร่างกาย ได้แก่

- น้ำหนักตัว น้ำหนักของร่างกายที่ปราศจากไขมัน มวลไขมัน มวลกล้ามเนื้อ เปอร์เซ็นต์ไขมันในร่างกายและส่วนสูง ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยถอดรองเท้าและถุงเท้า โดยขณะทำการชั่ง น้ำหนักให้ผู้เข้าร่วมวิจัยยืนตัวตรง แขนแนบลำตัว และหน้ามองตรง ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

- อัตราการเต้นของหัวใจขณะพักและความดันโลหิต โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งพัก 5 นาที และวัดความดันโลหิตในท่านั่ง 5 นาที โดยใช้เครื่องวัดความดันโลหิตแบบดิจิตอลขณะพัก

- ความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยปั่นจักรยานแบบไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นเริ่มการทดสอบด้วยการเพิ่มน้ำหนักทุกๆ 1 นาที ควบคุมความเร็วในการปั่นให้อยู่ที่ 55 – 60 รอบต่อนาที ปฏิบัติจนผู้เข้าร่วมวิจัยไม่สามารถทำการปั่นต่อไปได้ จากนั้นคูลดาวน์ด้วยการปั่นแบบไม่ใส่น้ำหนักเป็นเวลา 5 นาที ใช้เวลาทดสอบ 20 นาที

2. ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอดได้แก่

- ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ และอัตราส่วนระหว่างค่าปริมาตรของอากาศที่ถูกขับออกในวินาทีแรกของการหายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ต่อค่าปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจเข้าและออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจออกผ่านเครื่องวัดความจุปอดแบบปกติ 2-3 ครั้งะหลังจากนั้นทำการหายใจเข้าเต็มที่แล้วเป่าออกอย่างแรงและเร็วจนลมออกจนหมด ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

- ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าและออกอย่างลึกและเร็วที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในระยะเวลา 15–20 วินาที ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

3. ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ

- แรงดันการหายใจเข้าสูงสุดและแรงดันการหายใจออกสูงสุด โดยให้ผู้เข้าร่วมวิจัยหายใจเข้าและหายใจออกผ่านเครื่องวัดความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ในการเป่าอุปกรณ์ทั้งค่าความจุปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจจะมีหลอดพลาสติกและตัวกรองเชื้อโรค โดยเปลี่ยนใหม่ในทุกครั้งที่เปลี่ยนผู้ทดสอบ ใช้เวลาทดสอบประมาณ 5 นาที

รหัสโครงการวิจัย 091.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> การฝึกหนักสลับเบาด้วยการปั่นจักรยาน

ให้ผู้เข้าร่วมวิจัยทำการปั่นจักรยาน โดยทำการฝึกโปรแกรมหนักสลับเบาครั้งละ 52 นาที 3 ครั้งต่อสัปดาห์ รวมระยะเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งมีผู้วิจัยเป็นผู้ดูแลระหว่างการฝึก โดยการฝึกจะประกอบด้วยการอบอุ่นร่างกายด้วยการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ 10 ท่า ใช้เวลาประมาณ 10 นาที จากนั้นจะเป็นการเข้าสู่การฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา โดยปั่นช่วงหนักเป็นเวลา 1 นาที และสลับกับช่วงเบาเป็นเวลา 3 นาที ปฏิบัติซ้ำทั้งหมด 8 เซท ซึ่งใช้เวลาประมาณ 40 นาที จากนั้นทำการคลายอุ่นด้วยการฝึกการปั่นแบบไม่ใส่น้ำหนักและตามด้วยการยืดเหยียดเป็นเวลา 10 นาที การฝึกโปรแกรมหนักสลับเบา ณ ศูนย์เสริมสร้างสมรรถภาพทางกายคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ชั้น 2 อาคารบรมราชชนนีศรีศตพรรษ คณะวิทยาศาสตร์การ *ในวันจันทร์ พุธ และศุกร์ 3 ครั้ง/สัปดาห์ เป็นเวลา 12 สัปดาห์ ซึ่งช่วงเวลาออกกำลังกายเป็นช่วงเวลาที่ผู้เข้าร่วมวิจัยสะดวก และผู้เข้าร่วมวิจัยต้องแต่งกายด้วยชุดสำหรับออกกำลังกายและรองเท้ากีฬา* โดยผู้วิจัยจะเตรียมน้ำดื่มไว้บริการตลอดช่วงของการฝึก

<u>*ขั้นตอนที่ 3*</u> *ทำการทดสอบ*หลังจากมีการทดสอบครั้งที่ 1 ไปแล้ว 12 สัปดาห์ โดยจะทำการทดสอบเหมือนในขั้นตอนที่ 1

5. กระบวนการให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยจะเป็นผู้อธิบายให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยทราบถึงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย รวมทั้งเหตุผลที่ได้เชิญเข้าร่วมวิจัยครั้งนี้ และเปิดโอกาสให้ซักถามข้อสงสัยได้ภายหลังการอธิบายรายละเอียด

6. ในการคัดกรองผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยด้วยวิธีใดๆ ก็ตาม หากพบว่าผู้นั้นไม่อยู่ในเกณฑ์คัดเข้าและอยู่ในสภาวะที่สมควรได้รับความช่วยเหลือ/แนะนำ ผู้วิจัยจะให้คำแนะนำเกี่ยวกับพฤติกรรมการสร้างเสริมสุขภาพสำหรับผู้มีภาวะอ้วน

7. การวิจัยครั้งนี้ ไม่ก่อให้เกิดอันตรายแต่อย่างใดแต่อาจมีความเสี่ยงเล็กน้อย ดังนี้

<u>ความเสี่ยงที่อาจได้รับจากการทดสอบสมรรถภาพทางกาย</u>

การทดสอบความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด อาจรู้สึกอึดอัด หายใจไม่สะดวกขณะทดสอบด้วยการปั่นจักรยาน แต่อาการดังกล่าวจะหายเป็นปกติในเวลาอันสั้น และอาจทำให้มีการปวดเมื่อยกล้ามเนื้อได้ ทั้งนี้ก่อนและหลังการทดสอบและการออกกำลังกายทุกครั้ง จะมีการให้อบอุ่นร่างกายและผ่อนคลายกล้ามเนื้อ เพื่อป้องกันการปวดเมื่อยดังกล่าว หากพบว่ามีการบาดเจ็บเกิดขึ้นทั้งในขณะทดสอบและขณะออกกำลังกาย กลุ่มตัวอย่างต้องรีบแจ้งผู้วิจัยทราบทันที ผู้วิจัยจะรับผิดชอบในการส่งต่อ ณ สถานพยาบาลและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการดูแลรักษา และหากกลุ่มตัวอย่างได้รับความผิดปกติเนื่องจากการเข้าร่วมการวิจัย และแพทย์ผู้เชี่ยวชาญพิสูจน์ได้ว่าเป็นผลจากการเข้าร่วมวิจัย กลุ่มตัวอย่างจะได้รับการคุ้มครองตามกฎหมาย และรับการรักษาจนกว่าจะหาย

8. ประโยชน์ในการเข้าร่วมวิจัย

8.1 ประโยชน์ต่อผู้เข้าร่วมงานวิจัย

งานวิจัยนี้จะทำให้ผู้เข้าร่วมการวิจัยได้ออกกำลังกายซึ่งเป็นประโยชน์ต่อระบบต่างๆในร่างกาย เช่น ทำให้ระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดทำงานดีขึ้น ระบบการเผาผลาญทำงานมากขึ้น *และเมื่อจบโครงการวิจัยแล้วผู้เข้าร่วมวิจัยสามารถฝึกต่อที่ฟิตเนสศูนย์กีฬาแห่งจุฬาหรือที่บ้านด้วยตนเองเพื่อให้ได้ผลอย่างต่อเนื่อง*

8.2 ประโยชน์ต่อส่วนรวม

หากโปรแกรมได้ผลดี ผู้วิจัยสามารถแนะนำโปรแกรมนี้แก่กลุ่มผู้มีภาวะอ้วนเพื่อนำไปฝึกได้

9. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็นโดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับ

10. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็ว

11. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน ผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลเป็นรหัสโดยเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยจะถูกทำลายทิ้ง

12. การวิจัยครั้งนี้มีค่าเดินทางมาทดสอบแก่ผู้เข้าร่วมการวิจัย จำนวน 2 ครั้ง ครั้งละ 200 บาท โดยจะดำเนินการให้แก่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยในแต่ละครั้งที่ท่านมาทดสอบ และมีเสื้อออกกำลังกายให้ 1 ตัว หลังจากเข้าร่วมการวิจัยจนจบโครงการ

13. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย 096.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (กลุ่มควบคุม)

ทำที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่............เดือน..................พ.ศ. ....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย........................

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและ ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

ชื่อผู้วิจัย นายสรวิศ ลาภธนชัย

ที่อยู่ที่ติดต่อ 203/5 หมู่ 5 ต.บางหญ้าแพรก อ.เมืองฯ จ.สมุทรสาคร โทรศัพท์ 085-405-1308

ข้าพเจ้าได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัย จนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆ ได้แก่ 1.) ตัวแปรด้านสรีรวิทยา (ครั้งละ 20 นาที) ได้แก่ น้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต และความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด 2.) ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด (ครั้งละ 10 นาที) ได้แก่ ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที 3.) ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ได้แก่ แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด แรงดันการหายใจออกสูงสุด (ครั้งละ10 นาที)

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ของข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ...
(นาย สรวิศ ลาภธนชัย)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ...
(...)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ...
(...)
พยาน

เลขที่โครงการวิจัย 096.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

AF05-07

หนังสือแสดงความยินยอมเข้าร่วมการวิจัย (สำหรับกลุ่มฝึกหนักสลับเบา)

ทำที่ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วันที่..........เดือน...................พ.ศ. ....

เลขที่ ประชากรตัวอย่างหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย.........................

ข้าพเจ้า ซึ่งได้ลงนามท้ายหนังสือนี้ ขอแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของการฝึกแบบหนักสลับเบาที่มีต่อองค์ประกอบของร่างกาย สมรรถภาพปอดและความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจในผู้มีภาวะอ้วน

ชื่อผู้วิจัย สรวิศ ลาภธนชัย

ที่อยู่ที่ติดต่อ 203/5 หมู่ 5 ต.บางหญ้าแพรก อ.เมืองฯ จ.สมุทรสาคร โทรศัพท์ 085-405-1308

ข้าพเจ้าได้รับทราบรายละเอียดเกี่ยวกับที่มาและวัตถุประสงค์ในการทำวิจัย รายละเอียดขั้นตอนต่างๆ ที่จะต้องปฏิบัติหรือได้รับการปฏิบัติ ความเสี่ยง/อันตราย และประโยชน์ซึ่งจะเกิดขึ้นจากการวิจัยเรื่องนี้ โดยได้อ่านรายละเอียดในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยโดยตลอด และได้รับคำอธิบายจากผู้วิจัยจนเข้าใจเป็นอย่างดีแล้ว

ข้าพเจ้าจึงสมัครใจเข้าร่วมในโครงการวิจัยนี้ ตามที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยข้าพเจ้ายินยอม เข้าร่วมทำการฝึกหนักสลับเบา 12 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ครั้ง ครั้งละ 52 นาที และเข้าร่วมการทดสอบค่าตัวแปรต่างๆได้แก่ 1.) ตัวแปรด้านสรีรวิทยา (ครั้งละ 20 นาที) ได้แก่ น้ำหนักตัว เปอร์เซ็นต์ไขมัน อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก ความดันโลหิต และความสามารถการใช้ออกซิเจนสูงสุด 2.) ตัวแปรด้านสมรรถภาพปอด (ครั้งละ 10 นาที) ได้แก่ ปริมาตรสูงสุดของอากาศที่หายใจออกอย่างเร็วและแรงเต็มที่ ปริมาตรของอากาศจากการหายใจเข้า-ออกเต็มที่ในเวลา 1 นาที 3.) ตัวแปรด้านความแข็งแรงของกล้ามเนื้อหายใจ ได้แก่ แรงดันการหายใจเข้าสูงสุด แรงดันการหายใจออกสูงสุด (ครั้งละ10 นาที)

ข้าพเจ้ามีสิทธิถอนตัวออกจากการวิจัยเมื่อใดก็ได้ตามความประสงค์ โดยไม่ต้องแจ้งเหตุผล ซึ่งการถอนตัวออกจากการวิจัยนั้น จะไม่มีผลกระทบในทางใดๆ ของข้าพเจ้าทั้งสิ้น

ข้าพเจ้าได้รับคำรับรองว่า ผู้วิจัยจะปฏิบัติต่อข้าพเจ้าตามข้อมูลที่ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย และข้อมูลใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับข้าพเจ้า ผู้วิจัยจะเก็บรักษาเป็นความลับ โดยจะนำเสนอข้อมูลการวิจัยเป็นภาพรวมเท่านั้น ไม่มีข้อมูลใดในการรายงานที่จะนำไปสู่การระบุตัวข้าพเจ้า

หากข้าพเจ้าไม่ได้รับการปฏิบัติตรงตามที่ได้ระบุไว้ในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัย ข้าพเจ้าสามารถร้องเรียนได้ที่คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

ข้าพเจ้าได้ลงลายมือชื่อไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยาน ทั้งนี้ข้าพเจ้าได้รับสำเนาเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมการวิจัยและสำเนาหนังสือแสดงความยินยอมไว้แล้ว

ลงชื่อ..
(นาย สรวิศ ลาภธนชัย)
ผู้วิจัยหลัก

ลงชื่อ..
(...)
ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ลงชื่อ..
(...)
พยาน

เลขที่โครงการวิจัย 096.1/62
วันที่รับรอง 12 มิ.ย. 2562
วันหมดอายุ 11 มิ.ย. 2563

V.2.4/2558

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กมลพรรธ์ เมฆวรวุฒิ และ อัมพร ชัยศิริรัตน์. (2544).คลินิกคนอ้วน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์อัลฟ่า พับลิชชิ่ง.

กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา กองควบคุมยาเสพติด. (2554). สรุปสถานการณ์ยาลดความอ้วนในประเทศไทย. (17 มกราคม 2544). (อัดสำเนา)

คณาจารย์ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. (2555). ตำรากายวิภาคศาสตร์ ทั่วไป (General anatomy). พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่ : ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2552). สรีรวิทยา 1. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

คณาจารย์ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. (2552). สรีรวิทยา 2. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ภาควิชาสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

จันทร์เพ็ญ ชูประภาวรรณ, (2539). บรรณาธิการ. รายงานการสำรวจภาวะสุขภาพอนามัยของประชากรไทย ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2534-2535. กรุงเทพมหานคร: บริษัทดีไซน์ จำกัด.

นิตยา ตั้งชูรัตน์. (2526). เอกสารการสอนชุดวิชาอาหารบำบัดโรคหน่วยที่ 1-8. กรุงเทพมหานคร: เจ็ดหนึ่งการพิมพ์.

พรสวรรค์ จองถวัลย์. (2546). พฤติกรรมการใช้ยาลดความอ้วนของนักศึกษา มหาวิทยาลัยรามคำแหง วิทยาเขตหัวหมาก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาเศรษฐศาสตรอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

รองรักษ์ สุวรรณรัตน์, ดรุณวรรณ สุขสม, คนางค์ ศรีหิรัญ และJoao Britode Oliveira Fernandes. (2559). ผลของการฝึกแบบสลับช่วงที่ความหนักระดับสูงในสภาวะปริมาณออกซิเจนต่ำที่ความดันบรรยากาศปกติที่มีต่อสมรรถภาพทางแอโรบิกและความทนต่อการเมื่อยล้าในนักกีฬาฟุตบอลเยาวชน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชัย ตันไพจิตร. (2530). โภชนาการเพื่อสุขภาพ. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์อักษรสมัย.

วรรณพร ทองตะโก. (2558). เอกสารประกอบการสอนวิชา กายวิภาคศาสตร์และสรีรวิทยาของมนุษย์ รหัสวิชา 3910102. อัดสำเนาเย็บเล่ม.

ศศิธร อุตสาหกิจ. (2551). ผลของการใช้โปรแกรมการสร้างเสริมสมรรถนะแห่งตนต่อพฤติกรรมการควบคุมน้ำหนักและค่าดัชนีมวลกายในสตรีวัยกลางคนที่มีภาวะน้ำหนักเกิน. วิทยานิพนธ์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปริญญามหาบัณฑิสาขาวิชาพยาบาลเวชปปฏิบัติชุมชน คณะพยาบาล มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สามารถ ใจเตี้ย. (2551). ภาวะโภชนาการและทัศนคติต่อโรคอ้วนของบุคลากรมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. รายงานการค้นคว้าอิสระเชิงวิทยานิพนธ์ สาขาสาธารณสุขศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุภาพรณ์ เชิดชัยภูมิ. (2542). ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับภาวะอ้วนในกลุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเวชศาสตร์ป้องกันและสังคม สาขาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สำนักโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. (2561). การประเมินภาวะอ้วนด้วยตนเองโดยใช้ดัชนีมวลกาย [ออนไลน์]. แหล่งที่มา:http://nutrition.anamai.moph.go.th/images/files/HLworkingage.pdf [24 เมษายน 2561]

สิทธิ์ ธีรสรณ์. (2552). เทคนิคการเขียนรายงานวิจัย. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อารี วัลยะเสรี และ วันดี วราวิทย์, (2525). บรรณาธิการ. โรคโภชนาการ. กรุงเทพมหานคร: สินประสิทธิ์การพิมพ์.

เอมอร สถิตธำมรงค์. (2547). ปัจจัยที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมการควบคุมนำหนักของนิสิต นักศึกษามหาวิทยาลัยของรัฐในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาคหกรรมศาสตรศึกษา ภาควิชาอาชีวศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภาษาอังกฤษ

Alansare A., Alford K., Lee S., Church T., & Jung H. (2018). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on heart rate variability in physically inactive adults. *International journal of environmental research and public health, 15*(7), 1508.

Arad A. D., DiMenna F. J., Thomas N., Tamis-Holland J., Weil R., Geliebter A. and Albu J. B. (1985). High-intensity interval training without weight loss improves exercise but not basal or insulin-induced metabolism in overweight/obese African American women. *Journal of applied physiology. 119*(4):352-62.

Astorino T. A., Edmunds R. M., Clark A., King L., Gallant R. A., Namm S., Fischer A., & Wood K. M. (2017). High-Intensity Interval Training Increases Cardiac Output and V O2max. *Med Sci Sports Exerc, 49*(2), 265-273.

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

Banerjee J., Roy A., Singhamahapatra A., Dey P. K., Ghosal A., & Das A. (2014).

Association of body mass index (BMI) with lung function parameters in non-asthmatics identified by spirometric protocols. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR, 8*(2), 12.

Berk D. R., Hubert H. B. and Fries J. F. (2006). Associations of changes in exercise level with subsequent disability among seniors: a 16-year longitudinal study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 61*:97–102.

Bianchini F., Kaaks R. and Vainio H. (2002). Overweight, obesity, and cancer risk. *The Lancet. Oncology. 3*: 565–74.

Bishop D. J., Botella J., Genders A. J., Lee M. J., Saner N. J., Kuang J., Yan X., & Granata C. (2018). High-intensity exercise and mitochondrial biogenesis: current controversies and future research directions. *Physiology, 34*(1), 56-70.

Blue M. N. M., Smith-Ryan A. E., Trexler E. T., & Hirsch K. R. (2018). The effects of high intensity interval training on muscle size and quality in overweight and obese adults. *Journal of Science and Medicine in Sport, 21*(2), 207-212.

Boudou P., Sobngwi E., Mauvais-Jarvis F., Vexiau P., & Gautier J. (2003). Absence of exercise-induced variations in adiponectin levels despite decreased abdominal adiposity and improved insulin sensitivity in type 2 diabetic men. *European Journal of Endocrinology, 149*(5), 421-424.

Charalampos C., Andrianna Y., George L., Sofia B., Loannis M., Vasillis K., Ioannis K., Georgia P., Antonis P., Anastasia K., Kosmas T., Nikolaos K., Eirini S., Konstantinos K., Leonidas S., Ipokratis K., Sofia L., Konstantinos Z., Paul Z. (2015). Pleura space anatomy. *Journal of thoracic disease. 7*(S1):S27-S32

Chen Y.-Y., Kao T.-W., Fang W.-H., Wang C.-C., Chang Y.-W., Yang H.-F., Wu C.-J., Sun Y.-S., & Chen W.-L. (2019). Body Fat Percentage in Relation to Lung Function in Individuals with Normal Weight Obesity. *Scientific Reports, 9*(1), 3066.

Chlif M., Keochkerian D., Choquet D., Vaidie A., & Ahmaidi S. (2009). Effects of obesity on breathing pattern, ventilatory neural drive and mechanics. *Respir Physiol Neurobiol, 168*(3), 198-202.

Christopher Z., Helen L., Ian M. and Himender M. (2010). Obesity and respiratory diseases. *International journal of general medicine. 3*: 335–343.

Chuensiri N., Suksom D., & Tanaka H. (2018). Effects of high-intensity intermittent

training on vascular function in obese preadolescent boys. *Childhood Obesity, 14*(1), 41-49.

Collet F., Mallart A., Bervar J. F., Bautin N., Matran R., Pattou F., Romon M. and Perez T. (2007). Physiologic correlates of dyspnea in patients with morbid obesity. *International journal of obesity. 31*(4): 700-6.

Dassios T., Katelari A., Doudounakis S., & Dimitriou G. (2013). Aerobic exercise and respiratory muscle strength in patients with cystic fibrosis. *Respiratory medicine, 107*(5), 684-690.

de Oliveira P. D., Wehrmeister F. C., Perez-Padilla R., Gonçalves H., Assuncao M. C. F., Horta B. L., Gigante D. P., Barros F. C., & Menezes A. M. B. (2016). Relationship between body composition and pulmonary function in early adult life: a cross-sectional analysis nested in two birth cohort studies. *PloS one, 11*(9), e0163428.

Di Donato D. M., West D. W., Churchward-Venne T. A., Breen L., Baker S. K., & Phillips S. M. (2014). Influence of aerobic exercise intensity on myofibrillar and mitochondrial protein synthesis in young men during early and late postexercise recovery. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism, 306*(9), E1025-E1032.

Donnelly J. E., Jacobsen D. J., Snyder Heelan K. A., Seip R. and Smith S. (2000). The effects of 18 months of intermittent vs continuous exercise on aerobic capacity, body weight and composition, and metabolic fitness in previously sedentary, moderately obese females. *Int J Obes Relat Metab Disord. 24*: 566–72

Dunham C., & Harms C. A. (2012). Effects of high-intensity interval training on pulmonary function. *European journal of applied physiology, 112*(8), 3061-3068.

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.

European Respiratory Society. (2014). Your lungs and exercise. *Breathe. 12*(1): 97–100.

Fang J., Wylie – Rossett., Cohe H. W., Kaplan R. C. and Alderman M. H. (2004). Exercise Body Mass Index, Caloric Intake, and Cardio-Vascular Mortality. *Journal of Prevalence Medical. 25*(4): 283-9.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Feldman J. L., Smith J. C., Ellenberger H. H., Connelly C. A., Liu G. S., Greer J. J., Lindsay A. D. and Otto M. R. (1990). Neurogenesis of respiratory rhythm and pattern: emerging concepts. *The American journal of physiology. 259*(5 Pt 2): R879-86.

Fisher G., Brown A. W., Brown M. M. B., Alcorn A., Noles C., Winwood L., Resuehr H., George B., Jeansonne M. M., & Allison D. B. (2015). High intensity interval-vs moderate intensity-training for improving cardiometabolic health in overweight or obese males: a randomized controlled trial. *PloS one, 10*(10), e0138853.

Garrow J. S. (1986). Effect of exercise on obesity. *Acta medica Scandinavica. Supplementum. 711*: 67-73.

Gary C. S., Leonardo F. F., Michael B. R. and Carlos B. M. (2014). Mechanical Properties of Respiratory Muscles. *Comprehensive Physiology. 3*(4): 1553–1567.

Goblan A. S., Alfi M. A. and Khan M. Z. (2014). Mechanism linking diabetes mellitus and obesity. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity : targets and therapy. 7*: 587-91.

Grace F., Herbert P., Elliott A. D., Richards J., Beaumont A., & Sculthorpe N. F. (2018). High intensity interval training (HIIT) improves resting blood pressure, metabolic (MET) capacity and heart rate reserve without compromising cardiac function in sedentary aging men. *Experimental Gerontology, 109*, 75-81.

Guiraud T., Nigam A., Gremeaux V., Meyer P., Juneau M. and Bosquet L. (2012). High intensity interval training in cardiac rehabilitation. *Sports Med. 42*: 587-605.

Haskell W. L., Lee I. M., Pate R. R., Powell K. E., Blair S. N., Franklin B. A., Macera C. A., Heath G. W., Thompson P. D., Bauman A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine and science in sports and exercise. 39*(8): 1423-34.

Hawley J. A., Lundby C., Cotter J. D., & Burke L. M. (2018). Maximizing Cellular Adaptation to Endurance Exercise in Skeletal Muscle. *Cell Metabolism, 27*(5), 962-976.

Heba H. A., & Ashraf K. A. (2013). Impact of a 12 weeks supervised exercise training program on pulmonary functions of patients with exercise induced asthma. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis, 62*(1), 33-37.

Chulalongkorn University

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

Herman-Nickell D. M. and Baker T. T. (1989). A multifactorial weight control program in a corporate setting. *Journal of the American Dietetic Association. 89*(4): 534-7.

Hopkins E., & Sharma S. (2018). Physiology, Acid Base Balance. In *StatPearls [Internet]*: StatPearls Publishing.

Institute of Medicine. (2002). Dietary Reference Intake for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein and Amino Acids. *Washington (DC): Washington National Academic Press.*

Jellyman C., Yates T., O'Donovan G., Gray L. J., King J. A., Khunti K., Davies M. J. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obes Rev. 16*: 942-961.

Jenkins S. C. and Moxham J. (1991). The effects of mild obesity on lung function. *Respiratory medicine. 85*(4): 309-11.

Jignesh P., Ankit P. and Punit R. (2014). Facial Age Group Classification. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering.* 2278-2834.

Juliane H., Bengt K., Yves S. and Katarina M. (2017). Total Energy Expenditure, Energy Intake, and Body Composition in Endurance Athletes Across the Training Season: A Systematic Review. *Sports medicine – open. 3*: 8.

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Junior D. C., Peixoto-Souza F. S., Araujo P. N., Barbalho-Moulin M. C., Alves V. C., Gomes E. L., & Costa D. (2016). Influence of body composition on lung function and respiratory muscle strength in children with obesity. *Journal of clinical medicine research, 8*(2), 105.

Kaplan R. M., Sallis J. E. and Patterson T. L. (1993). Health and Human Behavior. Singapore: McGraw Hill.

Karabulut M., Abe T., Sato Y., & Bemben M. G. (2009). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European journal of applied physiology, 108*(1), 147.

Kazunori O., Yuki H., Tomoaki M., Edward L. M. and Masanobu H. (2012). Variable factors

of total daily energy expenditure in humans. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine. 1*(3): 389-399.

Keating S. E., Johnson N. A., Mielke G. I. and Coombes J. S. (2017). A systemic review and meta-analysis of interval training versus moderate-intensity continuous training on body adiposity. *Obesity reviews: an official journal of the International Association for the Study of Obesity. 18*(8): 943-964.

Keating S. E., Machan E. A., O'Connor H. T., Gerofi J. A., Sainsbury A., Caterson I. D., & Johnson N. A. (2014). Continuous exercise but not high intensity interval training improves fat distribution in overweight adults. *Journal of obesity, 2014*.

Khalili M. A., & Elkins M. R. (2009). Aerobic exercise improves lung function in children with intellectual disability: a randomised trial. *Australian journal of physiotherapy, 55*(3), 171-175.

Khosravi M., Tayebi S. M., & Safari H. (2013). Single and concurrent effects of endurance and resistance training on pulmonary function. *Iranian journal of basic medical sciences, 16*(4), 628.

King L. K., March L., & Anandacoomarasamy A. (2013). Obesity & osteoarthritis. *The Indian journal of medical research, 138*(2), 185.

Koenig S. M. (2001). Pulmonary complications of obesity. *The American journal of the medical sciences. 321*(4): 249-79.

Kortianou E. A., Nasis I. G., Spetsioti S. T., Daskalakis A. M. and Vogiatzis I. (2010). Effectiveness of Interval Exercise Training in Patients with COPD. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal. 21*(3): 12–19.

Lee K. (2016). The Effects of a 16-week Combined Exercise Training on Obesity and Physical Fitness in Breast Cancer Survivors: A Randomized Controlled Trial. *The FASEB Journal, 30*(1_supplement), 1240.1245-1240.1245.

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

Lewis C. M. (1986). Nutrition and Nutrition Therapy in Nursing. Norwalk: Appleton-Century-Crofts.

Lewis P., & O'Halloran K. D. (2016). Diaphragm muscle adaptation to sustained hypoxia:

lessons from animal models with relevance to high altitude and chronic respiratory diseases. *Frontiers in physiology, 7*, 623.

Little J. P., Gillen J. B., Percival M. E., Safdar A., Tarnopolsky M. A., Punthakee Z., Jung M. E., & Gibala M. J. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *Journal of applied physiology, 111*(6), 1554-1560.

Littleton S. W. (2012). Impact of obesity on respiratory function. *Respirology, 17*(1), 43-49.

Lowry K. W., Sallinen B. J. and Janicke D. M. (2007). The effects of weight management programs on self-esteem in pediatric overweight populations. *Journal of pediatric psychology. 32*(10): 1179-95.

Mäder U., Roth P., Furrer R., Brechet J.-P., & Boutellier U. (2001). Influence of continuous and discontinuous training protocols on subcutaneous adipose tissue and plasma substrates. *International journal of sports medicine, 22*(05), 344-349.

Management of obesity. (2010). A national clinical guideline. Edinburgh (Scotland): Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN).

McClean K. M., Kee F., Young S. I. and Elborn J. S. (2008). Obesity and the lung: 1. Epidemiology. *Thorax. 63*(7): 649-54.

McTiernan A., Sorensen B., Irwin M. L., Morgan A., Yasui Y., Rudolph R. E., Surawicz C., Lampe J. W., Lampe P. D., Ayub K. and Potter J. D. (2007). Exercise effect on weight and body fat in men and women. *Obesity. 15*: 1496–512.

Miller C. T., Fraser S. F., Levinger I., Straznicky N. E., Dixon J. B., Reynolds J., & Selig S. E. (2013). The effects of exercise training in addition to energy restriction on functional capacities and body composition in obese adults during weight loss: a systematic review. *PloS one, 8*(11), e81692.

Mitranun W., Deerochanawong C., Tanaka H., & Suksom D. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro-and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 24*(2), e69-e76.

Molham-Hensen H. F., Stolen T., Tjonna A. E., Aamot I. L., Ekeberg I. S., Tyldum G. A., Wisloff U., Ingul C. B., Stoylen A. (2012). Aerobic interval training reduces blood

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

pressure and improves myocardial function in hypertensive patients. *Eur J Prev Cardiol. 19*: 151-160.

Morley J. E. (1988). Stress-induced Feeding Disorders. New York: Raven Press.

Murias J. M., Kowalchuk J. M., & Paterson D. H. (2010). Mechanisms for increases in V O2max with endurance training in older and young women. *Medicine and science in sports and exercise, 42*(10), 1891-1898.

Naimark A. and Cherniack R. M. (1960). Compliance of the respiratory system and its components in health and obesity. *Journal of applied physiology. 15*: 377-82.

National Heart, Lung, and Blood Institute. (1998). Expert Panel on the Identification, Evaluation, and Treatment of Overweight in Adults. Clinical guidelines on the identification, evaluation, and treatment of overweight and obesity in adults: executive summary (1–3). *Am J Clin Nutr. 68*: 899–917.

National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE). (2006). Obesity: the prevention, identification, assessment and management of overweight and obesity in adults and children. London: NICE; 2006.

Oliveira J. B. A., Petersen C. G., Mauri A. L., Vagnini L. D., Renzi A., Petersen B., Mattila M., Dieamant F., Baruffi R. L. R. and Franco J. G. Jr. (2018). Association between body mass index and sperm quality and sperm DNA integrity. A large population study. *Andrologia. 50*(3).

Panissa V. L. G., Alves E. D., Salermo G. P., Franchini E., & Takito M. Y. (2016). Can short-term high-intensity intermittent training reduce adiposity? *Sport Sciences for Health, 12*(1), 99-104.

Park J. E., Chung J. H., Lee K. H., & Shin K. C. (2012). The effect of body composition on pulmonary function. *Tuberculosis and respiratory diseases, 72*(5), 433-440.

Pelosi P., Croci M., Ravagnan I., Vicardi P. and Gattinoni L. (1996). Total respiratory System, Lung, and Chest Wall Mechanics in Sedated-Paralyzed Postoperative Morbidly Obese Patients. *Chest. 109*: 144-51.

Pelosi P., Croci M., Ravagnan I., Tredici S., Pedoto A., Lissoni A. and Gattinoni L. (1998). The effects of body mass on lung volumes, respiratory mechanics, and gas exchange during general anesthesia. *Anesthesia & Analgesia. 87*(3): 654-660.

Petersen B. A., Hastings B., & Gottschall J. S. (2016). HIGH INTENSITY INTERVAL CYCLING

IMPROVES PHYSICAL FITNESS IN TRAINED ADULTS. *Journal of Fitness Research, 5*(1).

Prajapati J., Patel A., & Raninga P. (2014). Facial Age Group Classification. *Children, 3*, 16.

Rajkumar P., & Pluznick J. L. (2018). Acid-base regulation in the renal proximal tubules: using novel pH sensors to maintain homeostasis. *American Journal of Physiology-Renal Physiology, 315*(5), F1187-F1190.

Renehan A. G., Tyson M., Egger M., Heller R. F. and Zwahlen M. (2008). Body-mass index and incidence of cancer: a systematic review and meta-analysis of prospective observational studies. *Lancet. 371*: 569–78.

Rosenheck R. (2008). Fast food consumption and increased caloric intake: a systematic review of a trajectory towards weight gain and obesity risk. *Obesity reviews : an official journal of the International Association for the Study of Obesity. 9*(6): 535-47.

Ross R., Pedwell H., Rissanen J. (1995). Effects of energy restriction and exercise on skeletal muscle and adipose tissue in women as measured by magnetic resonance imaging. *Am J Clin Nutr. 61*:1179–85.

Salome C. M., King G. G., & Berend N. (2009). Physiology of obesity and effects on lung function. *Journal of applied physiology, 108*(1), 206-211.

Saris W. H., Blair S. N., van Baak M. A., Eaton S. B., Davies P. S., Di Pietro L., Fogelholm M., Rissanen A., Schoeller D., Swinburn B., Tremblay A., Westerterp K. R., Wyatt H. (2003). How much physical activity is enough to prevent unhealthy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev. 4*(2): 101-14.

Sawyer B. J., Tucker W. J., Bhammar D. M., Ryder J. R., Sweazea K. L., & Gaesser G. A. (2016). Effects of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training on endothelial function and cardiometabolic risk markers in obese adults. *Journal of applied physiology, 121*(1), 279-288.

Scichilone N., Morici G., Marchese R., Bonanno A., Profita M., Togias A., & Bonsignore M. R. (2005). Reduced airway responsiveness in nonelite runners. *Medicine and science in sports and exercise, 37*(12), 2019-2025.

Sharp J. T., Henry J. P., Sweany S. K., Meadows W. R. and Pietras R. J. (1964). The Total

Work of Breathing in Normal and Obese Men. *Journal of Clinical Investigation. 43*(4): 728–739.

Shaw K., Gennat H., O'Rourke P. and Del Mar C. (2006). Exercise for overweight or obesity. *The Cochrane database of systematic reviews.* Cd003817.

Sijie T., Hainai Y., Fengying Y., & Jianxiong W. (2012). High intensity interval exercise training in overweight young women. *The Journal of sports medicine and physical fitness, 52*(3), 255-262.

Su L., Fu J., Sun S., Zhao G., Cheng W., Dou C., & Quan M. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS one, 14*(1), e0210644.

Su L., Fu J., Sun S., Zhao G., Cheng W., Dou C., & Quan M. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS one, 14*(1), e0210644.

Suksom D., Phanpheng Y., Soogarun S., & Sapwarobol S. (2015). Step aerobic combined with resistance training improves cutaneous microvascular reactivity in overweight women. *The Journal of sports medicine and physical fitness, 55*(12), 1547-1554.

Sunyer X. (2009). The medical risks of obesity. *Postgraduate medicine, 121*(6), 21-33.

Talanian J. L., Galloway S. D., Heigenhauser G. J., Bonen A., & Spriet L. L. (2007). Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *Journal of applied physiology, 102*(4), 1439-1447.

Tarigan A. P., Pandia P., Mutiara E., Pradana A., Rhinsilva E., & Efriyandi E. (2018). Impact of Lower-Limb Endurance Training on Dyspnea and Lung Functions in Patients with COPD. *Open access Macedonian journal of medical sciences, 6*(12), 2354.

Thomas T., Adeniran S., & Etheridge G. (1984). Effects of different running programs on VO2 max, percent fat, and plasma lipids. *Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquees au sport, 9*(2), 55-62.

Thompson W. R. (2018). WORLDWIDE SURVEY OF FITNESS TRENDS FOR 2019. *ACSM's Health & Fitness Journal.* Volume 22 - Issue 6 - p 10–17.

Trapp E. G., Chisholm D. J., Freund J., & 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*(4), 684.

Türk Y., Theel W., Kasteleyn M., Franssen F., Hiemstra P., Rudolphus A., Taube C., & Braunstahl G. (2017). High intensity training in obesity: a Meta-analysis. *Obesity science & practice, 3*(3), 258-271.

Weston M., Taylor K. L., Batterham A. M., and Hopkins W. G. (2014). Effects of low-volume high-intensity interval training (HIT) on fitness in adults: a meta-analysis of controlled and non-controlled trails. *Sports Medicine. 44*: 1005-1017.

WHO. (2018). Obesity and overweight. Retrieved from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight [24 April 2018].

Wilmore J., & Costill D. (2004). Prescription of exercise for health and fitness. *Physiology of sports and exercise*, 620-624.

Wycherley T. P., Noakes M., Clifton P. M., Cleanthous X., Keogh J. B., & Brinkworth G. D. (2010). A high-protein diet with resistance exercise training improves weight loss and body composition in overweight and obese patients with type 2 diabetes. *Diabetes care, 33*(5), 969-976.

Zammit C., Liddicoat H., Moonsie I., & Makker H. (2010). Obesity and respiratory diseases. *International journal of general medicine, 3*, 335.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	สรวิศ ลาภธนชัย
วัน เดือน ปี เกิด	10 พฤศจิกายน 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดสมุทรสาคร
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการกีฬา มหาวิทยาลัยมหิดล ปีการศึกษา 2559 เข้าศึกษาต่อหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาการส่งเสริมสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2560
ที่อยู่ปัจจุบัน	203/5 ม.5 ต.บางหญ้าแพรก อ.เมืองฯ จ.สมุทรสาคร 74000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University